

**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**

**C - CONTRAINTES CONSTRUCTIVES
(GÉNIE CIVIL & INFRASTRUCTURES LOURDES)
RÉGISSANT LES CIRCULATIONS SUR LES LIGNES DE TENDE**

Jacques Molinari
Ingénieur honoraire du C.E.A.

Avril 2000

PRÉSENTATION

Le présent cahier constitue le troisième 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 second volet porte sur les "*Contraintes constructives régissant les circulations sur la ligne de Modane*".

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

En préambule à ce cahier dressant l'inventaire des caractéristiques des lignes du Col de Tende, hommage doit être rendu aux populations et aux élus de notre région transfrontalière maralpine qui n'ont eu cesse, durant plusieurs décennies, de réclamer puis d'obtenir la reconstruction de ces lignes que la seconde guerre mondiale avait laissées en ruines. A cette reconstruction, qu'ont admirablement soutenu et accompagné Gérard De SANTOS et José BANAUDO d'une part, et Franco COLLIDÀ d'autre part, en élaborant deux magistrales monographies de référence auxquelles nous avons fait de larges emprunts, nous paraît devoir succéder, vingt ans après, une valorisation s'inscrivant dans une perspective de développement durable de notre région.

Les recherches que nous avons entreprises en vue d'un inventaire objectif des potentialités de la ligne n'auraient pu être menées à bien sans les encouragements, l'aide constante et les investigations persévérantes de Messieurs Giuseppe FISSORE, Directeur honoraire de l'Office d'Etudes de la Province de Cuneo et Michelangelo DANIELE, Chef de gare honoraire de Cuneo.

Nos remerciements s'adressent également à Messieurs Giovanni Cav. RIOLFO, Responsable des Services de la Gare de Ventimiglia, et Germain NALLINO, Président de l'Association des Amis du Rail Azuréen, qui ont apporté une contribution précieuse au recueil des données, ainsi qu'aux nombreux dirigeants et les agents des FS et de la SNCF qui ont aimablement répondu à nos sollicitations et mis à disposition leur documentation.

Nous exprimons tout particulièrement notre gratitude aux experts de la Direction de la SNCF, Messieurs Alain MÉNESSIER, Département VP "Gabarits", Département de l'Équipement et de l'Aménagement, et Jacques TRÉNAUX, Division des Tunnels du Patrimoine, Direction de l'Ingénierie, qui ont eu l'extrême obligeance de nous initier aux arcanes de la topométrie et de la mécanique ferroviaires, et de se prêter à la validation de certaines de nos hypothèses.

Enfin, nous devons à Monsieur Philippe HÉRISSE, Rédacteur en Chef de la Revue "*Rail Passion*" l'autorisation de reproduire les planches (Planches A1 & A2) que leur réalisateur, Monsieur Dominique PARIS a bien voulu adapter à nos contingences.

TABLE DES MATIÈRES

A - LE CADRE HISTORIQUE

A.1. LE COL DE TENDE – SON IMPORTANCE HISTORIQUE ET SES ENJEUX

- A.1.1. Les enjeux
- A.1.2. L'adoption du projet

A.2. LA CONCRÉTISATION

- A.2.1. Le tronçon nord de la ligne
- A.2.2. La convention internationale

A.3. L'ABOUTISSEMENT

- A.3.1. Un redoublement d'efforts de la partie italienne
- A.3.2. Des débuts laborieux en France
- A.3.3. La césure de la première guerre mondiale et la reprise

A.4. UNE EXISTENCE ÉPHÉMÈRE

A.4.1. Le parachèvement des travaux

A.4.2. L'agonie de la ligne

A.5. LA RECONSTRUCTION

A.5.1. Une reconstruction et une exploitation partielles

A.5.2. La reconstruction de la partie centrale de la ligne

(a) Les principaux épisodes d'une décision

(b) Le déroulement des travaux

A.5.3. Aménagements concomitants et ultérieurs

(a) Conversion du mode électrique de traction en Ligurie et en Piémont

(b) Électrification en Provence-Côte d'Azur

(c) Création du Parco Roya à Ventimiglia

ENCADRÉ A1 Tunnels (Historique) – Incidents de percement et dispositions adoptées

Tunnel de Tende

Tunnel du Col de Braus

Tunnel du Mont Grazian

Tunnels de Gigne, de Caranca et du Braus : remédier à l'anhydrite

ENCADRÉ A2 Tunnels (Historique) – Gabarits et électrification

Gabarit des tunnels et projets d'électrification entre Nice et Breil

Gabarit des tunnels et électrification de la ligne Cuneo - Ventimiglia

ENCADRÉ A3 Ligne de Tende - Transports épisodiques de véhicules accompagnés

Service commercial hivernal de trains navettes dans le tunnel de Tende (1964-65)

Acheminements ferroviaires palliant des coupures de route

Sur le parcours français Breil - Tende (1987)

Au tunnel de Tende, sous administration conjointe des FS et de la SNCF (1989)

RÉFÉRENCES (Section A)

PLANCHES (Section A)

B – TRACÉ ET INFRASTRUCTURES – LEUR INCIDENCE

B.1. CARACTÉRISTIQUES DE TRACÉ

B.1.1. Versant Nord du tunnel de Tende (du Km 0,000 au Km 37,644)

(a) Caractéristiques générales du tracé

(b) Les secteurs les plus contraignants en profil en long et sinuosité

(c) Pentes corrigées

B.1.2. Versant Sud du tunnel de Tende (du Km 37,644 au Km 84,666)

(a) Caractéristiques générales du tracé

(b) Les secteurs les plus contraignants en profil en long et sinuosité

Du poste de mouvement d'Airole à Breil-sur-Roya

De Breil-sur-Roya à la frontière [tunnel de Tende]

(c) Sinuosité et pentes corrigées

B.1.3. Ligne Nice-Sospel-Breil

(a) Caractéristiques générales

Profil en long

Sinuosité

(b) Caractéristiques de tracé de la rampe Sud (Nice - tunnel du Braus)

Profils absolus

Profils corrigés

B.2. PARAMÈTRES DE CIRCULATION

B.2.1. Versant Nord du tunnel de Tende (du Km 0,000 au Km 37,644)

(a) Rampes et pentes caractéristiques

(b) Gradi di prestazione (Classes de prestations)

(c) Gradi di frenatura (Classes de freinage)

B.2.2. Versant Sud du tunnel de Tende (du Km 37,644 au Km 84,666)

(a) Rampes et pentes caractéristiques

(b) Gradi di prestazione (Classes de prestations)]

(c) Gradi di frenatura (Classes de freinage)

B.2.3. Ligne Nice-Sospel-Breil

- (a) Rampes caractéristiques
- (b) Profils corrigés de la rampe Sud (Nice - tunnel du Braus)

B.3. CONTRAINTES D'EXPLOITATION

B.3.1. Armement (situation actuelle)

- (a) Armement de la section reconstruite (tunnel de Tende - Ventimiglia)
- (b) Armement de la section Cuneo - tunnel de Tende
- (c) Armement de la ligne Nice - Breil

B.3.2. Vitesses de circulation

- (a) Dévers et vitesses théoriques de circulation
- (b) Vitesses pratiquées sur la ligne
 - Cuneo – Ventimiglia
 - Nice – Breil

B.3.3. Résistance des attelages et charges limite remorquables

- (a) Cuneo – Ventimiglia
- (b) Nice – Breil

B.3.4. Caractéristiques d'exploitation de la ligne Cuneo – Ventimiglia

- (a) Plate-forme
- (b) Gares et évitements
 - La ligne à son achèvement
 - Les remaniements de la reconstruction
- (c) Régulation
- (d) Protection des circulations
 - Risques géologiques
 - Passages à niveau
- (e) Capacité de la ligne

B.3.5. Caractéristiques d'exploitation de la ligne Nice - Breil

- (a) Infrastructure et traction
- (b) Le cantonnement
 - La ligne à son achèvement
 - Situation actuelle
- (c) Sécurité
- (d) Capacité de la ligne

B.3.6. Le Parco Roya à Ventimiglia

ENCADRÉ B Emprises existantes et potentialités d'infrastructures pour des accroissements de capacité

- Cuneo - Ventimiglia – Renforcements de capacité potentiels
- Nice - Breil – Inventaire des évitements potentiels ou améliorables

RÉFÉRENCES (Section B)

- Sous-section B1 – Caractéristiques de tracé
- Sous-section B2 – Paramètres de circulation
- Sous-section B3 – Contraintes d'exploitation

TABLEAUX

C – GABARITS

C.1. DONNÉES DISPONIBLES

C.1.1. Validations présentes

- (a) Ensemble de la ligne Cuneo-Ventimiglia
- (b) Nice-Breil

C.1.2. Caractéristiques génériques

C.2. ENQUÊTE DU GIR MARALPIN

C.2.1. Cadre de l'enquête

C.2.2. Tunnels - Contours d'obstacles et gabarits de circulation (méthodologie)

- (a) La gestion des tunnels dans les administrations ferroviaires
- (b) La surveillance des débouchés à la SNCF
 - L'état de la situation : planches de débouchés et engagements de contour N
 - La modélisation d'une situation future

C.2.3. Types d'informations recueillies

- (a) Versant piémontais et tunnel de Tende (FS) : relevés manuels
- (b) Nice-Breil : planches de débouchés

(c) Simulation "GB1 + Electrification 25 kV" (Vallée de la Roya et Tunnel du Braus)

C.3. ANALYSE DES DONNÉES

C.3.1. Simulation "GB1 + Electrification 25 kV" (Vallée de la Roya et Tunnel du Braus)

- (a) Échantillonnage
- (b) Profils-type
- (c) Singularités

C.3.2. Planches de débouchés critiques de Nice - Breil

- (a) Ventilation des profils
- (b) Faciès des débouchés
- (c) Singularités

C.3.3. Relevés manuels du versant piémontais et du tunnel de Tende (FS)

- (a) Ventilation des relevés critiques
- (b) Faciès des relevés

C.3.4. Profil nominal du tunnel de Tende

- (a) Relevés particuliers
 - Section centrale remaniée
 - Tête nord du tunnel
- (b) Section type

C.4. ÉVALUATION

C.4.1. Classes d'ouvrages

- (a) Ouvrages du versant nord
- (b) Le tunnel du Col de Tende
- (c) Sections du versant sud du Col de Tende construites sous administration italienne
- (d) Ligne Nice – Breil et section en vallée de la Roya construite par le PLM

C.4.2. Valorisation de la ligne et diagnostic relatif au dégagement du gabarit GB1

- (a) Objectifs de capacité
- (b) Diagnostic sur les moyens à mettre en œuvre pour le dégagement du gabarit GB1
 - Versant nord de la ligne
 - Restant de la ligne (antenne Breil - Nice comprise)
 - Tunnel de faite du Col de Tende
 - Tunnel de faite du Col de Braus

ENCADRÉ C1 Gabarits - Points critiques du réseau SNCF

Gabarits normalisés et points critiques
Catégorisation des points critiques à la SNCF

ENCADRÉ C2 Débouchés de tunnels et profils d'obstacles (Éléments pour l'interprétation des données

Gabarits *statiques, dynamiques* et *limite d'obstacles* (rappels) recueillies)
Le gabarit de chargement GA de l'UIC
La *Sagoma limite normale italiana*, gabarit de chargement spécifique aux FS
Le *Contour N* d'implantation nominale de la SNCF

ENCADRÉ C3 Genèse et avatars du tunnel de Tende - Obstacles et débouchés

Conception de l'ouvrage
La collecte des sources souterraines
Incidents de forage et venues d'eau
L'aqueduc des Langue
Travaux de réfection
Sécurisation

RÉFÉRENCES (Section C)

PLANCHES (Section C)

A - LE CADRE HISTORIQUE [De SANTOS Gérard, BANAUDO José (1979)]

A.1. LE COL DE TENDE – SON IMPORTANCE HISTORIQUE ET SES ENJEUX

A.1.1. Les enjeux

Unique débouché maritime du Piémont, Nice ne fut difficilement reliée à la Savoie qu'avec l'ouverture, en 1592, de la rude route du col de Tende (1870 m d'altitude), rendue carrossable par le duc Charles-Emmanuel 1er de Savoie au prix de plus d'un siècle d'efforts.

Des tentatives de percement d'un tunnel routier sommital sont amorcées dès 1610, puis reprises mais abandonnées en 1780, tandis que la route faisait l'objet d'améliorations, livrant pour la première fois passage à un carrosse à quatre roues le 18 septembre 1784.

Le "resorgimento" et l'arrivée, depuis la capitale piémontaise, du premier train de la Società *Torino-Savigliano*, devenue *Torino-Cuneo*, à Madonna dell'Olmo, face à la cité de Cuneo, le 16 octobre 1854, allaient s'ensuivre de l'annonce par Vittorio-Emmanuele II, roi du Piémont et de Sardaigne, duc de Savoie et comte de Nice et Tende, lors de sa visite à Nice en 1856, du projet de ligne ferroviaire de Cuneo à Nice.

Le rattachement du Comté de Nice à la France (1860-61)¹ brisera cet élan, en conférant au projet une dimension internationale qu'un tortueux découpage frontalier (fragmentant en trois parties le bassin de la Roya) rendra plus complexe à maîtriser.

Le jeune gouvernement italien est désormais soucieux de poursuivre la réalisation de son réseau ferroviaire national avec notamment la liaison Torino-Savona, et aussi d'assurer le désenclavement de la haute Roya. Ainsi, fait-il entreprendre, dès 1873, la réalisation du tunnel routier sous le col de Tende, long de 3182 m et culminant à 1320 m à sa tête nord, ouvrage qui sera achevé en 1882.

Tandis qu'au lendemain de la chute de l'empire, la France et l'Italie sont enfin reliées par le rail (avec l'ouverture du tunnel de Fréjus le 17 septembre 1871, puis avec la jonction entre Menton et Vintimille le 23 février 1872), l'attitude est toute autre dans le camp français où les milieux d'affaires affichent l'ambition d'attirer vers Nice des courants de trafic que fait augurer l'ouverture prochaine de la ligne du Gotthard.

A.1.2. L'adoption du projet

Quoiqu'il en soit, de part et d'autre, foisonnent des projets aux caractéristiques parfois étranges (crémaillères, funiculaires, voie étroite, etc.) et aux tracés acrobatiques (ou, pour les projets italiens, contournés, afin d'inscrire la totalité de la ligne sur le territoire national).

Le projet sera cependant formulé sous sa forme définitive dès 1876 par le Conseil supérieur des travaux publics italien qui retient le tracé suivant le cours de la Roya, y compris sur la traversée du territoire français, puis en 1878, en France, dans le cadre du plan Freycinet, qui retient le tracé du "projet de Nice à la frontière d'Italie" par la vallée du Paillon, Sospel et Breil. Enquête sera dès lors menée, aux fins d'harmonisation, par le service départemental des Ponts et Chaussées auprès de leurs homologues de la province de Cuneo pour connaître les principales caractéristiques techniques (rampes, courbes, gabarit) adoptées par le concessionnaire (la SFAI² à laquelle a succédé la RM³) entre Cuneo et Viewola.

¹ Traité franco-piémontais de Turin sur la cession de Nice et de la Savoie à la France, le 24 mars 1860 ; ratification par la Chambre des députés de Turin le 29 mai 1860 ; plébiscite dans le comté de Nice les 15 et 16 avril 1861 [COLLIDÀ (1982)].

² *Strade Ferrate dell'Alta-Italia* (SFAI), qui, depuis le 30 juin 1864, regroupe l'ensemble des lignes ferroviaires des provinces de Piémont, Ligurie, Lombardie et Emilie [COLLIDÀ (1982)].

³ *Rete Mediterranea* (RM) ou *Società italiana per le Strade Ferrate del Mediterraneo*, l'une des trois sociétés à capitaux privés qui se partagent, selon la loi sur la *Convenzione ferroviarie* d'avril 1885, l'ensemble du réseau ferroviaire du règne [COLLIDÀ (1982)].

La dégradation des relations franco-italiennes, les réticences du ministère de la guerre français, les conflits d'intérêt entre Marseille et Nice, dressant des obstacles à des engagements bilatéraux, l'Italie entamera unilatéralement des travaux qui desserviront en premier temps les deux extrémités de la vallée de la Roya.

A.2. LA CONCRÉTISATION [cf. Planches A1, A2 & A3]

A.2.1. Le tronçon nord de la ligne

Au début de l'année 1882 (qui verra la mise en service du tunnel routier du col de Tende), la SFAI est chargée de l'exécution de l'avant-projet des quatre premiers lots de la ligne.

Passent alors en adjudication, dès février 1882, le premier lot, celui de la section en piémont, de Cuneo à Robilante, et, en 1884, le second, celui de Robilante à Vernante, première tranche de la rampe nord.

En 1885, le réseau ferroviaire italien est réorganisé et la loi du 27 avril attribue à la nouvelle *Società per le Strade Ferrate del Mediterraneo* (RM) toutes les anciennes concessions de la SFAI [cf. notes infrapaginales 2 & 3] dont celles de Cuneo à la mer.

C'est donc sous cette dernière administration que sont adjugés, en 1886 le troisième lot, de Vernante à Limone (qui comporte deux des ouvrages les plus magistraux de la ligne, le souterrain dit "*elicoidale*" et le viaduc de Rivoira qui le prolonge), puis, en 1889, le quatrième et dernier lot comprenant le tunnel du col de Tende.

Sur la rampe nord, les mises en service s'échelonnent régulièrement : en 1887, de Cuneo à Robilante ; en 1889, de Robilante à Vernante ; en 1891, de Vernante à Limone. En revanche, la percée du col de Tende, fortement entravée par la traversée d'un banc de gneiss disloqué entrecoupé de couches argileuses en charge, ne débouche qu'en 1898 et s'achève le 1er octobre 1900, avec la mise en service du tronçon Limone-Vievolà [cf. Encadré A1].

A.2.2. La convention internationale

Cette avancée décisive allait pouvoir mettre fin tant aux diversions sur d'autres projets qu'aux attermoissements. Diplomates français et italiens confirment leur accord de principe lors de la réunion de Torino du 22 juin 1901 sur les transports. Tandis que sont levées les dernières réticences de l'Etat-major français, en 1902 la concession de la ligne "de Nice à la frontière d'Italie", incluant l'amorce vers Vintimille au sud de Breil, est accordée à la compagnie PLM. Et c'est enfin le 6 juin 1904 que la convention bipartite, régissant les modalités de réalisation des travaux (dans un délai de huit ans) et de fonctionnement de la ligne internationale, est signée à Rome.

A.3. L'ABOUTISSEMENT

A.3.1. Un redoublement d'efforts de la partie italienne

Tandis que l'amorce des travaux sur la partie française est retardée par la lenteur des procédures (la convention internationale n'est approuvée qu'en 1905 et la concession au PLM ne devient effective qu'en 1906), dès 1904, le parlement italien ratifie la convention et alloue les crédits nécessaires à l'achèvement du tracé définitif des sections nord et sud ; il décide également la construction d'une nouvelle gare principale à Cuneo-Altiplano, ainsi que la réalisation d'une section nouvelle de liaison avec Borgo-S. Dalmazzo.

Cette nouvelle campagne de travaux s'inscrit dans le cadre de la nouvelle *Azienda autonoma delle Ferrovie dello Stato* (FS) regroupant, à partir du 1er juillet 1905, les principaux réseaux italiens sous l'autorité directe du ministère des transports.

Ces travaux seront conduits conjointement sur les fronts nord et sud.

En haute Roya, ils débutent en août 1907 sur la section Vievolà-Tenda, dont près des deux tiers des 8200 m du parcours sont en tunnel, et sur laquelle on relève également cinq viaducs importants ; cette section sera mise en service le 7 septembre 1913.

En 1912, sont lancés les lots de la dernière section Tende-frontière sud. Ici encore, les tunnels, au nombre de quinze, représentent largement les deux tiers du parcours, soit 8576 mètres sur 12335. C'est à San

Dalmazzo que les FS vont installer une gare-frontière monumentale (dont l'homologue sur le parcours français sera celle de Breil) ; elle sera ouverte au trafic le 1er juin 1915, une semaine après l'entrée en guerre de l'Italie.

A l'autre extrémité, les travaux débutent à Ventimiglia en 1908 et progressent tout au long des 17260 m du parcours dont près de la moitié sont en tunnel, et sur laquelle on relève également quatorze ponts et viaducs importants ; son tronçon inférieur Ventimiglia-Airole (11970 m) sera mis en service le 16 mai 1914.

A.3.2. Des débuts laborieux en France

Retardée par l'acquisition des terrains qui entravera longtemps la réalisation de certains travaux, la mise en chantier débute en 1909 par la banlieue niçoise, avec la réalisation de l'important triage et dépôt de machines de Nice-St Roch.

D'emblée, le projet de raccordement de 3610 mètres, entre la nouvelle gare St. Roch, la gare de Nice-Riquier et le port, est abandonné par le ministère des Travaux publics, aux prétextes d'un coût de réalisation trop élevé et d'un trafic escompté insuffisant (pouvant être assumé par les voies du tramway) [une forte pression des milieux économiques marseillais semble aussi n'être pas étrangère à cette décision d'isoler le port de Nice du réseau ferré national].

Tandis que rien n'est entrepris entre Nice-Bon Voyage et L'Escarène, c'est fin 1911 seulement que s'amorcent les travaux de la section L'Escarène-Sospel (9700 m) caractérisée par deux tunnels totalisant 6467 m, dont celui sous le col de Braus, la plus longue galerie ferroviaire de France avec ses 5939 m, établie pour la double voie pour faciliter l'aération et pourvue de casemates de défense à chacune de ses extrémités.

Un an après, débiteront ceux de la section Sospel-Breil (10500 m) qui comporte trois souterrains cumulant 5307 m, dont les ouvrages du Mont Grazian et de Caranca également établis pour la double voie et pourvus d'ouvrages défensifs, ainsi que sept ponts et viaducs dont le remarquable pont du Caï.

Ces deux chantiers majeurs (dont l'ouverture était en partie subordonnée à la mise en service du tramway de Menton à Sospel inauguré le 30 mars 1912) seront aux prises avec un banc d'un kilomètre d'anhydrite dans le tunnel du Braus, d'une formation gypseuse dans celui du Mont Grazian, et à nouveau d'anhydrite dans le tunnel de Caranca [cf. Encadré A1].

Au début de l'année 1914, sont lancés les appels d'offre des trois derniers lots de la section française ; ils concernent la vallée de la Roya. C'est la même Entreprise Mercier qui emporte à la fois le tronçon amont [14265 m de Breil à Fontan et à la frontière nord (vallon du Paganin)] et le tronçon sud [4397 m de Breil à la frontière sud (vallon du Riou)] [cf. Planche A4].

A.3.3. La césure de la première guerre mondiale et la reprise

En France, l'entrée en guerre le 3 août 1914 provoque l'arrêt de tous les travaux. Ces derniers se poursuivront, pratiquement jusqu'à leur achèvement, sur les secteurs italiens, l'entrée en guerre de l'Italie ne survenant qu'en mai 1915.

A cette date, l'œuvre entreprise trente-deux ans auparavant par la SFAI, puis poursuivie par la RM jusqu'à sa nationalisation, est ainsi achevée par les FS.

Au lendemain des hostilités, sur les chantiers français, les galeries abandonnées ont souffert de graves déformations dans les zones à forte circulations d'eau. La carence de main d'œuvre qualifiée retardera cependant jusqu'à la fin 1919 la reprise des travaux à leur cours normal.

Le premier tronçon français à être mis en service est celui de Breil à la frontière sud, établissant ainsi, le 30 janvier 1922, la liaison avec Ventimiglia et permettant d'assurer l'approvisionnement direct des chantiers de la moyenne Roya par cette voie.

Entre Breil et la frontière nord, la section contient la plus forte densité d'ouvrages d'art du parcours français. La ligne franchit à deux reprises la vallée de la Roya, une première fois au pont de Saorge, puis au pont de Scarassouï, œuvre monumentale de l'Ingénieur Séjourné, précédant le souterrain hélicoïdal de Bergue au gabarit de double voie et pourvu des mêmes dispositifs de défense que tous les ouvrages du secteur de Breil.

Ces trois ouvrages majeurs seront achevés dès 1924, tandis qu'il aura fallu attendre 1923 pour que soient entrepris les travaux de la vallée du Paillon, entre Nice et L'Escarène. Du fait du retard relatif de ces travaux, c'est d'ailleurs depuis Breil que sera menée la pose de la voie vers L'Escarène d'une part et vers la frontière nord d'autre part.

Alors que les chantiers français touchent à leur fin, après avoir procédé en 1920 au remplacement de l'ouvrage métallique franchissant la Roya à Vintimille par un ouvrage de maçonnerie à trois voies (la voie nouvelle étant réservée à la ligne vers Cuneo), les FS se sont remis à l'œuvre pour faire face à la mise en service de la liaison internationale. A Cuneo, tandis que s'achève en 1928 le grand viaduc sur la Stura, débute l'édification de la gare monumentale de l'Altipiano en même temps que s'achève, édifiée sur le même modèle, la gare tout aussi monumentale de San Dalmazzo di Tenda.

Quoiqu'il en soit des finitions afférentes, l'ensemble de la ligne est soumis aux vérifications ultimes pour une inauguration qui se déroulera le 30 octobre 1928.

A.4. UNE EXISTENCE ÉPHÉMÈRE

A.4.1. Le parachèvement des travaux

Les premières années d'exploitation voient leur essor amoindri par les sujétions de la traction vapeur (conditions de travail éprouvantes dans les nombreux et longs souterrains, lenteur des convois, limitation des charges, coûts élevés).

Pour y remédier, les FS entreprennent en 1930 l'électrification des sections situées en territoire italien selon le système 3600 volts triphasé à fréquence 16 2/3 Hz. Ils procèdent le 15 mai 1931 à la mise sous tension conjointe des sections de Savona à Ventimiglia, de Ventimiglia à Piene et de Cuneo à San-Dalmazzo-di-Tenda, l'alimentation étant assuré à partir des centrales de San-Dalmazzo-di-Tenda, Piena et Bevera.

Pendant plusieurs années, les réticences de certains milieux français feront obstacle à la jonction des deux antennes ainsi électrifiées, jusqu'à ce que l'autorité militaire lève son veto. Le chantier, confié à une entreprise française, est ouvert à la fin de l'année 1934 et la mise sous tension est effectuée le 21 avril 1935 [cf. Encadré A2].

Le parachèvement de l'ensemble des travaux s'accomplira le 7 novembre 1937 avec la mise en service de la gare monumentale de Cuneo-Altiplano et de ses raccordements vers Fossano d'une part et Borgo San Dalmazzo d'autre part, raccourcissant ainsi de 3471,60 mètres les trajets vers Ventimiglia et Nice.

A.4.2. L'agonie de la ligne

Dans la nuit du 10 juin 1940, le génie militaire français donne ordre de destruction des voies de communication avec l'Italie. Sont ainsi détruits le pont de Saorge et les viaducs de la Basséra et de la Bévéra. L'armistice du 24 juin entérine l'annexion de Fontan et de Menton et autorise l'occupation italienne (1940-43) sous laquelle le rétablissement de ces ouvrages est effectué en novembre 1940.

Le 8 septembre 1943, la capitulation du nouveau gouvernement italien va précipiter un chaos annoncé par de premiers sabotages. Le 11 septembre, afin de faire obstacle à l'arrivée de troupes allemandes, des sapeurs italiens font sauter le pont de Saorge. Le génie allemand réussira à y substituer le 2 janvier 1944 un pont provisoire, et, en dépit d'actions de résistance (notamment la destruction la nuit du 23 au 24 décembre 1943 de deux arches du viaduc de Rivoira), assurera l'acheminement de convois de marchandises et de matériel.

A partir du printemps, l'aviation alliée entreprend des bombardements systématiques des voies de communication. Le 26 mai, une attaque massive des installations ferroviaires de Nice-St.-Roch fait près de 500 morts. En juillet et en août, Breil, St.-Dalmas-de-Tende, Tende, et de nombreux ouvrages de l'ensemble de la ligne sont bombardés.

Le débarquement dans l'Estérel le 15 août entraîne la retraite de troupes allemandes qui constituent un important réduit de résistance autour du promontoire fortifié de l'Authion. Afin de freiner l'avance américaine, les arrière-gardes allemandes détruisent systématiquement les ouvrages et les voies, tandis qu'elles procèdent au plasticage des poteaux aux fins de récupération des fils de cuivre.

Après un hiver rigoureux, l'offensive de forces françaises en avril 1945 dans le secteur de l'Authion précède de peu la reddition des forces allemandes (mai 1945). Elle libère une vallée dévastée.

A.5. LA RECONSTRUCTION

A.5.1. Une reconstruction et une exploitation partielles [COLLARDEY (1997)]

Après prompt reconstruction de Cuneo-Limone et du tunnel sommital, les FS rétablissent le 22 décembre 1946 la circulation ferroviaire jusqu'à Viévola, au débouché sud du Col de Tende, tandis que Nice-Breil est rouverte à l'exploitation le 20 avril 1947.

Le 16 septembre 1947, la France, bénéficiaire de deux rectifications de frontière, annexe au nord les communes et hameaux de Saint-Dalmas-de-Tende, La Brigue, Tende et Viévola, et au sud ceux de Piène et de Libre.

Le trafic ferroviaire est alors suspendu de Limone à Viévola, mais rétabli le 1^{er} octobre 1949 pour des trains de bois et, l'hiver, d'autos accompagnées, jusqu'en 1965 [cf. Encadré A3].

C'est au paroxysme de la campagne conduite par les élus des deux territoires en faveur de la reconstruction de la ligne que la section Sospel-Breil retrouve, le 5 mai 1962, son tracé d'origine avec la reconstruction à l'identique du viaduc de la Bévéra (détruit en 1940 et rétabli en 1941 par un franchissement provisoire).

Le 9 février 1969, la mise sous tension (25 000 V, 50 Hz) de la ligne littorale s'accompagne de l'électrification d'une courte section de la ligne Nice-Breil, à travers les installations de Nice-St. Roch et jusqu'au Kilomètre 6,120, en aval de La Trinité, pour la desserte d'embranchements particuliers.

A.5.2. La reconstruction de la partie centrale de la ligne

(a) Les principaux épisodes d'une décision [De SANTOS, BANAUDO (1979)]

Les longs atermoiements préluant à la reconstruction totale de la ligne réclamée par les élus et les populations des deux territoires sont jalonnés des principaux épisodes suivants :

- février 1951 : conclusions pessimistes des ministres des deux pays ;
- février 1953 : examen d'une proposition de l'OTAN à caractère stratégique ; nomination d'une commission d'experts franco-italienne, laquelle émet avis défavorable en mars 1954 ;
- mai 1955 : la commission des élus frontaliers réagit contre l'argumentation exclusivement financière et élargit le débat ;
- en 1957, la Chambre de commerce de Cuneo crée la société *Cuneo-Nizza* afin de susciter les initiatives en vue du rétablissement de la voie ferrée et de la création d'une liaison routière nouvelle sous le massif du Mercantour ;
- en 1960, le Directeur général des FS effectue une visite des sites et conclut à l'intérêt de la liaison pour le dégagement des transits ferroviaires transalpin et transapennin ; à la suite d'une intervention italienne en ce sens, le gouvernement français reconnaît le bien fondé de ses arguments et propose une participation de 600 millions de francs (sur une estimation totale par la SNCF de 3 milliards) ;
- janvier 1961 : les propositions de loi pour dégager les crédits sont vainement débattus par le parlement italien ;
- janvier 1963 : le ministre des transports français se déclare favorable à la reconstruction de la ligne à condition que l'Italie prenne en charge les trois-quarts des frais ; reste à vaincre l'hostilité de groupes de pression locaux qui vont jusqu'à prôner la transformation en voies routières des souterrains du Braus et du Grazian ;
- décembre 1963 : décision de création de navettes hivernales entre Limone et Viévola [cf. Encadré A3] ;
- juillet 1967 : la loi n°635 alloue des fonds au ministère des travaux publics italiens pour les études préliminaires ; au même moment la *Società italiana per il traforo del Ciriegia* (S.I.TRA.CI), achève le forage, sur le versant nord du Mercantour, d'une galerie exploratoire de 3 km en vue du percement d'un tunnel routier ;
- juillet 1969 : après une série de rencontres internationales, les deux délégations conviennent à Rome des modalités d'un accord sur la reconstruction : la majorité des frais en incombera à l'Italie, la France participant pour un montant forfaitaire de 6 millions de francs ; les résultats d'exercice seront attribués aux FS, qu'ils soient déficitaires ou excédentaires.

Le 24 juin 1970, la Convention est signée à Rome.

(b) Le déroulement des travaux [COLLIDÀ (1982)]

La Convention n'entrant en vigueur qu'après échange des instruments de ratification, celui-ci ne put avoir lieu que le 12 février 1974 (les lois correspondantes furent votées en France le 11 juin 1971 et en Italie le 18 juin 1973) [J.O. (1974.04.17)].

Non assujettis à cette clause, les travaux sur les sections italiennes purent être entrepris par les FS dès 1970. Le retard mis à les entreprendre sur la section française engendra des préoccupations financières résultant de l'inflation des coûts et de la dépréciation des fonds affectés.

Ces problèmes ne furent surmontés qu'avec l'adoption en Italie d'une loi (30.04.1975) débloquent des fonds complémentaires et la décision française de doubler sa contribution et l'assurance d'exempter de TVA les travaux financés par l'Italie.

Les travaux pouvant alors débiter sur le territoire français, les premiers furent adjugés dès janvier 1976 [SNCF/Etat/Convention (1976)] (on notera que c'est l'entreprise Borie qui assumait, de l'hiver 1977 à l'été 1978, les travaux de remise en état de la partie française du tunnel de Tende, à savoir : revêtement d'une partie de la voûte, captage d'une résurgence, réfection d'un aqueduc).

En cours de travaux, le projet bénéficiera d'améliorations notables, ainsi, à l'occasion d'une renégociation des financements respectifs des deux parties, la SNCF fit opportunément substituer au cantonnement téléphonique, initialement prévu, l'équipement de la ligne en commande centralisée de trafic.

La réouverture de la ligne fut inaugurée le 6 octobre 1979, cinquante et un ans après sa mise en service et près de trente-cinq ans après son ultime destruction [SNCF/FS/accord (1979)].

A.5.3. Aménagements concomitants et ultérieurs

(a) Conversion du mode électrique de traction en Ligurie et en Piémont

Comme les autres lignes du secteur ferroviaire Piémont-ligurie, la ligne Cuneo-Ventimiglia fut électrifiée sous triphasé 3600 V, 16 2/3 Hz. Dans l'immédiat après-guerre, seul le secteur nord Cuneo-Viévol put être maintenu sous tension et exploité.

Lors de la conversion des lignes du secteur au courant continu 3000 V, en mars 1974, la section Cuneo-Viévol débordant sur le territoire français fut déséquipée [PARODI (1989)].

(b) Electrification en Provence-Côte d'Azur

Dernière étape de l'électrification et de la rénovation de la ligne littorale française, la section Cannes – Ventimiglia est mise sous tension le 28 janvier 1969 (l'antenne Nice – Nice-L'Ariane l'étant peu après). L'électrification en monophasé 25 kV a conduit à installer une section de séparation pour la transition avec le 1,5 kV continu à l'entrée de Ventimiglia (Km 257,4), dont la gare est entièrement rééquipée par les FS sous cette tension, les machines 3 kV de ce réseau y fonctionnant désormais à demi puissance comme à Modane [COLLARDEY (1999)].

(c) Création du Parco Roya à Ventimiglia

Pour obvier à l'exiguïté du faisceau marchandises de Ventimiglia qui connaissait des engorgements endémiques, des dispositions furent prises dès les années 70 pour être en mesure de transférer, entre la rive droite de la Roya et la voie unique Ventimiglia-Breil, les installations de triage, le chantier d'entretien wagons et le dépôt de la gare internationale.

Arrêté dans le cadre des conférences internationales de 1976, 1978, et 1980, le projet fut mis à exécution à partir de 1983 et achevé en mai 1993 [FS/DCG/PR (1993)].

L'ensemble des installations, électrifié sous 1,5 kV continu, comporte deux accès à voie unique formant triangle avec la ligne littorale ; le premier accès, de liaison vers Ventimiglia, a nécessité l'adjonction d'un nouveau tablier au pont sur la Roya (désormais à 4 voies) ; le second, de liaison vers la France, croise à niveau la ligne du Col de Tende avant d'emprunter le tunnel à voie unique de Calandre (675 m) et, à son débouché, se greffe sur la ligne de Nice au Km 257,3 [COLLARDEY (1999) ; FS/DCG/PR (1993)].

ENCADRÉ A1

Tunnels (Historique) – Incidents de percement et dispositions adoptées

Tunnel de Tende

Trois années après le début des travaux de percement, de graves incidents surviennent sur chacun des fronts d'attaque.

"En septembre 1893, à 1625 m de l'entrée sud [COLLIDÀ (1982)], ...le front d'attaque atteint un banc de gneiss disloqué entrecoupé de couches argileuses fluidifiées par les eaux de la Roya dont le lit surmonte à trois reprises l'axe du souterrain. Des flots de boue envahissent la galerie d'approche à chaque tentative d'attaque : en dix mois, le front de taille ne progresse que d'une douzaine de mètres, tandis que la voûte subit un affaissement atteignant par endroits 1,70 mètre. Le creusement de galeries latérales de drainage préconisé par les experts ne permet pas d'éviter l'effondrement, le 15 octobre 1884, d'une soixantaine de mètres de galerie, concomitant avec un brusque abaissement du lit de la Roya.

Le chantier est alors repris en régie par l'État sous caisson avec drainage par collecteur latéral et est mené à bien après quatre-cent-soixante-dix jours d'efforts. En mars 1896, le chantier est restitué à l'entreprise alors que le front de taille est à 43 mètres au-delà de la zone critique dont la traversée sur une cinquantaine de mètres aura fait piétiner les travaux pendant trente-quatre mois... [De SANTOS, BANAUDO (1979) p. 14].

Le 11 novembre 1893, à 2469 m de l'entrée nord, est percée une première veine d'eau débitant 100 l/s sous haute pression ; au fur et à mesure de la progression, d'autres veines furent interceptées successivement à 2898 m, 3006 m, 3023 m, venues d'eau dont le débit total moyen s'établit aujourd'hui à 400-450 l/s, avec des extrema compris entre 200 l/s et 1000 l/s. Ces eaux d'excellente qualité sont collectées et en grande partie utilisées pour l'approvisionnement en eau de la Province [COLLIDÀ (1982)].

L'ouvrage recevra un revêtement de maçonnerie atteignant aux endroits névralgiques des épaisseurs de brique et de pierre de 1,96 m à la voûte, 1,35 au radier et 2,43 aux piédroits" [De SANTOS, BANAUDO (1979) p. 14].

Tunnel du Col de Braus

"...les deux galeries de base progressent à la rencontre l'une de l'autre sans trop de difficultés, lorsque l'équipe côté Sospel atteint un banc imprégné de sulfate de chaux anhydre profond de près d'un kilomètre. Cette matière a la particularité de se transformer en sulfate de chaux hydraté (gypse) au contact des eaux souterraines déviées de leur cours par le percement de l'ouvrage, augmentant de plus de la moitié son volume initial, déformant et brisant toutes les maçonneries sous une poussée irrésistible" [De SANTOS, BANAUDO (1979) p. 21].

Tunnel du Mont Grazian

"Dans le tunnel de Caranca, l'entreprise Mercier (devenue BORIE) rencontre un phénomène identique (à celui rencontré par l'entreprise Gianotti au Braus), alors que, sous le Mont Grazian, il a affaire à des terrains triasiques comprenant des argiles sableuses jaunes et du gypse déjà hydraté. Celui-ci ne risque donc plus d'augmenter de volume mais tout au contraire se dissout et charge les eaux souterraines d'un sulfate de chaux qui va désagréger les mortiers et desceller les maçonneries les mieux finies : après maintes recherches, seul le ciment "fondu" aluminieux obtenu en mélangeant du calcaire et de la bauxite s'avérera capable de résister à cette action chimique" [De SANTOS, BANAUDO (1979) p. 21].

Tunnels de Gigne, de Caranca et du Braus : remédier à l'anhydrite

"Pour combattre le phénomène de gonflement de l'anhydrite, le seul moyen est d'éviter le contact de cette matière avec de l'eau : à Gigne et à Caranca, Mercier résout le problème par des injections de goudron derrière la voûte, tandis qu'au Braus, Gianotti doit faire appel à une technique plus élaborée vu l'étendue de la zone à protéger. La Société des Appareils à Jet met en place un dispositif de pompage avec siphon et tuyères à amorçage automatique qui abaissent de 9,60 mètres le niveau des eaux souterraines, et les maintiennent hors de portée des couches d'anhydrites. Le gros œuvre de l'ouvrage est achevé en 1922, et le système d'assèchement sera rendu opérationnel en août 1928." [De SANTOS, BANAUDO (1979) p. 31].

ENCADRÉ A2

Tunnels (Historique) – Gabarits et électrification

Gabarit des tunnels et projets d'électrification entre Nice et Breil

"La voie est armée à l'air libre en rails Vignole de 18 mètres type LP de 46 kg/m ou SB de 48 kg/m ; en souterrain, les barres atteignent 55 kg/m, alors que sur les voies de service des gares, des barres de 36 kg/m suffisent. Le travelage en bois créosoté est monté par tirefonnage simple à raison de 27 traverses par coupon de 18 mètres en tunnel ou en courbe serrée, et 23 traverses dans les autres cas en pleine voie. En pleine voie, les rails LP sont ainsi fixés sur 1268 traverses au kilomètre et les rails SP sur 1500 traverses. Entre Sospel et Breil, une traverse sur cinq est plus longue en prévision d'une éventuelle électrification, pour fixer les supports isolateurs d'un rail de contact de 50 kg/m. La compagnie prévoit en effet la mise en service de la traction électrique à moyen terme, en fonction des résultats obtenus en traction 1500 V continu sur Culoz-Chambéry-Modane, qui pourraient servir de prélude à l'électrification de la région niçoise : Carnoules-Vintimille, Cannes-Grasse et Nice-Breil.

Bien que tous les tunnels soient réalisés au gabarit électrification, l'alimentation s'effectuerait par caténaire de Nice à Sospel et par troisième rail de Sospel à Breil afin d'éviter, comme à Modane, l'interpénétration des lignes aériennes françaises et italiennes dans cette gare." [De SANTOS, BANAUDO (1979) p. 49].

Gabarit des tunnels et électrification de la ligne Cuneo - Ventimiglia

Les sujétions incompatibles avec l'exploitation rationnelle d'une ligne internationale conduisent les FS à décider, en première étape, l'électrification des sections situées en territoire italien par le système triphasé à fréquence de 16 2/3 Hz, à ligne de contact bifilaire sous une tension de 3600 V.

Les travaux, qui nécessitent la mise au gabarit des tunnels de la rampe nord du col, sont entrepris dès 1930 par la Società Anonima d'Elettrificazione (SAE) de Milano. Le courant est fourni sous une tension de 60000 V par les centrales de S. Dalmazzo-di-Tenda, Piana et Bévera qui les distribuent aux sous-stations de transformation, elles-mêmes connectées par un feeder triangulaire à la sous-station d'Arma-di-Taggia sur la ligne de la Riviera, permettant ainsi les renforcements mutuels entre les réseaux ligurie et piémontais.

Le 15 mai 1931, les FS procèdent à la plus importante mise sous tension jamais opérée à cette époque, celle des sections de Savona à Ventimiglia, de Ventimiglia à Piana, et de Cuneo à S. Dalmazzo [De SANTOS, BANAUDO (1979) p. 69].

ENCADRÉ A3

Ligne de Tende Transports épisodiques de véhicules accompagnés

Service commercial hivernal de trains navettes dans le tunnel de Tende (1964-65) [COLLIDÀ (1982)
; De SANTOS, BANAUDO (1979)]

Seize mois de tractations avec les FS et la SNCF furent nécessaires à l'administration provinciale de Cuneo pour organiser un premier service de trains navettes offrant aux automobilistes la possibilité d'éviter le franchissement hivernal du Col de Tende par le tunnel routier.

Ce service payant fut inauguré le 10 janvier 1964. Il était assuré avec une rame composée de deux motrices électriques triphasées E554 (une en tête et une en pouce), de 8 wagons plats courants et de deux véhicules voyageurs, l'alimentation triphasée d'origine étant encore en service jusqu'à Viévola.

Il fut assuré à un rythme de sept aller-retours journaliers jusqu'au 1^{er} mars 1964, et repris l'hiver suivant (du 24 décembre 1964 au 23 février 1965) avec quatre aller-retour cette fois. C'est à la clémence du temps au cours de ces deux saisons que furent attribués leur échec commercial (1421 véhicules et 7,17 millions de £ de déficit la première saison et 12 millions la seconde). L'année suivante, le service ne fut repris que les jours de perturbations atmosphériques, puis abandonné.

Acheminements ferroviaires palliant des coupures de route

Les services ferroviaires ont été fréquemment mis à contribution pour pallier les nombreuses coupures survenues sur l'itinéraire routier du Col de Tende, et dans deux de ces circonstances ont même été instaurés des transports de véhicules accompagnés.

Sur le parcours français Breil - Tende (1987)

Le 30 août 1987, l'éroulement de 4000 m3 de roches dans les gorges de Paganin, à 8 km au Sud de Tende, interrompt la circulation jusqu'au 6 septembre [DERAMOND (1994)]. Avec la collaboration du Conseil général et de la préfecture des Alpes-Maritimes, la SNCF instaure un service de navettes entre Breil et Tende à raison de 4 navettes aller et retour par jour se ventilant en 3 navettes de transport de voyageurs le premier jour, 4 navettes le second jour, puis 4 navettes d'acheminement de marchandises et véhicules légers accompagnés pendant 4 jours.

Au tunnel de Tende, sous administration conjointe des FS et de la SNCF (1989)

Au cours de travaux de confortement effectués sur la section italienne du tunnel routier de Tende, le 3 mars 1989, l'éroulement de la voûte interrompt la circulation jusqu'au 4 juin.

A la demande de la province de Cuneo et du Conseil général des Alpes-Maritimes, les FS et la SNCF instaurent un service de navettes entre Limone et Tende pour pallier cette coupure. Instauré dès le 12 mars, il se poursuivra jusqu'au 4 juin 1989.

Le convoi, constitué de 6 wagons grillagés SNCF encadrés par deux wagons plats FS permettant chargement/déchargement des véhicules, était tracté en double traction symétrique de motrices Diesel 345 italiennes (l'une en tête, l'autre en queue). La rame transportait à chaque voyage environ 30 voitures ou fourgons de 2,90 m de hauteur maximale ; elle effectuait cinq aller-retour par jour (forcées à six navettes aux périodes de pointe, notamment les week-end, offrant de ce fait un débit théorique de 300 véhicules/jour. L'acheminement était gratuit et le coût de £.6,5 millions par jour, était pris en charge par l'administration provinciale italienne (*) [DANIELE Michelangelo (14.01.99)].

Au 4 juin, ces rames avaient acheminé 14295 véhicules et 31298 voyageurs, en dépit de l'atténuation de la demande, à partir du 8 mai, du fait de l'ouverture de l'ancienne route du col aux véhicules légers [SNCF/RM/CEN (1989)].

(*) Le coût mensuel prévisionnel de l'opération engagée par les chemins de fer, acté au cours de la réunion de concertation du 10 mars à Cuneo, était le suivant [SNCF/RM/CEN (1989)] :

pour les FS : 135 millions de Lires

pour la SNCF : 114 842 Francs

RÉFÉRENCES (Section A)

COLLARDEY Bernard (1997)

Nice/Vintimille-Breil-Coni : du sang neuf pour l'artère franco-italienne
Rail Passion n° 14, mars 1997, pp. 52-57.

COLLARDEY Bernard (1999)

Marseille- Vintimille : la belle de la Côte
Rail Passion n° 32, octobre 1999, pp. 34-53.

COLLIDÀ Franco (1982)

Cuneo-Nizza – Historia di una ferrovia

(Contributions de Max GALLO et de Aldo Alessandro MOLA)

Edito dalla Cassa di Risparmio di Cuneo ; Istituto grafico Bertello, Borgo San Dalmazzo (CU) ; Luglio 1982, 288 pages.

Analyse historique (de la genèse à la remise en service de la ligne), exemplairement référencée et richement illustrée.

DANIELE Michelangelo (14.01.1999)

Communication à l'auteur.

DERAMOND Jean [Dr.] (1994)

Le Livre blanc de la transeuropéenne E74 : Route de la Roya et du Col de Tende (RN 204 en France, SS 20 en Italie)

Roya Expansion Nature ; Breil-sur-Roya ; mise à jour décembre 1994 ; 15 pages.

De SANTOS Gérard, BANAUDO José (1979)

Le chemin de fer du Col de Tende

Les Editions du Cabri, Menton-Breil ; 3^{ème} trimestre 1979, 146 pages.

Cette incontournable chronique de la conception, de la réalisation, de la destruction puis de la reconstruction des lignes, s'appuie sur une riche documentation technique et iconographique recueillie par les Auteurs.

FS/DCG/PR/Dépliant (1993)

Scalo merce di Ventimiglia "Parco Roya"

Ferrovie dello Stato ; Direzione Compartimentale di Genova ; Servizio Gestione Lavori (6 pages)

Dépliant de présentation générale (historique et caractéristiques constructives) diffusé par Lombardini, Imprese generale di costruzioni S.p.A.

J.O. (1974.04.17)

Décret n° 74-298 du 6 avril 1974 portant publication de la convention entre le Gouvernement de la République française et le Gouvernement de la République italienne concernant la section située en territoire français de la ligne ferroviaire Coni-Breil-Vintimille (avec deux annexes), signée à Rome le 24 juin 1970. J.O. de la République Française du 17 avril 1974 ; pp. 4158-4160.

LARTILLEUX H. (1946)

Géographie des Chemins de fer français – Premier volume : la SNCF

[in Géographie universelle des transports – Tome 1]

Librairie Chaix ; décembre 1946, 337 pages.

PARODI Antonio (1989)

Il ripristino della ferrovia Torino – Cuneo – Colle di Tenda – Ventimiglia – Nizza nell'organizzazione dei trasporti attraverso le Alpi Marittime

Tesi di Laurea ; Relatore : Prof. Renato MAZZUCA

Università degli Studi di Torino ; Facoltà di Economia e Commercio ; Anno Accademico 1988/1989.

SNCF/Etat/Convention (1976)

Convention entre l'Etat et la SNCF pour la reconstruction et l'exploitation de la section, en territoire français, de la ligne Coni-Vintimille

Fait à Paris le 14 janvier 1976 . 9 pages.

SNCF/FS/Accord (1979)

Accord entre la SNCF et les FS concernant l'exploitation de la section située en territoire français de la ligne Coni-Breil-Vintimille

Fait à Cuneo le 6 octobre 1979 en deux exemplaires rédigés l'un en italien, l'autre en français, les deux faisant également foi ; 15 pages.

SNCF/RM/CEN (1989)

SNCF – Région de Marseille – Circonscription d'exploitation de Nice (archives aimablement mises à disposition par M. MAURIER, Chef de gare de Nice-Ville)

- Lettre du 21.03.89 référencée F2/197/TR3BO adressée au président du Conseil Général des Alpes-Maritimes
- Etat récapitulatif des services de navette assurés entre Tende et Limone suite à interception du tunnel routier (aimablement communiqué par M. MAURIER, Chef de gare de Nice-Ville)

PLANCHES (Section A)

Planche A1

Tracé des lignes FS/SNCF Cuneo-Ventimiglia et Nice-Sospel-Breil [COLLARDEY (1997)] (*Planche reproduite avec l'aimable autorisation de la Revue Rail Passion*)

Planche A2

Nomenclature des tunnels, ponts et viaducs de l'ensemble des lignes [COLLARDEY (1997)] (*Planche reproduite avec l'aimable autorisation de la Revue Rail Passion*)

Planche A3

Profils altimétriques des lignes Cuneo – Ventimiglia et Nice - Breil

Planche A4

Ligne de Nice et Vintimille à Cuneo – Tracé des lignes dans l'ancien "saillant" de la Roya [LARTILLEUX (1946)]

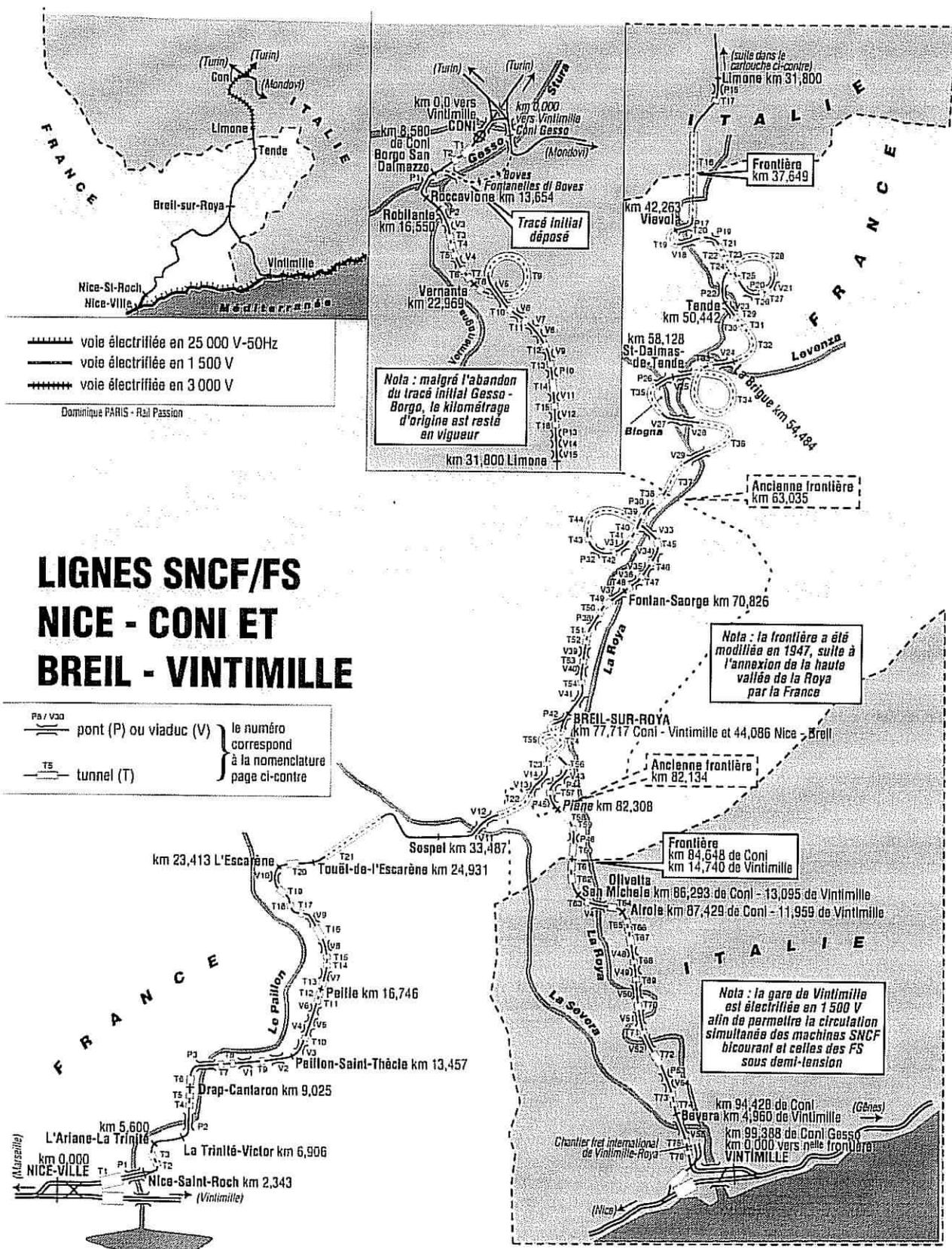


PLANCHE A1

Tracé des lignes FS/SNCF Cuneo-Ventimiglia et Nice-Sospel-Breil [COLLARDEY (1997)] (Planche reproduite avec l'aimable autorisation de la Revue Rail Passion [Réalisation Dominique PARIS])

CONI - VINTIMILLE Nomenclature des tunnels			
1 : ALTIPIANO	1276 m	44 : BERGHE	1883 m
2 : ANGELI	33 m	45 : CAMARA	101 m
3 : PONTE NUOVO	425 m	46 : VALLERA 2	53 m
4 : BRUNET	161 m	47 : VALLERA 1	32 m
5 : CORTE SOPRAMA	95 m	48 : TORETTE	112 m
6 : SAN GIOVANNI	138 m	49 : SAINT-ROCH	511 m
7 : COSTA	146 m	50 : MOSSE	89 m
8 : TETTI CHIESA	122 m	51 : FOUR À PLATRE	316 m
9 : HÉLICOÏDAL	1502 m	52 : COMMUN	60 m
10 : RIVOIRA	251 m	53 : PRECIPIUS	623 m
11 : SANTA LUCIA NOGETTA	347 m	54 : GOMBE	262 m
12 : MARINO	203 m	55 : GIGNE	1186 m
13 : MEZZAVIA	444 m	56 : SANFURIAN	156 m
14 : BOGLIA	1086 m	57 : COTTALORDA	259 m
15 : CRESTA - MOLINO	335 m	58 : FROMENTINO	297 m
16 : ROCCIAIA	127 m	59 : ARME	333 m
17 : LIMONE	423 m	60 : AGRIE	835 m
18 : COL DE TENDE	8099 m	61 : FANGHETTO	419 m
19 : BRANEGO	1273 m	62 : SARDINESCA	620 m
20 : GAGGEO	374 m	63 : SAN MICHELE	133 m
21 : DEVENZO	733 m	64 : MANTIGI	604 m
22 : MEZZORA	352 m	65 : MADONA	240 m
23 : ALIMONDA	380 m	66 : AIROLE	153 m
24 : FRERA	499 m	67 : LA PARA	747 m
25 : RIO FREDDO	377 m	68 : PIAN DI PARA	184 m
26 : MORGA	160 m	69 : GOMBETTO	172 m
27 : GERBO	279 m	70 : LAMBERTA	850 m
28 : CAGNOLINA	1468 m	71 : COLOMBO	597 m
29 : BORGONUOVO	200 m	72 : BOCCHE	927 m
30 : BJORIN	248 m	73 : ALLAVERI	68 m
31 : COLOMBERA	212 m	74 : SERRA SOPRONO	244 m
32 : BOSSEGLIA	1584 m	75 : MANEIRA	169 m
33 : LEVENZA	418 m	76 : ISNARDI	182 m
34 : RIORO	1818 m		
35 : BIOGNA	1154 m	NB : TUNNELS SOULIGNÉS	
36 : PORCAREZZO	1249 m	Lors de la reconstruction de la ligne	
37 : GORGES DE PAGANIN	1702 m	certains ouvrages voisins séparés par des	
38 : FRONTIERE	743 m	et même tunnel.	
39 : MALABA	388 m	34 : RIORO 1 (284 m) + RIORO 2 (1527 m)	
40 : SCARASSOUI	181 m	37 : FOCE (167 m) + TORNAU 1 (278 m) + TORNO 2	
41 : PEUG	75 m	(475 m) + RAVALLONE 1 (302 m) + RAVALLONE 2	
42 : VERARDO	53 m	(91 m) + BALMA (337 m)	
43 : CAUSSAGNE	275 m	49 : ST-ROCH 2 (564 m) + ST-ROCH 1 (118 m)	

CONI - VINTIMILLE Nomenclature des ponts et viaducs			
P 1 : BORGIO		P 17 : ROYA	
P 2 : VERMEMAGLA		P 18 : LA CHAPELLE	
V 3 : RIO VERMANERA		P 19 : VALLONE SAN PANCRAZIO	
V 4 : SAN GIOVANNI		P 20 : MORGA	
V 5 : RIVOIRA		V 21 : BAZARA	
V 6 : SAN LUCIA		P 22 : ROYA	
V 7 : NOCETTO		V 23 : TENDE	
V 8 : MARINO		V 24 : LEVENZA	
V 9 : MEZZAVIA		V 25 : SAINT-DALMAS 1	
P 10 : VALLONE GRANDE		V 26 : BIOGNA	
V 11 : SAN BERNARDO		V 27 : SAINT-DALMAS 2	
V 12 : BOSCHIERA		V 28 : SAINT-DALMAS 3	
P 13 : ROCCIAIA		V 29 : SAINT-DALMAS 4	
V 14 : ROCCIAIA 1		P 30 : VALLON DE BELMONT	
V 15 : ROCCIAIA 2		V 31 : CAPDUN	
P 16 : VALLONE SAN GIOVANNI		P 32 : VERARDO	
V 17 : ROYA		V 33 : SCARASSOUI	
V 18 : LA CHAPELLE		V 34 : CAMARA	
P 19 : VALLONE SAN PANCRAZIO		V 35 : ROCHES ROUGES	
P 20 : MORGA		V 36 : VALLERA	
V 21 : BAZARA		V 37 : AMBO	
P 22 : ROYA		P 38 : SAORGE	
V 23 : TENDE		V 39 : PETIT-MALAMORT	
V 24 : LEVENZA		V 40 : PRECIPIUS	
V 25 : SAINT-DALMAS 1		V 41 : MAGLIA	
P 26 : BIOGNA		P 42 : LAVINA	
V 27 : SAINT-DALMAS 2		V 43 : ÉROULIS	
V 28 : SAINT-DALMAS 3		P 44 : RAVIN DE BANCAO	
V 29 : SAINT-DALMAS 4		P 45 : RIOUJ	
P 30 : VALLON DE BELMONT		P 46 : ACRIE	
V 31 : CAPDUN		V 47 : SAN MICHELE	
P 32 : VERARDO		V 48 : PARA 2	
V 33 : SCARASSOUI		V 49 : PARA 1	
V 34 : CAMARA		V 50 : LAMBERTA	
V 35 : ROCHES ROUGES		V 51 : COLOMBO	
V 36 : VALLERA		V 52 : BOCCHE	
V 37 : AMBO		P 53 : VARASE	
P 38 : SAORGE		V 54 : ALLAVERI	
V 39 : PETIT-MALAMORT		P 55 : BEVERA	
V 40 : PRECIPIUS		P 56 : ROYA	
V 41 : MAGLIA			
P 42 : LAVINA			
V 43 : ÉROULIS			
P 44 : RAVIN DE BANCAO			
P 45 : RIOUJ			
P 46 : ACRIE			
V 47 : SAN MICHELE			
V 48 : PARA 2			
V 49 : PARA 1			
V 50 : LAMBERTA			
V 51 : COLOMBO			
V 52 : BOCCHE			
P 53 : VARASE			
V 54 : ALLAVERI			
P 55 : BEVERA			
P 56 : ROYA			

NICE - BREIL Nomenclature des ponts et viaducs			
P 1 : PAILLON		1 : CARABACEL	663 m
P 2 : PAILLON		2 : LA ROCHE	96 m
P 3 : PAILLON		3 : BON VOYAGE	369 m
V 1 : MORTS		4 : MOULIN	82 m
V 2 : BRAUSCHET		5 : SERRADONE	65 m
V 3 : LAUNA		6 : MOULIN DE CANTARON	117 m
V 4 : ARESSIA		7 : RIBOSSE	175 m
V 5 : BOUISSÉS 1		8 : THUET	346 m
V 6 : BOUISSÉS 2		9 : CHÂTEAUVIEUX	219 m
V 7 : FAQUIN		10 : LAUNA	324 m
V 8 : ERBOSSIERA		11 : BOUISSÉS	106 m
V 9 : EUIRA		12 : NOGAIRET	33 m
V 10 : ESCARÈNE		13 : COLETTA	177 m
V 11 : BEVERA		14 : MOLIN NOVO	78 m
V 12 : BASSERA		15 : VERNA	197 m
V 13 : ARBOUSSET		16 : SANTA-AUGUSTA	754 m
V 14 : BANCAO		17 : EUIRA	63 m
		18 : ÉCLUSE	136 m
		19 : BREC	382 m
		20 : ESCARÈNE	527 m
		21 : COL DE BRAUS	5939 m
		22 : MONT-GRAZIAN	3891 m
		23 : BANCAO	508 m
		24 : CARANCA	915 m

PLANCHE A2

Nomenclature des tunnels, ponts et viaducs de l'ensemble des lignes [COLLARDEY (1997)] (Planche reproduite avec l'aimable autorisation de la Revue Rail Passion)

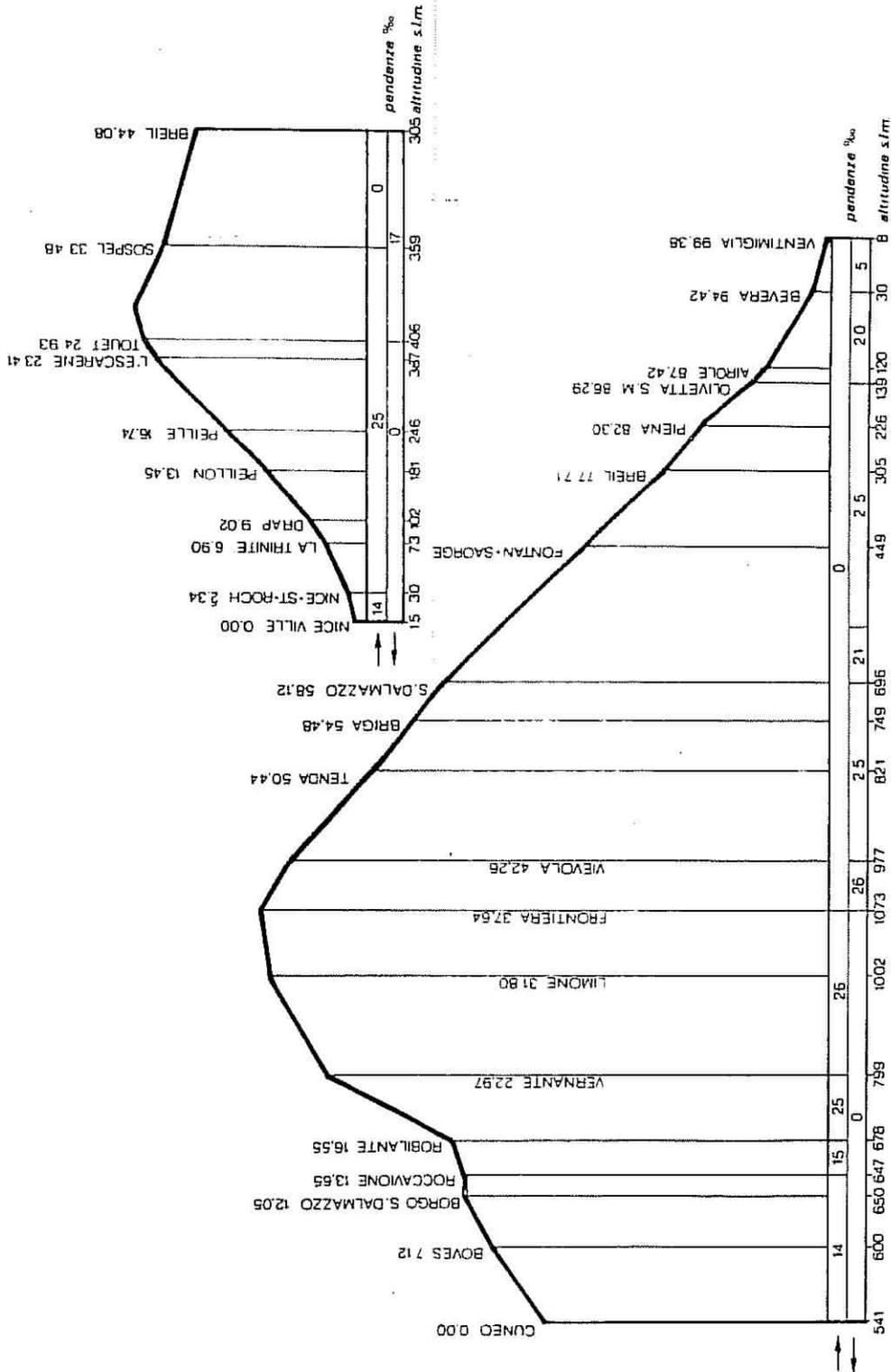


PLANCHE A3
 Profils altimétriques des lignes Cuneo – Ventimiglia (selon tracé d'origine Cuneo-Gesso – Borgo) et Nice – Breil

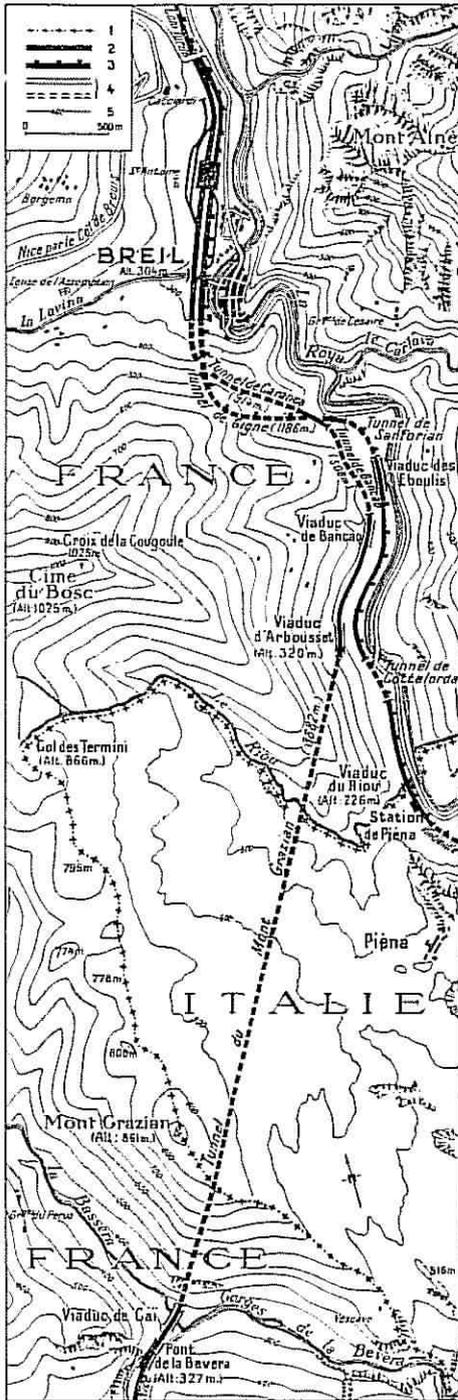


FIG. 47 : Lignes de NICE et VINTIMILLE à CONI (TURIN) entre la gorge de la BEVERA, PIÈNA et la gorge de BREIL.
Échelle : 1 : 40.000.

1. Frontière franco-italienne en 1939. — 2. Ligne de chemin de fer à voie unique (exploitée par la S.N.C.F.). — 3. Ligne de chemin de fer à voie unique et traction électrique (exploitée par les chemins de fer italiens de l'Etat en 1939). — 4. Route carrossable. — 5. Courbe de niveau avec cote (équidistance : 50^m en France, 100^m en Italie).

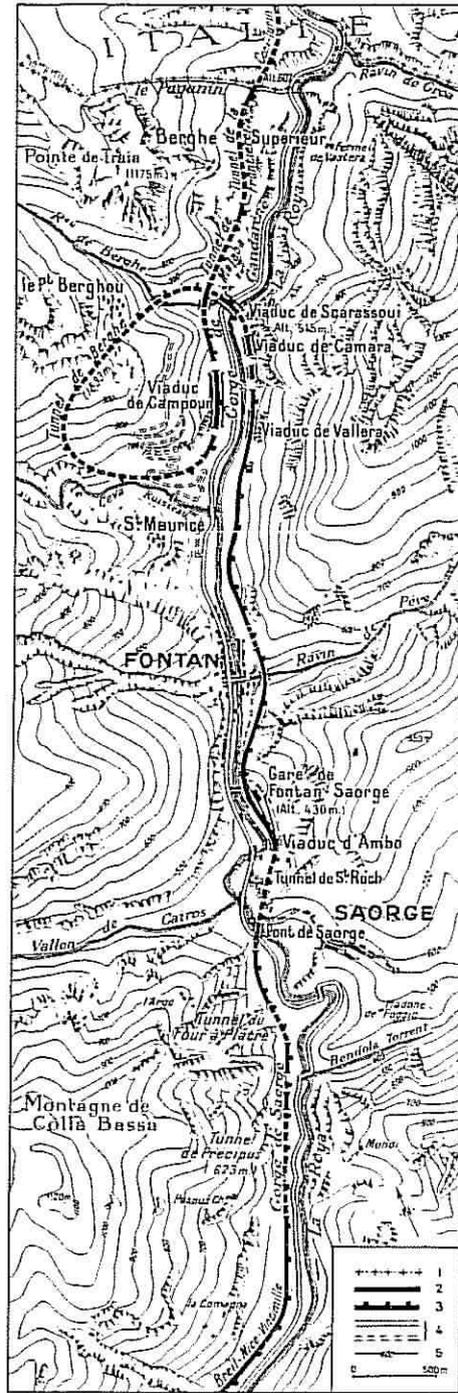


FIG. 48 : Lignes de NICE et VINTIMILLE à CONI (TURIN) entre la gorge de SAORGE et la frontière d'Italie (1939).
Échelle : 1 : 40.000.

PLANCHE A4

Ligne de Nice et Vintimille à Cuneo – Tracé des lignes dans l'ancien "saillant" de la Roya [LARTILLEUX (1946)]

B – TRACÉ ET INFRASTRUCTURES – LEUR INCIDENCE

B.1. CARACTÉRISTIQUES DE TRACÉ [cf. Planches A1, A2, A3 & A4]

Pour relier Cuneo à Ventimiglia d'une part et à Nice d'autre part, les ingénieurs concepteurs du tracé, qu'ils soient italiens ou français, se trouvèrent confrontés à tous les problèmes inhérents aux lignes de montagne, dont certains prenaient des proportions inhabituelles en raison tant de la configuration des sites (gorges de la Roya notamment) que de la nature des terrains (traversées de bancs de gypse et d'anhydrite) [SNCF/RM (1980)].

L'importance des travaux nécessaires à la réalisation de cette ligne dessinant un Y renversé est attestée par les bilans qui suivent :

Caractéristiques générales de l'ensemble des lignes [De SANTOS, BANAUDO (1979)]

- Longueur totale : 143,486 km
- Longueur cumulée des souterrains : 60,179 km
- Longueur cumulée des ponts et viaducs : 6,500 km

Artifices de tracé au franchissement de la partie sommitale [SNCF/RM (1980)]

- 4 boucles complètes, 2 fers à cheval, un "S"

Caractéristiques de la section française en vallée de la Roya [SNCF/RM (1980)]

- Longueur : 47 km
- Longueur cumulée des souterrains : 27 km
- Longueur des ponts, viaducs et murs de soutènement : 6,5 km
- Longueur des courbes : 23,200 km [dont 14,700 km en courbes de 300 m (rayon minimum) avec 3 courbes continues de longueur supérieure à 1000 m (dont la spire du Rioro qui développe à elle seule 1680 m)].

B.1.1. Versant Nord du tunnel de Tende (du Km 0,000 au Km 37,644)

(a) Caractéristiques générales du tracé [FS/ULCT/838 & 2989]

Pour des raisons topographiques mais également chronologiques, la ligne du versant Nord du tunnel de Tende comporte deux sections.

La première, réalisée plus tardivement lors de la construction de la gare monumentale de Cuneo Altiplano, relie le plateau de Cuneo à Borgo San Dalmazzo, débouché de la vallée de la Vermenagna [FS/ULCT/838]. Cette section s'est substituée au tracé initial prenant son origine à la gare de Cuneo Gesso située en pied de plateau.

La seconde section, de Borgo San Dalmazzo au tunnel de Tende [FS/ULCT/2989], est tracée le long de la vallée de la Vermenagna qu'elle remonte jusqu'à Limone Piemonte au prix d'un remarquable tunnel hélicoïdal lui permettant de s'élever au dessus du défilé de Vernante.

Le profil en long de l'ensemble du tracé est d'une grande progressivité, la ligne s'élevant selon un profil monotone et croissant, du Plateau de Cuneo au tunnel de faite [cf. Planche A3].

Les concepteurs du tracé se sont appliqués à conférer la meilleure homogénéité possible, à la fois en profil et en plan, à chacun des secteurs successifs de la ligne. Ainsi rencontre-t-on, de son origine à son point culminant, les caractéristiques suivantes :

- de Cuneo Altiplano (alt. 520 m ; Km 0,000) à Borgo San Dalmazzo (alt. 629 m ; Km 8,578) : pentes inférieures à 13 ‰ et rayon nominal minimal des courbes 500 m ;
- de Borgo San Dalmazzo (alt. 629 m ; Km 12,050) à Robilante (alt. 677 m ; Km 16,550) : pentes inférieures à 15 ‰ et rayon nominal minimal des courbes 400 m ;
- de Robilante (alt. 677 m ; Km 16,550) à Vernante (alt. 798 m ; Km 22,970) : pentes inférieures à 25 ‰ et rayon nominal minimal des courbes 400 m ;
- de Vernante (alt. 798 m ; Km 22,970) au portail Nord du tunnel de faite (alt. 1031 m ; Km 33,211), deux tronçons doivent être distingués :
 - tunnel hélicoïdal (Km 24,119-25,613) : pente de 20 ‰ et rayon nominal des courbes 325 m
 - reste du tracé : pentes inférieures à 26 ‰ et rayon nominal minimal des courbes 350 m

- le tunnel de faite : il présente un profil en chapeau de gendarme avec une pente peu marquée sur son versant Nord [2 ‰ jusqu'au point culminant (altitude 1040,45 m au Km 31,269) avec 5 ‰ sur 300 m] et une pente de 14 ‰ sur la majeure partie de son versant sud.

L'ensemble du parcours du versant nord a été systématiquement tracé avec de longs raccords paraboliques de transition entre contre-courbes, entre courbes, et entre alignements et courbes.

(b) Les secteurs les plus contraignants en profil en long et sinuosité [FS/ULCT/838 & 2989]

Ce n'est qu'à partir de Robilante que débute la rampe d'accès effective. De Robilante à Vernante, la ligne serpente le long du cours de la Vermenagna selon un tracé ne présentant que de très faibles inflexions. Les conjonctions de profil et de sinuosité les plus contraignantes ne se rencontrent que sur une courte courbe de rayon 378 m de longueur 55 m en rampe de 24 ‰, puis sur la rampe quasi rectiligne de 1050 m à 25 ‰ débouchant sur la station de Vernante.

C'est entre Vernante et le portail Nord du tunnel de faite que se succèdent les secteurs les plus contraignants :

- de la gare de Vernante au tunnel hélicoïdal [1037 m à 25 ‰ (du Km 23,123 au Km 24,162), s'achevant sur une courbe de rayon 356 m sur 247 m]
- le tunnel hélicoïdal [1502 m à 20 ‰ avec un rayon variant de 356 à 325 m]
- du débouché du tunnel (Km 25,688) jusqu'à la gare de Limone, une rampe de près de 6 km en profil continu de 26 ‰ (à l'exception des 1086 m de la Galleria Boglia en demi boucle de rayon 350 m tracée à 23 ‰) ; s'y succèdent (en rampes de 26 ‰) au débouché du dit tunnel, le viaduc de Rivoira abordé avec une courbe de rayon 317 m sur 81 m, au delà duquel les sinuosités du tracé respectent des rayons supérieurs à 350 m, à de très rares exceptions près (quelques courtes sections de 337 m de rayon),
- au delà de Limone, la section la plus contraignante est la rampe à 25 ‰ sur 402 m, présentant sur 42 m une courbe de 332 m de rayon.

(c) Pentés corrigées

En se référant au Cahier 6A, Tableau 1 "Résistances dues aux courbes - Pentés fictives équivalentes", les pentés corrigées des secteurs les plus contraignants seraient les suivantes :

- Entre Robilante et Vernante : 26 ‰ (FS, SNCF),
- De Vernante à Limone : 27,4 ‰ (FS) 27,2 ‰ (SNCF) avant le tunnel hélicoïdal ; 28,6 ‰ (FS) 28,5 ‰ (SNCF) à son débouché et à l'abord du viaduc de Rivoira ; puis, pratiquement 28,4 ‰ (FS) 28,3 ‰ (SNCF) jusqu'à Limone.
- au delà de Limone : 27,4 ‰ (FS, SNCF).

B.1.2. Versant Sud du tunnel de Tende (du Km 37,644 au Km 84,666)

(a) Caractéristiques générales du tracé [FS/ULT (1984) ; FS/VC (1984)]

Du littoral au tunnel de faite, le profil en long est d'une remarquable régularité, la ligne s'élevant selon un profil rigoureusement monotone [cf. Planche A3]. A partir de Ventimiglia, les rampes croissent progressivement sans dépasser 15 ‰ jusqu'au Poste de mouvement d'Airole, puis s'établissent au delà à un niveau moyen quasi constant de l'ordre de 20 ‰, jusqu'au tunnel de Tende.

En dépit de conduites d'ouvrages par deux administrations différentes et d'un long échelonnement des mises en service, les caractéristiques de tracé de la ligne présentent une grande cohérence dans la succession des parcours italien et français.

Ainsi, le rayon minimum des courbes est partout de 300 m [avec une minime exception en aval de Bevera (Km 4,960 de Ventimiglia) sur une longueur de 133 m avec un rayon de 282 m].

On retrouve en territoire italien, sur la section aval de la ligne, de Ventimiglia à Fanghetto [cf. FS/VC (1984)], les dispositions du versant nord, à savoir l'insertion systématique de longs raccords paraboliques de transition entre contre-courbes, entre courbes, et entre alignements et courbes.

Ces dispositions devaient certainement être la règle sur l'ensemble des sections originellement italiennes. Elles n'ont semble-t-il pas été maintenues sur les parties devenues françaises de la ligne [cf. FS/ULT (1984)] où la reconstruction a été conduite par la SNCF.

(b) Les secteurs les plus contraignants en profil en long et sinuosité [FS/ULT (1984) ; FS/VC (1984)]

Du Poste de mouvement d'Airole (Km 11,959 de Ventimiglia) à Breil-sur-Roya (Km 77,716 de Cuneo)

C'est une portion de ligne présentant des courbes peu nombreuses et courtes, mais prononcées puisque plusieurs d'entre elles sont très légèrement inférieures [de quelques mètres sauf l'exception mentionnée en (a)] à la norme des 300 m de rayon

- au niveau de Fanghetto [240 m à 25 ‰ en courbe de 299,4 m de rayon]
- entre Piene et la frontière [1463 m à 25 ‰ (deux sections rectilignes séparées par une courbe de rayon 400 m sur 100 m)].

De Breil-sur-Roya (Km 77,716) à la frontière [tunnel de Tende (km 37,644)]

Sur cette portion amont du versant sud, s'observent les rampes les plus prononcées de la ligne (taux supérieurs ou égaux à 26 ‰)

- entre Breil et Fontan, en sortie de la gare de Breil [328 m à 26,5 ‰ (du Km 77,045 au Km 76,717)],
- entre Fontan et St Dalmas de Tende [428 m à 26 ‰ (du Km 70,558 au Km 70,130) et 113 m à 26,5 ‰ (du Km 68,055 au Km 67,942)]
- entre St Dalmas de Tende et La Brigue [91 m à 26 ‰ (du Km 55,015 au Km 54,924)],
- entre La Brigue et Tende [383 m à 26 ‰ (du Km 552,383 au Km 52,015)].

On notera que toutes ces sections sont rectilignes ou de rayon au moins égal à 1000 m.

On observe ensuite, toujours dans le sens ascendant, les sections suivantes aux taux compris entre 25 et 25,5 ‰ :

- entre Fontan et St Dalmas de Tende [126 m à 25 ‰ (dont 45 m en courbe de rayon 300 m) au niveau du Km 65,6 ; 242 m à 25,5 ‰ (en tracé rectiligne) au niveau du Km 65]
- entre La Brigue et Tende [383 m à 25 ‰ (en tracé rectiligne) au niveau du Km 52,2 ; 165 m à 25 ‰ (sur courbe de rayon 600 m) au niveau du Km 51,7],
- entre Tende et Vievola [484 m à 25 ‰ (comprenant 50 m en courbe de rayon 750 m)],
- entre la gare de Vievola et le portail Sud du tunnel [447 m à 25 ‰ (dont 100 m en courbe de rayon 300 m)],

Les rampes de l'ensemble des autres sections sont toutes inférieures à 25 ‰.

(c) Sinuosité et pentes corrigées

Le rayon minimal des courbes est de 300 m. En raison du soin apporté aux concepteurs de la ligne d'éviter des conjonctions de pente et de tortuosité extrêmes (lesquelles auraient conduit à des pentes corrigées SNCF de $(26,5 + 800/300)$ ‰, soit supérieures à 29 ‰, les pentes corrigées calculées ne dépassent pas 27,8 ‰.

Cette valeur extrême (27,8 ‰) se rencontre sur une centaine de mètres en amont de Vievola, une cinquantaine de mètres au Km 65,57 entre Fontan et l'ancienne frontière, et sensiblement au même niveau, mais cependant sur une plus longue section (240 m), à Fanghetto (27,7 ‰ SNCF mais 27,8 ‰ FS).

On rencontre ensuite 27,3 ‰ en sortie de La Brigue, puis 27 ‰ sur une centaine de mètres entre la Frontière Sud et Piene (Km 83,55).

A ces très courtes sections près et quelques autres, de pentes corrigées comprises entre 26 et 27 ‰, les pentes corrigées de l'ensemble du tronçon sont toutes inférieures à 26,8 ‰.

B.1.3. Ligne Nice – Sospel - Breil

(a) Caractéristiques générales [SNCF/RM-DE/945Armt (1998)]

Profil en long

La ligne affluente Nice-Sospel-Breil, de 44,086 Km de longueur, franchit les éperons montagneux des cols de Braus et de Brouis par les deux longs tunnels de fâite (tous deux sensiblement en palier) du Braus (longueur 5939 m, alt. 418 m) et du Mont Grazian (longueur 3891 m, alt. env. 350 m), encadrant la faible dépression de Sospel [cf. Planche A3].

De Nice au point culminant (tunnel du Braus), la ligne, de profil régulier et monotone, est tracée avec deux classes de rampes :

- 25 ‰ en alignements (observées sur de multiples mais courtes sections) et
- 21 ‰ en courbes.

Du tunnel du Braus au point bas de la dépression de Sospel (Pont sur la Bevera), les pentes sont au plus égales à 17 ‰. Au delà, de part et d'autre du Tunnel du Grazian, elles n'atteignent au plus que 10 ‰.

Sinuosité

L'ensemble de la ligne, tracé dans le cadre d'un rayon minimal de courbes de 300 m, présente cependant quelques exceptions dont la plus notable (R 240 m sur une longueur de 170 m) ne présente pas de caractère contraignant dans la mesure où elle se situe en sortie amont de la gare de Nice-St Roch.

Les autres écarts à la valeur nominale de 300 m sont de faible importance, à savoir :

- R 290 m sur 120 m en palier, en gare de l'Escarène,
- R 292 m sur 270 m en rampe de 21 ‰, et R 291 m en rampes de 17 et 13 ‰, de part et d'autre du tunnel du Braus,
- R 291 m sur 308 m en pente de 10 ‰ avant le pont sur la Bevera,
- successivement, sur le versant Roya de la ligne : R 292 m sur 431 m en pente de 4 ‰, R 294 m sur 425 m en pentes de 4 et de 8,5 ‰, et, enfin, R 294 m sur 530 m en pente de 8,5 ‰ dans le tunnel de Caranca.

(b) Caractéristiques de tracé de la rampe Sud (Nice-tunnel du Braus)

Du fait des caractéristiques peu contraignantes du restant de la ligne (au delà du Braus jusqu'à Breil), en matière de circulations, seule importe la rampe Sud dont la longueur totale (depuis l'origine de la ligne) est de 28 500 m.

Profils absolus [SNCF/RM-DE/945Armt (1998)]

Les rampes maximales (25 ‰) cumulent 4417 m, elles se répartissent, à peu près régulièrement sur l'ensemble du tronçon, en 24 sections dont les deux plus longues mesurent moins de 500 m.

Entre ce taux maximal et celui des rampes dominantes du versant Sud (21 ‰), ne se rencontrent sur le tracé que deux sections à 24,5 ‰ cumulant 326 m, une section à 24 ‰ de 159 m, 2 sections à 23 ‰ cumulant 366 m, et une section à 22 ‰, de 63 m de long.

Profils corrigés

Les concepteurs de la ligne ont veillé à éviter la conjonction de pentes et de courbures accusées. Ainsi, les rampes à 25 ‰ sont-elles majoritairement tracées en alignement, seules quelques portions de ces sections présentant des courbures contraignantes (5 sous-sections à R 500 m cumulant 526 m de longueur ; 2 sous-sections à R 400 m cumulant 318 m de longueur).

Le classement décroissant des profils corrigés s'établit en conséquence de la manière suivante :

- | | | |
|-------------|----------|---------------|
| ▪ 27,5 ‰ | 0,526 Km | (5 sections) |
| ▪ 27 ‰ | 0,318 Km | (2 sections) |
| ▪ 25 ‰ | 3,796 Km | (21 sections) |
| ▪ 24,5 ‰ | 0,559 Km | (4 sections) |
| ▪ 24 & 23 ‰ | 0,303 Km | (2 sections) |

B.2. PARAMÈTRES DE CIRCULATION

B.2.1. Versant Nord du tunnel de Tende (du Km 0,000 au Km 37,644) [FS/FSCLUP-Torino (1998) ; Tableaux B2a & B3a]

(a) Rampes et pentes caractéristiques

De Cuneo au tunnel de faite, les rampes caractéristiques (en ‰) retenues par les FS sont les suivantes :

- 14 de Cuneo à Roccavione
- 15 de Roccavione à Robilante
- 25 de Robilante à Vernante
- 26 de Vernante au portail Nord du tunnel
- 5 du portail Nord du tunnel à son point culminant

En se référant aux §§ 1.1.(a) & (b), on constate que ces valeurs correspondent précisément aux rampes maximales observées sur les tronçons de ligne correspondants.

(b) Gradi di prestazione (Classes de prestations)

Les niveaux de prestation ("Gradi di prestazione") [cf. Tableau 2 "*Gradi di prestazione delle linee FS*" du Cahier 6A] adoptés par les FS reflètent ces relevés ; ainsi rencontre-t-on, de Cuneo au tunnel de Tende, les codifications suivantes :

- 16 de Cuneo à Robilante,
- 26 de Robilante au portail Nord du tunnel, et
- 2 de l'entrée du tunnel à son point culminant.

En se référant au Tableau "*Gradi di prestazione delle linee FS*" ainsi qu'au § B.1.1.(c), on constate que la codification 26 attribuée au delà de Robilante résulte des caractéristiques de la partie supérieure du trajet Vernante - Limone, sur laquelle le seuil supérieur de la codification 25 (27,8 ‰) est dépassé d'un peu moins d'un point.

(c) Gradi di frenatura (Classes de freinage)

Le versant Nord de la ligne ne comporte que deux sections caractéristiques ressortissant aux classes suivantes :

- VIII, du portail Nord du tunnel (Km 33,280) à Robilante (Km 16,550), soit sur 16,730 km ;
- V, de Robilante à Cuneo, soit sur 13,077 km (distance réelle).

B.2.2. Versant Sud du tunnel de Tende (du Km 37.644 au Km 84.666) [FS/FSCLUP-Torino (1998) ; Tableaux B2 & B3]

(a) Rampes et pentes caractéristiques

De Ventimiglia au tunnel de faite, les rampes caractéristiques (en ‰) retenues par les FS sont les suivantes :

- 13 de Ventimiglia à Bevera,
- 17 de Bevera à Airole,
- 18 d'Airole au Poste de mouvement d'Airole (Km 11,959),
- 23 du Km 11,958 à Olivetta San Michele,
- 25 d'Olivetta San Michele à Breil-sur-Roya,
- 26 de Breil-sur-Roya à Tende,
- 25 de Tende à Vievola,
- 25 de Vievola à l'entrée du tunnel (sur 819 m !), et
- 14 de l'entrée du tunnel à son point culminant.

On peut constater que les valeurs ainsi retenues épousent fidèlement les valeurs relevées sur les profils de la ligne, mais que les courtes rampes en 26,5 ‰ (328 m entre Breil et Fontan, et 113 m entre Fontan et St Dalmas de Tende) n'ont pas été jugées devoir péjorer le classement en 26 ‰ des sections considérées.

(b) Gradi di prestazione (Classes de prestations)

Les niveaux de prestation ("*Gradi di prestazione*") figurant sur le fascicule de circulation des FS sont indiqués comme étant les suivants :

- 18 de Ventimiglia à Airole,
- 26 d'Airole à la frontière Sud,
- 25 de la frontière Sud à Tende,
- 24 de Tende à Vievola,
- 24 de Vievola à l'entrée du tunnel (courte section de 819 m), et
- 17 de l'entrée du tunnel à son point culminant.

Cette classification surprend dans la mesure où :

(1) en aucun point de la ligne les rampes corrigées ne dépassant la valeur de 27,8 ‰, seuil maximal de la classification 25 (cf. Tableau 2 "*Gradi di prestazione delle linee FS*" du Cahier 6A), la valeur affectée en seconde ligne du tableau précédent devrait être "25" ;

(2) les mêmes valeurs corrigées de 27,8 ‰ observées au niveau de Fanghetto (sur une section classée 26) sont observées sur une cinquantaine de mètres en amont de Fontan (sur une section classée 25) et sur une centaine de mètres en amont de Vievola (sur une section classée 24).

La confirmation d'un tel classement établirait l'existence de facteurs de pondération, lesquels pourraient prendre en compte les longueurs des rampes incriminées [la rampe de Fanghetto s'établissant sur une plus grande longueur (280 mètres) que les deux autres].

(c) Gradi di frenatura (Classes de freinage)

Le versant Sud de la ligne comporte successivement six sections caractéristiques ressortissant aux classes suivantes :

- V, du portail Nord du tunnel de faîte (Km 33,280) à Vievola (Km 42,262), soit sur 8,982 km ;
- VII, de Vievola à St Dalmas de Tende (Km 58,128), soit sur 15,866 km ;
- VIII, de St Dalmas de Tende à Breil sur Roya (Km 77,716), soit sur 19,588 km ;
- VII, de Breil à Airole (Km 11,373 de Ventimiglia), soit sur 9,695 km [cf. Tableau B1 "*Infrastructure et profil en long*"]
- V, d'Airole à Bevera (Km 6,413 de Ventimiglia), soit sur 4,960 km ;
- III, de Bevera à Ventimiglia, soit sur 6,413 km.

B.2.3. Ligne Nice – Sospel - Breil

(a) Rampes caractéristiques [SNCF/RT5922 (1996) ; Tableau B4]

Du fait de la mise hors service des gares de croisement autres que celles de Nice-St-Roch (Km 2,343), Drap-Cantaron (Km 9,025) et l'Escarène (Km 23,410), les sections ainsi déterminées englobent des tronçons de ligne de caractéristiques dissemblables dont le tableau ci-dessous collationne les résultantes (en ‰) les plus contraignantes.

- Nice-Ville - Nice-St-Roch : 12 (sens impair) 5 (sens pair)
- Nice-St-Roch - Drap-Cantaron : 25 (sens impair) 5 (sens pair)
- Drap-Cantaron - L'Escarène : 25 (sens impair) 5 (sens pair)
- L'Escarène - Breil-sur-Roya : 25 (sens impair) 17 (sens pair)

(b) Profils corrigés de la rampe Sud (Nice - tunnel du Braus)

Les concepteurs de la ligne ont veillé à éviter la conjonction de pentes et de courbures accusées. Ainsi, les rampes à 25 ‰ sont-elles majoritairement tracées en alignement, seules quelques portions de ces sections présentant des courbures contraignantes (5 sous-sections à R 500 m cumulant 526 m de longueur ; 2 sous-sections à R 400 m cumulant 318 m de longueur).

Le classement décroissants des profils corrigés s'établit en conséquence de la manière suivante :

- | | | |
|-------------|----------|---------------|
| ▪ 27,5 ‰ | 0,526 Km | (5 sections) |
| ▪ 27 ‰ | 0,318 Km | (2 sections) |
| ▪ 25 ‰ | 3,796 Km | (21 sections) |
| ▪ 24,5 ‰ | 0,559 Km | (4 sections) |
| ▪ 24 & 23 ‰ | 0,303 Km | (2 sections) |

B.3. CONTRAINTES D'EXPLOITATION

B.3.1. Armement (situation actuelle)

(a) Armement de la section reconstruite (Tunnel de Tende - Ventimiglia) [SNCF/RM (1980)]

La voie a été rétablie avec la technique des longs rails soudés (LRS), sauf à la traversée des grands ouvrages en béton sur lesquels ont été posées des barres de 36 m de longueur élémentaire.

L'armement retenu a été le suivant :

- rail U 39, 55 kg/m dans les souterrains ou zones réputées humides ;
- rail U 36, 50 kg/m de remploi ailleurs.

Dans le premier cas, les poses sont effectuées sur traverses bois (avec un travelage de 1545/km pour R > 500 m et de 1666/km pour R < 500 m)

Dans le second cas, les poses à l'air libre sont effectuées sur traverses béton armé mixte (avec un travelage de 1613/km pour R > 500 m avec attaches élastiques RS classiques, et de 1722/km pour R < 500 m, avec attaches élastiques renforcées).

(b) Armement de la section Cuneo-Tunnel de Tende

Jusqu'en 1986, l'armement de la ligne était resté celui d'origine (1921). En 1986, la section Cuneo - Borgo San Dalmazzo était rénovée avec des barres UNI 50 [PARODI (1989)], Depuis lors, la section Borgo San Dalmazzo - Limone l'a été à son tour [SYSTRA (1998)].

(c) Armement de la ligne Nice - Breil [SNCF/RM-DE/945 Armt (1998)]

A l'exception de la courte section Nice-Ville à Nice-l'Ariane réarmée de 1950 à 1977 en barres U 36 ou U 39, et de la plus grande partie du tunnel du Braus rééquipé en 1970 en barres U 39, l'ensemble de la ligne a conservé son armement d'origine (1923 à 1928), essentiellement en barres S 11 en souterrain & S 12 à l'air libre.

B.3.2. Vitesses de circulation

(a) Dévers et vitesses théoriques de circulation

Pour ce qui concerne la section reconstruite, le tracé de voie, élaboré dans le respect des normes de dévers en vigueur relativement au rayon minimum des courbes rencontrées ($R = 300$ m ; Dévers = 100 mm ; Gauche = 2mm/m), autorise la vitesse de 80 km/h sur l'ensemble du parcours, vitesse à moduler selon les possibilités de traction et les règles de freinage des convois appelés à circuler sur la ligne [SNCF/RM (1980)].

On remarquera que les valeurs de dévers mentionnées par PARODI (1989), à savoir :

- "160 mm (dévers maximal adopté par les FS) entre Cuneo et Limone",
- "135 mm entre Limone et Ventimiglia",
- "150 mm entre Breil et Nice",

"valeurs élevées qui ne peuvent de toute évidence être accrues pour un relèvement éventuel de la vitesse de ligne", ne semblent pas s'accorder avec les valeurs sus-mentionnées.

(b) Vitesses pratiquées sur la ligne

Cuneo – Ventimiglia [Tableau B5 a & b]

Les vitesses maximales admises sur les différentes sections de la ligne sont actuellement les suivantes [FS/FSCLUP/Torino (1998)] :

▪ Cuneo - Robilante	95 km/h	90 km/h
▪ Robilante - frontière	85 km/h	80 km/h
▪ frontière - Breil	80 km/h	80 km/h
▪ Breil - Ventimiglia	80 km/h	75 km/h

[la première colonne est relative aux automoteurs (électriques ou diesel), la seconde aux rames tractées]

On notera que ces vitesses-limite sont restées inchangées depuis l'ouverture de la ligne, sauf pour la section reconstruite laquelle, grâce aux soins apportés au tracé de voie remanié [SNCF/RM (1980)] a bénéficié d'un relèvement de vitesse de 5 km/h [cf. Tableau de service de l'année 1940 reproduit in De SANTOS, BANAUDO (1979)].

On notera également que pour ce qui concerne la partie de ligne reconstruite (Tunnel de Tende – Ventimiglia), la vitesse d'entrée sur voie d'évitement a été portée à 60 Km/h [SNCF/RM (1980)].

Pour sa part, PARODI (1989) fait observer que les vitesses assignées aux circulations sont nettement inférieures à ces vitesses-plafond.

Ainsi, sur la section Cuneo-Limone, où coexistent les deux types de traction, électrique et diesel, les rames constituées d'automotrices électriques (ALe 601 ou ALe 724) se voient assigner des vitesses de 90 km/h entre Cuneo et Robilante et de 70 km/h de Robilante à Limone, tandis que les automotrices diesel (ALn 668 ou ALn 663) ont leurs horaires établis sur des vitesses de 70 km/h de Cuneo à Robilante, de 59 km/h à partir de Robilante, de 48 km/h à Vernante, et de 55 km/h au delà de Limone.

Ainsi, le recours à la traction thermique sur les sections électrifiées a-t-il pour effet de péjorer largement les temps de parcours ; le cas le plus flagrant étant celui des rames directes (épargnant des transbordements aux voyageurs) Imperia – Ventimiglia – Cuneo – Torino ou Nice – Cuneo, dont la plus grande partie des parcours est assurée sous caténaires [PARODI (1989)].

Nice – Breil

La vitesse maximale admise sur la ligne est actuellement la suivante [cf. Tableau B6]

▪ Breil-Nice	70 km/h	60 km/h	50 km/h
--------------	---------	---------	---------

[la première indication est relative aux automoteurs, la seconde aux rames tractées, la troisième aux trains de messageries et de marchandises]

On notera que la ligne a également bénéficié d'un relèvement de vitesse de 5 km/h [cf. Tableau de service de l'année 1938 reproduit in De SANTOS, BANAUDO (1979)] ; en revanche les vitesses de franchissement en gare restent toujours limitées à 30 Km/h [SNCF/RT-5922 (1996)].

B.3.3. Résistance des attelages et charges limite remorquables

(a) Cuneo – Ventimiglia

Le Tableau 5 du Cahier 6A permet de déduire les charges limite remorquables des *gradi di prestazione* (niveaux de prestation) de la ligne. En découlent [cf. Tableaux B2 & B3] les limites suivantes (normes italiennes) :

- Cuneo-Robilante 1520 t
- Robilante-Limone 900 t
- Ventimiglia-Breil 900 t
- Breil-Limone 950 t

(b) Nice – Breil

Selon les normes en usage à la SNCF, les limites de résistance des attelages sont les suivantes [SNCF/RT-5922 (1996)]

Ligne Nice - Breil			
Limite de résistance des attelages (t)			
Parcours (sens rampes)	Nice-Ville	Drap-Cantaron	Breil/Roya
	Drap-Cantaron	Breil/Roya	L'Escarène
Trains voyageurs	915	915	1240
Trains marchandises	1200	1100	1500

B.3.4. Caractéristiques d'exploitation de la ligne Cuneo –Ventimiglia

(a) Plate-forme

La ligne Cuneo -Ventimiglia fut conçue à voie unique sur tout son parcours, à l'exception de sa partie sommitale Limone -Vievola (10,5 km dont les 8,1 km du tunnel de faîte) où la plate forme réserve l'emplacement d'une seconde voie.

Des raisons évidentes de ventilation à l'époque de la traction vapeur conduisirent à doter, comme celui de Tende, le souterrain de Bergue (tunnel hélicoïdal de 1883 m situé entre St. Dalmas de Tende et Fontan/Saorge) d'une plate forme de double voie [SNCF/RM (1980)].

Les données disponibles sur la faisabilité d'évitements longs figurent dans l'Encadré B, celles sur le dégagement du gabarit GB1 avec réélectrification sur les deux voies sont analysées en Section C du présent cahier.

(b) Gares et évitements

La ligne à son achèvement

A son apogée avant les destructions de la seconde guerre mondiale, la ligne était dotée de 14 stations intermédiaires pourvues de voies de croisement, et de 3 haltes.

Du fait de l'échelonnement des mises en service, des servitudes liées tant au double franchissement de frontières qu'aux changements de traction, et sans doute aussi de considérations stratégiques, la ligne fut pourvue de gares importantes sinon monumentales.

Ainsi, la gare de Vievola comportait-elle 6 voies ; celle de St. Dalmas de Tende, 13 voies ; celle de Breil (gare internationale commandant l'antenne vers Nice), 15 voies de 500 m de longueur [PARODI (1989)].

Les remaniements de la reconstruction

De telles dispositions n'étant plus justifiées, lors de la reconstruction, le nombre de stations a été réduit et leur plan de voies simplifié, au détriment des voies de service dont la quasi totalité a été supprimée, mais au profit d'un allongement parfois considérable des voies d'évitement.

Ainsi, sur le seul parcours français, dans chacune des 5 gares, ont été créés de longues voies d'évitement :

- quatre d'entre elles atteignent ou dépassent 700 mètres de longueur utile (gares de Vievola, St.-Dalmas-de-Tende, Fontan/Saorge et Breil-sur-Roya ;
- une de 560 m de longueur utile en gare de Tende [SNCF/RM (1980)].

La ligne est, depuis lors, pourvue de [cf. Planche B1] :

- 5 gares et une halte en territoire piémontais,
- 5 gares et une halte en territoire français,
- 2 gares et 3 haltes en territoire ligure.

délimitant 11 intergares présentant l'échelonnement suivant :

- 8,6 km (Cuneo - Borgo S. Dalmazzo)
- 4,5 km (Borgo S. Dalmazzo - Robilante)
- 6,4 km (Robilante - Vernante)
- 8,8 km (Vernante - Limone)
- 10,5 km (Limone - Vievola)
- 8,2 km (Vievola - Tende)
- 8,0 km (Tende - St.-Dalmas-de-Tende)
- 12,7 km (St.-Dalmas-de-Tende - Fontan/Saorge)
- 6,9 km (Fontan/Saorge - Breil)
- 9,7 km (Breil - Airole)
- 12,0 km (Airole - Ventimiglia).

(c) Régulation

La totalité du parcours faisant l'objet des travaux de reconstruction (de la gare de Limone exclue à la gare de Ventimiglia exclue) a été pourvue d'un cantonnement par block à compteur d'essieux SNCF, permettant l'automatisation de l'exploitation et la télécommande (commande centralisée de trafic), depuis la gare de Breil, des PRS de chacune des autres gares du parcours (Vievola, Tende, St.-Dalmas-de-Tende, Fontan/Saorge, et Airole) [SNCF/RM (1980)].

A la fin de 1988, la commande centralisée de trafic fut également mise en service sur la section de ligne Cuneo - Limone, et également, sur la section Fossano - Cuneo de la liaison vers Torino [PARODI (1989)].

(d) Protection des circulations

Risques géologiques

Selon la réglementation française, la ligne est classée dans la catégorie "*Risque 3*", c'est à dire à forte probabilité d'incident par chute de rochers.

Aussi, de nombreuses mesures ont-elles été prises pour assurer la protection des circulations ferroviaires dans les zones considérées comme les plus dangereuses (ouvrages menacés de mouvements de maçonnerie, ou parcours sujets à chutes de pierres) [SNCF/RM (1980)].

Outre les dispositions prises pour réduire les risques (purgés, contention, soutènements, etc.), la protection des circulations est assurée par des filets de détection et des torches électriques à déclenchement automatique ; en outre, un circuit d'alarme de pleine voie comporte un poste téléphonique, tous les 1000 m environ, à la disposition des agents de conduite [SNCF/RM (1980)].

La dernière tranche de travaux d'équipement de cette nature a été réalisée en 1997-98. A leur achèvement, les zones équipées étaient les suivantes [FS/FSCLUP/Torino (1998)] :

- du Km 46,960 au Km 47,215 (Vievola - Tende)
- du Km 64,221 au Km 70,668 (St. Dalmas-de-Tende - Fontan/Saorge)
- du Km 72,442 au Km 75,550 (Fontan/Saorge - Breil)

Passages à niveau

Sur le parcours reconstruit, la suppression de quatre passages à niveau ne laisse subsister que deux des six existants lors de l'exploitation antérieure [SNCF/RM (1980)].

(e) Capacité de la ligne

Sur Cuneo - Ventimiglia, les longueurs moyennes d'interstations (cf. Tableau C1 "Infrastructure et profil en long") s'établissent à 7,1 km sur le parcours piémontais, à 9,2 km sur le parcours français, et à 10,8 km sur le parcours ligure.

Trois interstations présentent des longueurs importantes, il s'agit de :

- Limone - Vievola : 10,5 km

- St Dalmas-de-Tende - Fontan/Saorge : 12,7 km
- Evitement d'Airole - Ventimiglia : 12 km.

Il se trouve que les restrictions qu'elles impliquent aux potentialités de la ligne, pourraient être levées au prix d'investissements modérés, à savoir :

- pour Limone - Vievola, par mise à double voie de l'intégralité de la section dont la totalité de l'emprise est déjà aménagée en ce sens ; l'importante longueur de cette section (de l'ordre de 11 km) offrirait la possibilité de croisements ou de dépassements "actifs" ;
- pour St Dalmas-de-Tende - Fontan/Saorge, par mise en place d'une seconde voie dans le tunnel de Bergue (1883 m) prévu à cette fin ; la voie d'évitement longue qui en résulterait partagerait à son premier tiers le plus long canton de la ligne ;
- pour le dernier de ces cantons, la réalisation du raccordement Nord du Parco Roya, au droit de la halte de Bevera (raccordement prévu lors de la conception de ces importantes installations), équivaldrait à la mise à double voie des cinq derniers kilomètres de la ligne.

Dans sa configuration actuelle, et compte tenu des vitesses limites imposées aux circulations-type (véhicules pendulaires exclus) par les caractéristiques géométriques de la ligne, PARODI (1989)] estime que les potentialités actuelles de Cuneo - Limone s'établiraient à 60-70 circulations par jour, et à 50-55 pour Limone - Ventimiglia, sans entraîner de phénomènes de congestion.

De tels niveaux sont encore loin d'être atteints : en 1998, le nombre de circulations n'atteignait qu'une quarantaine par jour sur Cuneo - Limone (33 circulations voyageurs et 7 marchandises), et qu'un peu plus d'une vingtaine sur Limone - Ventimiglia (toutes circulations voyageurs).

B.3.5. Caractéristiques d'exploitation de la ligne Nice - Breil

(a) Infrastructure et traction

La ligne est à double voie banalisée sur 2791 m de Nice-Ville (Voyageurs) à Nice-St-Roch (Messageries et Marchandise) et à voie unique au delà.

Elle est électrifiée sous 25000 V alternatif monophasé jusqu'au Km 6,1 (Embranchement particulier Gerland) [SYSTRA (1998)].

Pour des raisons notamment inhérentes aux problèmes de la traction à vapeur, les trois plus longs souterrains de la ligne ont été réalisés pour la double voie, ce sont les souterrains de :

- Col de Braus (5939 m),
- Mont Grazian (3891 m),
- Caranca (918 m).

(b) Le cantonnement

La ligne à son achèvement

A son apogée avant la seconde guerre mondiale, la ligne était dotée de 7 gares [G] et 3 stations [S] échelonnées de manière suivante (avec indication de la longueur utile des voies d'évitement) [De SANTOS, BANAUDO (1979)] :

- Nice-Ville (Km 0,000) [G > 500 m]
- Nice-St Roch (Km 2,343) [G > 500 m]
- La Trinité-Victor (Km 6,906) [S]
- Drap-Cantaron (Km 9,025) [G 500 m]
- Peillon-Ste. Thècle (Km 13,457) [S]
- Peille (Km 16,476) [G 510 m]
- L'Escarène (Km 23,413) [G 760 m]
- Touet-de-l'Escarène (Km 24,931) [S]
- Sospel (Km 33,487) [G 220 m]
- Breil-sur-Roya (Km 44,086) [G]

ménageant les cantons de longueur suivante :

- Nice-St Roch – Drap 6,682 km
- Drap – Peille 7,451 km
- Peille – L'Escarène 6,937 km
- L'Escarène – Sospel 10,074 km
- Sospel – Breil 10,599 km,

cantons dont l'échelonnement est approprié au profil de la ligne.

Situation actuelle

Les gares de Peille et de Sospel ayant été depuis désactivées, le cantonnement de la ligne est actuellement le suivant :

- Nice-St Roch – Drap 6,682 Km
- Drap – L'Escarène 14,368 Km
- L'Escarène – Breil 20,673 Km

(c) Sécurité

La ligne est pourvue des équipements suivants : double voie banalisée de Nice-Ville à Nice-St-Roch (Km 2,7), voie unique à signalisation simplifiée de Nice-St-Roch à Breil (Km 44,0) ; traction électrique 25000 V alternatif monophasé de Nice-Ville à l'Ariane-La Trinité (km 6,1) [SNCF/RT-5922 (1996)].

La circulation des trains est assurée par :

- block automatique lumineux de Nice-Ville à Nice-St-Roch [SNCF/RT-5922 (1996)],
- cantonnement téléphonique assisté par ordinateur (CAPI) de Nice-St-Roch à Breil [SYSTRA (1998)] ; sur cette section à voie unique, la ligne est équipée du dispositif d'arrêt automatique des trains (DAAT) provoquant l'arrêt du train en cas d'engagement intempestif de la voie unique.

La ligne est équipée de liaisons radio avec les trains, de Nice-Ville à l'embranchement Gerland (km 5,5) [SNCF/RT-5922 (1996)].

(d) Capacité de la ligne

Selon SYSTRA (1998), "la section Nice-Breil est parcourue par 6 aller et retour par jour, ce qui laisse une grande marge de manœuvre, le débit maximal de la ligne, compte tenu de l'équipement des gares de croisement, pouvant être estimé à un aller et retour par heure".

En réalité, les distances entre gares [cf. (c) ci-avant] et les temps de parcours voyageurs correspondants [SYSTRA (1998)], à savoir :

- Nice-St Roch – Drap 12 min
- Drap – L'Escarène 22 min
- L'Escarène – Breil 26 min

entraînent, en cas du moindre désheurement, des retards de l'ordre d'une demi-heure incompatibles avec les exigences des dessertes locales et interrégionales.

Une première amélioration de capacité résiderait dans le rétablissement des voies d'évitement de Peille et de Sospel avec pour effet de partager la section Nice-St Roch – Breil en cinq cantons de longueur et de durées de parcours sensiblement égaux.

Une considérable amélioration qualitative serait apportée avec la pose d'une seconde voie entre Touet-de-l'Escarène et le portail sud du tunnel du Col de Braus [cf. Encadré B]. La mise ne service d'un tel évitement de 7 Km de longueur, situé à sensiblement à mi-distance des deux extrémités de la ligne, autoriserait le tracé de convois directs fret et voyageurs en trafic international compatibles avec des dessertes locale et régionales densifiées.

B.3.6. Le Parco Roya à Ventimiglia

Le Parco Roya est implanté entre la ligne Ventimiglia - Cuneo et la rive droite de la Roya. Il comporte deux accès sud à voie unique formant triangle avec la ligne littorale. Un troisième accès a été prévu à son extrémité nord, par raccordement à la ligne de Tende au niveau de la gare de Bevera (à 4,960 km de la gare de Ventimiglia).

L'ensemble des installations couvre une superficie de 35 ha. Il totalise 74 km de voies ferrées et 107 appareils de voie [FS/DCG/PR/Dépliant (1993)].

Ses faisceaux comprennent 25 voies de stationnement, classement et garage, de longueurs comprises entre 510 et 1150 mètres, 22 d'entre elles dépassant 750 mètres de longueur [FS/UPG/PR (1993)].

L'accès aux installations s'opère par deux voies uniques desservant chacune des directions littorales. La voie de liaison vers l'ouest intersecte la ligne Ventimiglia-Cuneo par une traversée oblique.

ENCADRÉ B

Emprises existantes et potentialités d'infrastructures pour des accroissements de capacité

Du fait de la largeur de vues de leurs concepteurs, et sans doute aussi en raison de considérations stratégiques, les lignes de Tende disposent, sur de nombreuses sections de leur tracé, de plates-formes prévues pour la double voie et d'emprises étendues, offrant, sans travaux majeurs de génie civil, d'importantes possibilités de dédoublements, d'évitements et, en conséquence, d'accroissements de capacité et d'amélioration de performances.

Cuneo-Ventimiglia – Renforcements de capacité potentiels

- De Roccavione (Km 13,654) à Robilante (Km 16,550)
Plate formes double voie et larges espaces dans les deux gares ; mise à double voie possible sur plus de 3000 m.
- Entre Vernante et Limone au Km 27,7
"Dans des conditions difficiles, en rampe de 27 mm/m (sic) et nécessitant la construction de viaducs et le percement d'un tunnel de 200 m de long" [SYSTRA (1998) p. 75].
[pour mémoire, cette proposition SYSTRA (1998) semblant d'un coût prohibitif]
- De Limone (Km 31,800) à Viévola (Km 42,263)
Possibilité de mise à double voie sur environ 11 000 m : depuis la gare de Limone plate-forme à double voie jusqu'au portail sud du tunnel de Tende (Km 41,379) ; au delà : tranchée à voie unique à élargir sur 450 m (du Km 41,440 au Km 41,887) jusqu'à l'entrée de l'évitement de Viévola (748 m).
- Station de La Brigue
Possibilité d'évitement de 300 m (*d'intérêt modique en raison de sa courte longueur*).
- Tunnel de Bergue
Possibilité de création d'une double voie sur 1880 m du Km 65,816 au Km 67,699 (*avec réserves en raison du tracé souterrain en courbe*).
- Station de Piene
Possibilité d'évitement de 350 m (*d'intérêt modique en raison de sa courte longueur*)
- Raccordement Nord du Parco Roya
Etablirait de fait la double voie sur 5,201 km depuis la gare de Ventimiglia jusqu'à l'extrémité nord de la plate forme à double voie de la station de Bevera.

Nice - Breil – Inventaire des évitements potentiels ou améliorables [SYSTRA (1998)]

[les aménagements envisageables figurent en caractères italiques]

- Nice-Ville - Nice St. Roch (Km 2,343) ; 2,8 km de double voie
- E.P. Gerland (Km 4,9 à 5,5) ; *possible 600 m*
- Drap-Cantaron (Km 9,025) ; 600 m
- Peille [*La Grave de Peille*] (Km 16,746) ; *existant : plate forme double voie + débords ; possible 600 m*
- L'Escarène (Km 23,413) ; 800 m
- *de Touet de l'Escarène (Km 24,931) à sortie est du Tunnel du Braus (Km 31,973) : plate forme double voie et tunnel gabarit double voie de 5937 m ; évitement actif possible 7000 m [6400 m selon SYSTRA (1998)]*
- *Sospel (Km 33,487) ; existant : plate forme double voie + débords ; possible 650 m*
- *Souterrain du Mont Grazian (Km 36,806 à 40,688) ; tunnel gabarit double voie ; évitement actif possible 3900 m*
- *Souterrain de Caranca (Km 42,296 à 43,211) ; tunnel gabarit double voie ; évitement possible 915 m.*
- Breil (Km 44,086) ; 3 voies 700 m.

RÉFÉRENCES (Section B)

Sous-section B1 – Caractéristiques de tracé

FS/FSCLUP/Torino (1998)

Fascicolo circolazione linee della unità periferica
Ferrovie dello Stato Torino ; Edizione in vigore dal maggio 1988 ; 623 pages ; Linea Cuneo - Limone - Ventimiglia, pp. 198-201.

FS/ULCT/838

Linea Cuneo - Borgo S. Dalmazzo – Planimetria e profile (scala planimetria 1:10000)
Azienda autonoma delle Ferrovie dello Stato ; Ufficio Lavori Compartimentale di Torino ; 838/2a – 393 ;
planche unique.

FS/ULCT/2989

Linea Borgo S. Dalmazzo - Conf. francese – Planimetria e profile (scala planimetria 1:10000)
Azienda autonoma delle Ferrovie dello Stato ; Ufficio Lavori Compartimentale di Torino ; 2989/2 – 448 ;
planche unique.

FS/ULT/3844 (1984)

Linea Cuneo - Ventimiglia – Planimetria e profile dal Km. 37+644.06 al Km. 84+666.25 (scala
planimetria 1:10000)
(Ce document couvre intégralement et exclusivement la section de ligne traversant le territoire français)
FS ; Direzione compartimentale Torino, Ufficio Lavori, Divisione 1a Sezione ; 3844/2a - 448 ; gennaio
1994 ; planche unique.

FS/VC (1984)

Linea Ventimiglia - Cuneo – Tratto Ventimiglia (Km 0+000) - Confine Francese (Km. 14+728) - Profile
longitudinale (scala planimetria 1:10000)
FS ; Compartimento di Genova ; VC ; aprile 1984.

SNCF/RM-DE/945Armt (1998)

Ligne n° 945000 Nice à Breil-sur-Roya - Schéma d'armement entre les PK 0;000 et 43,452
Société Nationale des Chemins de fer Français ; Région de Marseille, Division de l'Équipement ; exécuté
le 29.10.1998 ; planche unique couleurs.

Sous-section B2 – Paramètres de circulation

FS/FSCLUP/Torino (1998)

Fascicolo circolazione linee della unità periferica
Ferrovie dello Stato Torino ; Edizione in vigore dal maggio 1988 ; 623 pages ; Linea Cuneo - Limone -
Ventimiglia, pp. 198-201.

SNCF/RT5922 (1996)

Renseignements techniques - 5922 / Nice Ville - Breil sur Roya
SNCF - RT 5922 ; Edition du 29 septembre 1996 ; 6 pages.

Sous-section B3 – Contraintes d'exploitation

De SANTOS Gérard, BANAUDO José (1979)

Le chemin de fer du Col de Tende
Les Editions du Cabri, Menton-Breil ; 3^{ème} trimestre 1979, 146 pages.

FS/DCG/PR/Dépliant (1993)

Scalo merce di Ventimiglia "Parco Roya"
Ferrovie dello Stato ; Direzione Compartimentale di Genova ; Servizio Gestione Lavori (6 pages)
*Dépliant de présentation générale (historique et caractéristiques constructives) diffusé par Lombardini,
Imprese generale di costruzioni S.p.A.*

FS/FSCLUP/Torino (1998)

Orario generale di servizio - Linea : Cuneo-Limone-Ventimiglia e viceversa

Fascicolo circolazione linee della unità periferica Ferrovie dello Stato Torino ; edizione in vigore dal 24 maggio 1998 ; 623 pages (reproduction des pages 198-203)

FS/UPG/PR (1993)

Istruzioni per l'esercizio dell'apparato ACEI della stazione di Ventimiglia Parco Roya (ad uso del personale di movimento)

Ferrovie dello Stato ; Ufficio Produzione Genova ; Servizio Gestione Lavori 2° Savona ; 1993, 63 pages.

PARODI Antonio (1989)

Il ripristino della ferrovia Torino – Cuneo – Colle di Tenda – Ventimiglia – Nizza nell'organizzazione dei trasporti attraverso le Alpi Marittime

Tesi di Laurea ; Relatore : Prof. Renato MAZZUCA

Università degli Studi di Torino ; Facoltà di Economia e Commercio ; Anno Accademico 1988/1989.

SNCF/RT-5922 (1996)

Renseignements techniques - Ligne 5922 / Nice-Ville - Breil-sur-Roya

SNCF ; Edition du 29 septembre 1996, 6 pages.

SYSTRA (1998)

Alternatives ferroviaires à la liaison routière Nice-Cuneo

Inextrans (Nancy) - Systra (Paris) ; Réf. 2151/FRA2/NCE/97-655, Edition 2, janvier 1998, 112 pages + 49 pages d'annexes (dont nombreuses planches couleurs).

ENCADRÉ B

Emprises existantes et potentialités d'infrastructures pour des accroissements de capacité

TABLEAUX**Tableau B1**

Ligne Cuneo-Ventimiglia - Infrastructure et profil en long

Tableaux B2 (a & b)

Caractéristiques d'infrastructure sur la ligne Cuneo-Ventimiglia (sens N/S) [FS/FSCLUP/Torino (1998)]

Tableaux B3 (a & b)

Caractéristiques d'infrastructure sur la ligne Cuneo-Ventimiglia (sens S/N) [FS/FSCLUP/Torino (1998)]

Tableau B4

Rampes et pentes caractéristiques de freinage sur la ligne Nice-Breil [SNCF/RT-5922 (1996)]

Tableaux B5 (a & b)

Vitesses de circulation et caractéristiques de freinage sur la ligne Cuneo-Ventimiglia (sens N/S & S/N) [FS/FSCLUP/ Torino (1998)]

Tableau B6

Nice-Breil - Vitesses limites de ligne (sens impair et pair) [SNCF/RT-5922 (1996)]

LIGNE CUNEO - VENTIMIGLIA							
INFRASTRUCTURE et PROFIL EN LONG							
Désignation des stations	Altitude (m)	Bornage FS (km)	Distance réelle (km)	Évitements nombre et longueurs	Interstations (km)	Rampe moyenne. (‰)	Grado di prestaz.
Cuneo	540 m	0,000	0,000	div. (330-561)			
					8,578	10,5	16
Borgo S. Dalmazzo	630 m	12,050	8,578	2 (522-544)			
					1,604	10	16
Roccavione	646 m	13,654	10,182	supprimé			
					2,895	11	16
Robilante	677 m	16,549	13,077	1 (572)			
					6,420	19	26
Vernante	798 m	22,969	19,497	1 (319)			
					8,831	23,5	26
Limone	1004 m	31,800	28,328	2 (374-390)			
					5,470	6,5	2
Point culm. Tunnel	1040 m	37,270	33,798	néant			
					4,992	12,5	17
Vievola	978 m	42,262	38,790	1 (748)			
					8,180	19	24
Tende	822 m	50,442	46,970	1 (539)			
					4,402	16,5	25
La Brigue	750 m	54,484	51,372	non rétabli			
					3,644	15	25
St. Dalmas de T.	696 m	58,128	55,016	1 (687)			
					12,698	19,5	25
Fontan-Saorge	449 m	70,826	67,714	1 (715)			
					6,890	21,5	25
Breil-sur-Roya	302 m	77,716	74,604	3 (735-740-860)			
					8,559	19	25
Olivetta S. Michele	142 m	13,095	83,163	néant			
					1,136	max. 23	26
Airole (évitement)	n.d.	11,373	84,299	1 (247)			
					6,999	max. 18	18
Bevera	34 m	4,960	91,298	non rétabli			
					4,960	4,5	18
Ventimiglia	11 m	0,000	96,258	div. (286-374)			

GIR/CVProfil&Infrastr/JM(98.12.26)

COMMENTAIRES

(1) Les distances kilométriques figurant dans ce tableau (distances absolues à partir de Cuneo Altiplano) diffèrent des distances kilométriques d'origine, restées en usage aux FS en dépit de l'abandon du tracé initial Cuneo-Boves-Borgo, partant de Cuneo Gesso (alt.475 m) et plus long de 3,471km.

(2) A l'aval de Bevera, la ligne longe les récentes installations ferroviaires du Parco Roya dont le raccordement nord, en direction de Cuneo, est prévu ; à 984 m de Ventimiglia, elle croise à niveau, par une traversée oblique, la bretelle de liaison directe de ce Parc Roya avec la ligne littorale SNCF en direction de Nice.

(3) Les "Gradi di prestazione" sont des indicateurs (spécifiques aux FS) de rampes corrigées [cf. Cahier 6A]

SOURCES

FS/FSCLUP/Torino (1998) [pour ce qui concerne les caractéristiques d'infrastructure] ; SNCF/RM (1980) [pour ce qui concerne les installations de la gare de Breil] ; PARODI (1989) [pour les altitudes].

TABLEAU B1

Ligne Cuneo - Ventimiglia - Infrastructure et profil en long

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	0	70,825	2,884	Fontan Saorge			1 (715)
		76,528	5,702	P.L.A.		(1)	
		77,395	0,867	P.L.A.		(1) Segn. prot. Breil s. R.	
		77,716	0,321	BREIL SUR ROYA <i>(per Nice)</i>		(d) 1	vari
		84,648	14,722	Confine Italo-Francese			
		13,095	1,627	Olivetta S. Michele			—
		11,959	1,136	P.M. Km. 11,959			1 (247)
		11,373	0,586	Airole			—
		4,960	6,413	Bevera			—
		1,551	3,409	Intersez. linea P. Roja-Mentone		Segn. part. P.M. km. 11,959	
		0,567	0,984	P.L.		Segn. prot. Ventimiglia	
		0,340	0,227	P.L.		Segn. prot. Ventimiglia	
		0,000	0,340	<i>(da Nice)</i> VENTIMIGLIA <i>(per Savona)</i>		vari (286-374)	

(a) Piattaforma S.N.C.F. non elettrificata per i mezzi FS. diametro di m. 21.

(b) Solo olio combustibile per il riscaldamento dei treni.

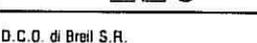
(c) I posti di distribuzione combustibili si trovano nella R.L.

(d) I segnali di partenza di Breil s. R. sono del tipo S.N.C.F.: il loro significato è riportato in P.U.P.O.G.S. parte 1ª.

(1) P.L. automatico sistema S.N.C.F.

TABLEAU B2 (b)

Caractéristiques d'infrastructure sur la ligne Cuneo - Ventimiglia (sens N/S) [FS/FSCLUP/Torino (1998)]

Grado di prestazione	Ascasa %e	Progres-sive chilome-triche	Distanze parziali	LOCALITÀ DI SERVIZIO	Posti di blocco	INDICAZIONI DI SERVIZIO E PROTEZIONE P.L.	Numero e capacità binari	
24 17 1	25 14 0	42,262	8,180	Viewola			1 (748)	
		41,443	0,819	Imbocco gall. Tenda				
		37,649	3,794	Confine Italo-Francese				
		37,270	0,379	Culmine gall. Tenda				
		33,280	3,990	Sbocco gall. Tenda				
		32,945	0,335	P.L.			Segn. part. Viewola (1) Aperto a richiesta	
		31,800	1,145	LIMONE	10		2 (374-390)	
		22,969	8,831	Segn. prot. Vernante	9		1 (319)	
		16,549	6,420	Robilante	8		1 (572)	
		13,751	2,798	P.L.A.			Segn. part. Robilante	
		13,654	0,097	Raccavione				
		13,283	0,371	P.L.A.			Segn. part. Robilante	
		12,050	1,233	Borgo S. Dalmazzo	7		2 (522-544)	
		8,578	8,578	Segn. prot. CUNEO			vari (330-561)	

(1) La protezione è realizzata mediante concessione consenso tra il D.M. di Limone ed il D.C.O. di Breil S.R.
(2) Posto Poller presenziato dalle ore 7.20 alle ore 19.20.

TABLEAU B3 (b)

Caractéristiques d'infrastructure sur la ligne Cuneo - Ventimiglia (sens S/N) [FS/FSCLUP/Torino (1998)]

4.1 Freinage

Sens pair		Sections de freinage	Sens impair	
Rampes caractéristiques	Pentes caractéristiques		Pentes caractéristiques	Rampes caractéristiques
5	15	Nice-Ville (2)	15	12
5	19	Nice-St Roch (3)		
5	25	Drap-Cantaron (1)	17	25
17	20	L'Escarène (3) Breil-sur-Roya		

(1) Ligne à fortes pentes

(2) Ligne à freinage forfaitaire dans les 2 sens

(3) Ligne à freinage forfaitaire sens pair seulement

Engins moteurs munis du FAMAD : 66000 - 66400 - 67000 - 67200 - 67300 - 67400 - D 345 (FS)

Gare chargée de la manoeuvre des dispositifs "Plaine-Montagne" :

- sur Montagne : Breil-sur-Roya

- sur Plaine : Nice-St Roch

TABLEAU B4

Rampes et pentes caractéristiques de freinage sur la ligne Nice - Breil [SNCF/RT-5922 (1996)]

Progr. chilom.	LOCALITÀ DI SERVIZIO	Velocità massima km/h		Grado di frenatura
		A	B	
I 0,00	VENTIMIGLIA <small>Inter. linea P. Roja-Mentone km. 1,551</small>	75	80	I ₃
I 4,96	<i>Bevera</i>			I ₅
I 11,37	<i>Airole</i>			II ₇
I	P.M. km 11,959			
I 13,09	<i>Olivetta S. Michela</i>			
I 77,72	BREIL SUR ROYA <small>Confine It.-Fr. km 14,722-84,648</small>	80		III ₈
I 70,83	Fontan S.			
I 58,13	St. Dalmas d. T.			II ₇
I 54,46	<i>La Brigue</i>			
I 50,44	Tende			
I 42,26	Vievola <small>Imb. Gall. Tenda km 41,443 Confine Fr.-It. km 37,649 Culm. Gall. Tenda km 37,270 Sb. Gall. Tenda km 33,280</small>	85		I ₅ VIII
I 31,80	LIMONE			
I 22,97	Segn. Prot. Vernante			
I 16,55	C.C. km. 18,994 Robilante	90	95	V
I 13,65	<i>Roccavione</i>			
I 12,05	Borgo S. Dalmazzo			
I 8,58	Cippo Km 3,000		90	
I 0,00	Segn. Prot. CUNEO	30	30	

Progr. chilom.	LOCALITÀ DI SERVIZIO	Velocità massima km/h		Grado di frenatura
		A	B	
I 75,67	CUNEO	90	95	I ₅
I 0,00				
I 8,58	Borgo S. Dalmazzo			
I 12,05				
I 13,65	<i>Roccavione</i>			
I 16,55	Robilante <small>C.C. km 18,994</small>	80	85	III ₈
I 22,97	Vernante <small>Dev. U.</small>			
I 31,80	LIMONE <small>Imb. Gall. Tenda km 33,280 Confine It.-Fr. km 37,649</small>			V
I 42,26	Vievola	80		VII
I 50,44	Tende			
I 54,46	<i>La Brigue</i>			
I 58,13	St. Dalmas d. T.			VIII
I 70,83	Fontan S.			
I 77,72	BREIL SUR ROYA <small>Confine Fr.-It. km 84,648-14,722</small>	75		VII
I 13,09	<i>Olivetta S. Michele</i>			
I	P.M. km 11,959			
I 11,37	<i>Airole</i>			V
I 4,96	<i>Bevera</i>			III
I 0,00	Inter. linea P. Roja-Mentone km. 1,551 VENTIMIGLIA			

TABLEAU B5 (a & b)

Vitesses de circulation et caractéristiques de freinage sur la ligne Cuneo-Ventimiglia (sens N/S et S/N) [FS/FSCLUP/ Torino (1998)]

3.1 Sens impair

Voyageurs		AUTOR	V 120		
Messageries				ME 100	
Marchandises					MA 100 MA 90 MA 80
Voies A et B Breil	Nice-Ville			30	30
	Nice-Saint Roch.....	70	60		
Voie C Breil et voie unique	Breil-sur-Roya			50	50

VITESSES LIMITES PARTICULIERES A CERTAINS ENGIN MOTEURS
NICE-VILLE à NICE-ST ROCH : D 345 (FS) limitées à 50 km/h.

3.2 Sens pair

Voyageurs		AUTOR	V 120		
Messageries				ME 100	
Marchandises					MA 100 MA 90 MA 80
Voie unique et voie C Breil	Breil-sur-Roya			50	50
	L'Escarène.....			40	40
	Drap-Cantaron.....	70	60		
	Nice-St Roch.....			50	50
Voies A et B Breil	Nice-Ville			30	30

Sur la ligne à fortes pentes de l'ESCARÈNE à DRAP-CANTARON, les vitesses limites indiquées sont celles des trains mués ou non du FAMAD.

VITESSES LIMITES PARTICULIERES A CERTAINS ENGIN MOTEURS
NICE-ST ROCH à NICE-VILLE : D 345 (FS) limitées à 50 km/h.

TABLEAU B6

Nice-Breil - Vitesses limites de ligne (sens impair et pair) [SNCF/RT-5922 (1996)]

C – GABARITS

C.1. DONNÉES DISPONIBLES

C.1.1. Validations présentes

(a) Ensemble de la ligne Cuneo-Ventimiglia

Sur le plan de l'exploitation, l'ensemble des lignes de Tende est ouvert au gabarit GA (et à la codification P/C 22 sur son parcours italien) [cf. Cahier 1B].

(b) Nice-Breil

Sur Nice-Breil, la ligne était, en 1997, signalée comme comportant un obstacle (ou *point critique*) de 2^{ème} catégorie, c'est à dire engageant le gabarit GA à la vitesse limite de ligne, tant pour les circulations marchandises et messageries, que voyageurs [cf. Encadré C1]. Cet obstacle, localisé dans le tunnel du Col de Braus, est défini comme engageant d'au plus 50 mm le gabarit à une hauteur de 3,88 m, et ce pour une vitesse de circulation de 60 km/h (ce point critique est signalé "en attente des résultats photoprofils du 16.01.1996") [SNCF/IG.EVI.1-Gabarits (1997)].

C.1.2. Caractéristiques génériques

La littérature fournit cependant des indications laissant entrevoir pour ces lignes des caractéristiques d'ouvrages et gabarits plus généreuses que celles relevées ci-avant.

Ainsi, pour ce qui concerne les sections de ligne construites par la France (totalité de la ligne Nice-Breil et tronçon français en vallée de la Roya (Km 63,035 à 82,134), selon DEGENEVE (1994), la compagnie du PLM aurait adopté des sections d'ouvrages largement supérieures à celle des ouvrages ferroviaires français d'alors [l'auteur fait état d'ouvertures de 8,60 m entre piédroits (soit 0,60 m de mieux que la meilleure norme) pour ceux des ouvrages réalisés pour la double voie].

Pour ce qui concerne la partie reconstruite dans le cadre de la convention franco-italienne de 1970, à savoir celle comprise entre les nouveaux points frontière Nord (Col de Tende, Km 37,648) et Sud (Piene, Km 84,648), les objectifs de projet préparés en accord avec les FS et approuvés par les deux gouvernements prévoyaient notamment "le dégagement, à la demande expresse de la Direction des FS, du gabarit électrification dans les souterrains", lequel fut assuré en satisfaisant aux conditions suivantes : "le gabarit de l'enveloppe B est dégagé dans tous les souterrains, y compris, à de rares exceptions près, une garde de 30 cm pour permettre la pose éventuelle de cintres" [SNCF/RM (1980)].

C.2. ENQUÊTE DU GIR MARALPIN

C.2.1. Cadre de l'enquête

Les indications génériques recueillies dans la littérature laissant entendre que les ouvrages souterrains des lignes du Col de Tende présenteraient des caractéristiques favorables au dégagement de gabarits très supérieurs au "Passe partout international" (et de ce fait compatibles avec l'acheminement de convois de transport combiné), il apparaissait nécessaire de s'en assurer en recueillant des données de contours attestées.

L'enquête conduite par le GIR Maralpin a permis de recueillir auprès des administrations ferroviaires française (SNCF) et italienne (FS) plusieurs séries de données dont la nature, la qualité et la représentativité diffèrent, en raison notamment des différences de méthodes, de procédés de mesure, et de procédures de suivi.

C.2.2. Tunnels - Contours d'obstacles et gabarits de circulation (méthodologie)

(a) La gestion des tunnels dans les administrations ferroviaires

La surveillance de la géométrie des ouvrages souterrains répond en premier lieu à des impératifs de sécurité. La catastrophe de Vierzy due à l'effondrement d'une voûte de tunnel n'est sans doute pas étrangère aux dispositions prises en France pour l'auscultation systématique de ce type d'ouvrages. Cette auscultation vise à détecter d'éventuelles déformations plastiques des ouvrages mais aussi à déceler l'incidence de l'entretien des voies (ripages et bourrages) sur le débouché autorisé pour les véhicules en circulation ; elle a enfin pour but d'optimiser l'adaptation des ouvrages et de la voie aux exigences croissantes du trafic fret.

Ce dernier objectif est particulièrement prégnant pour les réseaux ferroviaires de l'ouest européen, notamment français et italien dont les ouvrages ont été réalisés aux dimensions minimales compatibles avec celles du matériel roulant de l'époque.

En dépit de situations similaires, les dispositions prises par les FS et la SNCF (qui ont à gérer respectivement le premier et le second parc européen de tunnels ferroviaires) semblent ne présenter aucune parenté, la gestion FS apparaissant de nature décentralisée, au contraire de la centralisation et de la normalisation françaises dont nous esquissons ci-après une présentation succincte.

(b) La surveillance des débouchés à la SNCF [SNCF/CL/VP/B468]

Cette surveillance est effectuée par les soins de la Direction de l'Équipement (Département des Ouvrages d'art du patrimoine) sur toutes les lignes et à intervalles réguliers (au bout de périodes variables de 5 à 10 ans).

Ces relevés des obstacles (parois et protubérances) sont effectués au moyen d'engins spéciaux (wagons photoprofil) procédant, au défilé (à une vitesse d'environ 1 m/s) et par voie semi-automatique, à l'établissement des photoprofils. Les profils ainsi réalisés à intervalles extrêmement rapprochés sont transcrits informatiquement dans des fichiers contenant l'ensemble des coordonnées des différentes tranches de contour des obstacles d'un ouvrage déterminé.

L'état de la situation : les planches de débouchés et les engagements de contour N

Les données ainsi recueillies sont traitées puis transmises à chacune des 23 Régions SNCF où ont été établies des bases de données "obstacles", recueil exhaustif des éléments signalétiques des différents obstacles, classés par ligne et par kilomètre.

Les données provenant des "wagons photoprofil" et de tout autre système de collecte, y compris relevés manuels, servent ainsi à l'établissement et à la mise à jour du fichier de *planches de débouchés* par tronçon de ligne où sont identifiés tous les engagements du contour désigné "N" comme normal [cf. Encadré C2 & Planche C1]. C'est sur ce fichier que s'appuie chaque étude de transport exceptionnel pour définir les conditions particulières de circulation (interdiction de croisement, décentrement du colis sur une partie du parcours, limitation de vitesse, etc.).

La modélisation d'une situation future

A partir des fichiers informatiques qu'ils ont constitués (et des données complémentaires recueillies sur site par les services locaux), les services spécialisés de l'Équipement (Division des Tunnels du patrimoine), disposent des moyens de modéliser à la demande tous types de simulation de circulations (gabarits, vitesse de circulation) et/ou de travaux (ripage ou abaissement de voies, rescindement de voûtes, etc.) aux fins de réparation ou d'adaptation des ouvrages.

C.2.3. Types d'informations recueillies

En première phase d'investigations, le GIR Maralpin a pu recueillir des données substantielles relatives aux sections suivantes :

- Nice-Breil (ensemble des Planches de relevés d'obstacles) ;
- Cuneo-Viévola (relevés manuels de différentes sections de souterrains).

Pour les données relatives

- au versant sud de la ligne de la Roya, le GIR Maralpin a fait appel à la Division des Tunnels du Patrimoine (Département des Ouvrages d'art du patrimoine ; Direction de l'Ingénierie de la SNCF) et s'est vu aimablement proposer une simulation de réélectrification sur un échantillon d'ouvrages représentatifs [TRÉNAUX Jacques (04.02.1999)] ;
- à l'ouvrage majeur de cette percée sud alpine (le tunnel de Tende), une recherche documentaire a été jugée suffisante.

(a) Versant piémontais et tunnel de Tende (FS) : relevés manuels

Les planches présentent, rapporté au plan de roulement, un fond carroyé à un pas de 20 cm sur lequel est axé le gabarit de chargement italien (*Sagoma limite normale italiano*), lequel déborde légèrement du gabarit international [appelé également "Passe partout international" (PPI) [cf. Cahier 1B, Planche B4] et diffère de peu du gabarit GA de l'UIC [cf. Encadré C2]. Sur une même planche sont superposés les contours-limite d'une série d'ouvrages relevant d'une même section de ligne [cf. Planches C12 & C13].

Ces contours se présentent généralement sous la forme d'un demi-profil en ligne brisée, correspondant vraisemblablement, pour les tracés en courbe, au flanc de l'ouvrage considéré comme le plus critique et le plus restrictif.

Ces dispositions attestent la rusticité des surveillances FS, manifestement assurées par voie manuelle.

Pour ce qui concerne l'ouvrage majeur, à savoir le tunnel de Tende, la précarité de ces relevés a conduit à entreprendre des recherches documentaires [cf. Encadré C3].

(b) Nice-Breil : planches de débouchés

Les planches de débouchés regroupent chacune, elles aussi, les profils-limite de plusieurs ouvrages. Deux contours de référence sont portés sur chacune d'elles :

- le gabarit de chargement GA qui définit l'encombrement du matériel roulant communément autorisé à circuler sur la majorité du réseau français [cf. Encadré C2],
- le contour N représentant le débouché devant être communément dégagé [cf. ibidem & Planche C1].

Les profils-limite étant issus de photoprofiles [cf. supra], leur tracé ne présente pas de discontinuité. Cependant, seules en sont représentées les portions engageant le contour N, contour au delà duquel il n'y a pas lieu d'appeler l'attention des responsables de l'infrastructure, comme de l'exploitation [cf. Planches C10 & C11].

(c) Simulation "GB1 + Electrification 25 kV" (Vallée de la Roya et Tunnel du Braus)

Les caractéristiques dimensionnelles des ouvrages des sections les plus récentes des lignes du Col de Tende paraissant l'autoriser, une simulation simplifiée a été d'emblée tentée avec les paramètres les plus péjorants suivants :

- vitesse de circulation : 90 km/h [vitesse supérieure à la vitesse de ligne actuelle],
- gabarit cinématique GB1 (ex B+) [autorisant le chargement de conteneurs océaniques sur plateformes standard],
- électrification 25 000 V alternatif [requérant les conditions d'isolement maximales].

Afin de restreindre le nombre de simulations, le choix a porté sur deux groupes d'ouvrages, chevauchant l'un et l'autre chacune des anciennes frontières de Piene (au sud) et de Fontan (au nord) points d'aboutissement de chantiers réalisés à des dates, selon des modalités, et avec des directives différentes.

Ces deux jeux ont été complétés par une simulation témoin sur le tunnel du Braus [cf. Planche C2].

Les planches issues de ces simulations [cf. Planches C3 à C9] comportent chacune deux graphes :

- un profil de débouché minimum
- un profil type

On reconnaît dans le gabarit représenté l'enveloppe du gabarit cinématique GB1 surmontée de l'enveloppe du dispositif "*pantographe + caténaire*" dont la partie sommitale représente le contour d'isolement pour la tension adoptée. Ces dispositions correspondent à la hauteur standard du fil de contact (à savoir 4 720 mm).

C.3. ANALYSE DES DONNÉES

C.3.1. Simulation "GB1 + Electrification 25 kV" (Vallée de la Roya et Tunnel du Braus)

(a) Échantillonnage

Comme indiqué en C.2.3.(c), les tunnels faisant l'objet de la simulation ont été sélectionnés de manière à disposer de témoins représentatifs des caractéristiques dimensionnelles adoptées par les administrations ferroviaires impliquées dans la construction de la ligne.

La Planche C2 permet d'identifier et de localiser l'ensemble des ouvrages retenus dans cette sélection où figurent 3 ouvrages du PLM [l'un sur la branche Nice-Breil (*Col de Braus*), les deux autres sur Breil-Frontière nord (*Frontière & Malaba*)] et 3 ouvrages des FS [deux sur la branche sud (*Fromentino & Arme*) et le troisième sur la branche nord (*Porcarezzo*)] [cf. Planches A1 & A2].

(b) Profils-type [cf. Planches C3 à C9]

L'examen des profils particuliers, tous de forme ovoïdale prononcée, permet de dresser d'emblée trois constats :

- (1) du fait de leur dimensionnement généreux, les débouchés d'ouvrages autorisent tous le gabarit "GB1 + électrification 25 kV", et ce, avec de très spacieuses marges ;
- (2) si l'on excepte le cas du tunnel du *Col de Braus* (réalisé pour la double voie), les cinq autres (conçus pour la voie unique) se regroupent en deux classes :
 - les ouvrages PLM (*Malaba & Frontière*) qui offrent tous deux un dégagement de plus de 500 mm (600 mm pour le premier, 700 pour le second) *au dessus de la limite supérieure* du contour d'isolement,
 - les ouvrages FS (*Porcarezzo, Fromentino* et *Arme*), qui offrent également un dégagement moindre, mais supérieur à 100 mm (respectivement 300, 120 et 140 mm)
- (3) les ouvrages FS présentent, vis à vis de leurs homologues PLM à voie unique, en contrepartie d'une moindre hauteur, une plus grande ampleur latérale (c'est surtout le cas des ouvrages *Porcarezzo & Fromentino* dont la plus grande largeur atteint 5,50 m en regard des 5,10 m de l'*Arme* et des 5,0 m des ouvrages du PLM).

(c) Singularités

Deux ouvrages présentent des singularités, il s'agit de :

- *Fromentino* où le débouché minimum affiche un important engagement du gabarit électrification, situé en voûte et dénotant la présence d'une poutraison ;
- *Col de Braus* où le débouché minimum dénote un engagement du gabarit sur le couloir réservé à une seconde voie, engagement attribuable à des travaux de confortement de voûte et piédroit sous convergences.

C.3.2. Planches de débouchés critiques de Nice-Breil

(a) Ventilation des profils

Les débouchés des souterrains de la ligne Nice-Breil sont regroupés sur cinq planches (sur lesquelles sont également portés les contours de rares passages supérieurs) :

- du Km 000,856 au Km 001,511 [Tunnel *Carabacel* (DV)] (segment 00459),
- du Km 003,572 au Km 004,286 [Tunnels : *La Roche, Bon Voyage*] (segment 02030),
- du Km 007,591 au Km 014,847 [Tunnels : *Moulin, Serradone, Moulin de Cantaron, Ribosse, Thuet, Châteauvieux, La Launa*] (segment 00460),
- du Km 015,718 au Km 020,827 [Tunnels : *Bouisses, Nogairat, Coletta, Molin-Novo, La Verna, Santa-Augusta, L'Ecluse*] (segment 00460),
- du Km 22,400 au Km 044,086 [Tunnels : *Brec, Coalongia* (Escarène), *Col de Braus* (DV), *Mont-Grazian* (DV), *Bancao, Caranca* (DV)] (segment 00460).

N.B. Sont répertoriés "DV" les ouvrages conçus pour une double voie.

(b) Faciès des débouchés [cf. Planches C10 et C11]

Aux fins d'allègement, ne sont reproduites dans le présent document que les deux dernières des planches de débouchés inventoriées ci-avant.

La quasi totalité des débouchés critiques de tunnels conçus pour la voie unique n'empiète que fort modérément sur le Contour N de référence [cf. Planches C10 & C11]. Les hauteurs de voûte se révélant très supérieures à celle du contour de référence, ces empiètements ne se manifestent pratiquement qu'aux angles supérieurs de ce dernier. À ces approximations près, on peut considérer (à quelques singularités près examinées ci-après) que le Contour N s'inscrit pratiquement dans les débouchés critiques inventoriés par la Division de Transports spéciaux de la SNCF.

Les dimensions du gabarit enveloppe adopté pour la simulation (gabarit cinématique GB1 pour 90 km/h coiffé d'un contour d'isolement pour l'électrification à 25 kV) relevées sur les Planches C3 à C9 sont les

suivantes : largeur maximale 3,46 m ; hauteur maximale 5,27 m. Ce gabarit enveloppe s'inscrit aisément en largeur dans le Contour N (largeur : 4,20 m ; hauteur 4,80 m), mais le dépasse en hauteur d'un peu moins de 0,50 m. Le tracé ogival des profils de débouchés (tronqués dans leur partie supérieure pour des raisons de transcription graphique) atteste que ce dégagement de 0,50 m est, sauf singularités, largement assuré par la forme des voûtes.

En conclusion, hormis quelques points singuliers résultant de déformations locales importantes ou d'insertions d'obstacles, l'ensemble des ouvrages de la ligne Nice-Breil devrait se prêter, sans même remaniements notables de l'assiette de la voie, à une électrification sous 25 kV tout en dégageant le gabarit GB1.

(c) Singularités

Trois ouvrages, les tunnels du *Col de Braus*, du *Mont-Grazian* et de *Caranca* [cf. Planche C11] présentent des singularités susceptibles d'engager le gabarit recherché et même [cf. C.1.1.] le gabarit GA. pour le premier. Ces singularités semblent devoir être attribuées à des travaux de confortement de convergences et déformations résultant d'une géologie particulièrement difficile [cf. Encadré A1].

Ces ouvrages ayant été conçus pour la double voie, le dégagement de gabarit peut s'obtenir par simple ripage de la voie vers l'axe du tunnel. Cette solution n'apparaît cependant pas souhaitable dans la mesure où elle condamnerait la mise à double voie du tronçon sommital (Tunnel du *Col de Braus*) de la ligne Nice-Breil, et par voie de conséquence, la valorisation de ses potentialités.

C.3.3. Relevés manuels du versant piémontais et du tunnel de Tende (FS)

(a) Ventilation des relevés critiques

Les relevés critiques de profils d'ouvrages de la section de ligne Cuneo-frontière sont regroupés sur trois planches (sur lesquelles sont également portés les contours d'un pont et de certains quais de gare) :

- de Cuneo à Vernante [galerie *Altipiano*, *Corte Soprana*, *San Giovanni*] ;
- de Vernante à Limone [galerie *Rivoira*, *Santa Lucia Nocchetta*, *Mezzavia*, *Boglia*, *Cresta Molino*, *Rocciaia*] ;
- de Limone à la frontière située à l'intérieur du tunnel de Tende au Km 37,649 (section de ligne prévue pour une double voie) [galerie *Limone & Tenda*]

On remarquera que l'important tunnel *elicoidale* (1502 m), situé en amont immédiat de Vernante, ne figure pas sur cet inventaire.

(b) Faciès des relevés [cf. Planches C12 et C13]

Aux fins d'allègement, ne sont reproduites dans le présent document que les deux dernières des planches de relevés critiques inventoriées ci-avant.

On prêtera une attention particulière au fait que ces relevés sont *restreints* au *demi-profil latéral le plus critique* et qu'ils n'atteignent en aucune circonstance la voûte de l'ouvrage. Cet état de fait exclut toute estimation de largeurs disponibles entre piédroits.

L'allure de ces relevés (notamment aux aplombs des arêtes d'angles de chargement) ne permet pas d'augurer le dégagement aisé de gabarits largement supérieurs au gabarit actuellement autorisé.

C.3.4. Profil nominal du tunnel de Tende

(a) Relevés particuliers

Section centrale remaniée

Dans le cadre des nouvelles réglementations italiennes relatives à la sécurité des tunnels ferroviaires d'une longueur supérieure à 5000 m, un relevé a été récemment dressé de la configuration de l'ouvrage [FS/UPC/GCT (1998)]. A cet état a été joint une section de l'ouvrage [cf. Planche C14].

Cette section correspond à une zone ayant fait l'objet d'une reprise de voûte suite à un effondrement. Cette zone est située de toute évidence au sud du point de captage des sources souterraines alimentant le dénommé "Acquedotto delle Langhe" [cf. Encadré C3].

Les cotes relevées sur cette coupe au profil en anse de panier sont les suivantes :

- largeur maximale : 8,30 m (à la cote de 1,96 au dessus du plan de roulement),
- largeur au niveau du plan de roulement : 7,80 m,
- hauteur maximale au dessus du plan de roulement : 6,20 m,

Tête nord du tunnel

Un relevé manuel effectué à la tête nord de l'ouvrage indique les cotes suivantes [cf. Planche C15] :

- largeur maximale : 8,35 m,
- hauteur maximale au dessus du plan de roulement : 6,20 m,

lesquelles se révèlent en cohérence avec les précédentes.

(b) Section type

Dossier CCIA/Cuneo

Le dossier de demande de rétablissement de la ligne Cuneo-Nice constitué en 1952 par le Comité italien de la Conférence permanente des Chambres de commerce des régions frontières françaises et italiennes [CCIA/Cuneo (1952)] renferme une section type du tunnel [cf. Planche C16].

Cette section type en anse de panier affiche les cotes suivantes :

- largeur maximale : 8,15 m,
- hauteur maximale au dessus du plan de roulement : 6,00 m.

Dossier ACA-Langhe

Il est également possible de se référer aux données figurant dans les dossiers de *l'Azienda Consortile per l'Acquedotto delle Langhe ed Alpi Cuneesi* relatifs à la mise en place entre 1985 et 1988 d'un aqueduc dans le tunnel [cf. Encadré C3], où la section type [cf. Planche C17] affiche les cotes suivantes :

- largeur maximale : 8,30 m,
- largeur au niveau du plan de roulement : 7,80 m,
- hauteur maximale au dessus du plan supérieur du travelage (?) : 6,35 m,

cotes qui se révèlent sensiblement supérieures aux cotes de la section type CCIA et identiques à celles adoptées sur la section centrale remaniée [cf. ci-avant en (a)].

C.4. ÉVALUATION

C.4.1. Classes d'ouvrages

(a) Ouvrages du versant nord

Le dimensionnement étriqué des débouchés des tunnels du versant nord [cf. Planches C12 & C13] est attesté par la chronique des travaux d'électrification de la ligne.

Selon COLLIDÀ (1982) "Les travaux (d'électrification) débutèrent à l'automne 1928 et s'achevèrent au printemps 1931. ...Il ne fut pas aisé de mettre en place les fils d'alimentation et d'assurer le contact correct des trolleys. Dans certains tunnels il fallut abaisser la voie et entailler la voûte".

L'interprétation de ces indications doit tenir compte des caractéristiques de cette électrification triphasée : celle-ci requiert deux fils de contact disposés sur un plan parallèle à celui de la voie. A cette fin les fils de contact, distants d'environ un mètre, sont fixés sur la corde d'un arc, lui même aisément positionnable et orientable sur son support (voûte d'ouvrage ou potence). L'encombrement de l'ensemble du dispositif est relativement modique d'autant que les distances d'isolement sont faibles en raison de la basse tension d'alimentation.

(b) Le tunnel du Col de Tende

Les côtes nominales de son débouché [cf. Planches C14, C15, C16 & C17] apparaissent être les suivantes [cf. C.3.4.] :

- hauteur à la voûte : 6,00 m (+ 0,30 ; - 0,00)
- largeur maximale : 8,25 m (+ 0,10 ; - 0,10)
- largeur aux piédroits : 7,82 m (+ 0,03 ; - 0,02)

Son dimensionnement se révèle donc plus ample que celui du Fréjus [cf. Cahier 6B]. Cette différence semble imputable à l'initiative prise par le Conseil supérieur des travaux publics italien lors du choix du projet d'outrepasser les normes en cours à l'époque [cf. Encadré C3].

(c) Sections du versant sud du Col de Tende construites sous administration italienne

Largement postérieurs à la réalisation du tunnel et contemporains des premières électrifications, les souterrains des sections Vievola – Gorges du Paganin (ancienne frontière nord) et Pièna (ancienne frontière sud) – Ventimiglia [cf. Planche A3] offrent des débouchés largement compatibles avec le gabarit GB1 [cf. Planches de modélisation C3, C6 & C7 (tunnels *Porcarezzo*, *Fromentino* et *Arme*)], et manifestement plus amples que ceux du versant nord du col.

(d) Ligne Nice – Breil et section en vallée de la Roya construite par le PLM

Les modélisations effectuées sur les souterrains *Frontière*, *Malaba* et *Col de Braus* [cf. Planches C4, C5 & C8], ainsi que les planches de débouchés de l'ensemble des ouvrages de la ligne Nice-Breil [cf. Planches C10 & C11], attestent le parti adopté alors par le PLM de disposer de débouchés d'ouvrages très amples tant en largeur qu'en hauteur, alors prévus pour des électrifications éventuelles (par troisième rail ou caténaïres), et aujourd'hui compatibles avec les plus importants gabarits de chargement autorisés en France (GB et GB1).

C.4.2. Valorisation de la ligne et diagnostic relatif au dégagement du gabarit GB1

(a) Objectifs de capacité

La valorisation de la ligne, tant pour l'établissement de liaisons voyageurs directes entre le Piémont et les deux Riviéras que pour celui fret international, ne peut guère se concevoir que par électrification/réélectrification assortie du dégagement du gabarit GB1, avec deux principaux niveaux de capacité et de qualité d'acheminement.

Le premier, qui repose sur la consistance actuelle des infrastructures et une exploitation en voie unique de bout en bout, implique la systématisation des créneaux d'attente aux voies d'évitement aux fins de croisement/dépassement de convois, créneaux dont le nombre s'accroîtra avec l'augmentation des circulations. Ces servitudes affecteront la plupart des sillons à l'exception de quelques uns d'entre eux réservés à des circulations privilégiées.

Un second niveau de capacité et de qualité pourrait être atteint en créant des sections à double voie de croisements/dépassements actifs dans celles des plus importantes zones où les emprises le permettent, et notamment à chacun des tunnels de faite, celui du Col de Tende (avec une plateforme disponible de près de 11 km entre Limone et Viévolà), celui du Col de Braus (avec une plateforme disponible de plus de 7 km entre Touet et la tête est du tunnel).

(b) Diagnostic sur les moyens à mettre en œuvre pour le dégagement du gabarit GB1

Versant nord de la ligne

Les données recueillies révèlent une indiscutable étroitesse des débouchés des ouvrages correspondants (à l'exception sans doute des souterrains *Altipiano* et *Angeli* de la section Cuneo-Altipiano – Borgo San Dalmazzo, section construite beaucoup plus tardivement [cf. A.3.3.]).

Pour ces ouvrages, notamment l'*Elicoidale*, selon des sources FS [DANIELE Michelangelo (16.02.1999)], le dégagement du gabarit GB1 ne pourra vraisemblablement s'effectuer sans abaissement de la voie et, sans doute, pose sur dalle, disposition susceptible de s'imposer également sur certains viaducs contigus (notamment le viaduc de *Rivoira* contigu à l'*Elicoidale*) aux fins de ménager le profil en long [cf. Planches A1 & A2].

Restant de la ligne (antenne Breil-Nice comprise)

Hormis quelques courtes zones ayant pu faire l'objet d'interventions engageant leur débouché nominal, l'ensemble des souterrains du restant de la ligne peut être considéré comme ouvrable au gabarit GB1 sans opération lourde (autre que ripages, légers abaissements de voie, ou modiques rescindements).

Tunnel de faite du Col de Tende

Le léger surdimensionnement du Tende vis-à-vis du Fréjus devrait augurer la possibilité de dégager le gabarit GB1 sur deux voies, sans autre gros œuvre que

- la reprise des confortements réalisés au détriment du débouché sur 150 m sur la section française [cf. Encadré C3],
- la reprise du cuvelage sur environ 3 km de la section italienne aux fins d'enfouissement de la canalisation de l'aqueduc des Langhe [cf. Encadré C3].

Tunnel de faite du Col de Braus

Le large dimensionnement du débouché nominal offre la possibilité de dégager sans intervention lourde le gabarit GB1 sur deux voies le long d'une grande partie de l'ouvrage.

En revanche, la reprise des confortements réalisés pour pallier des déformations de voûte sous l'effet des convergences [cf. Encadrés A1 & C3], apparaît comme une entreprise délicate et importante en raison de son ampleur.

ENCADRÉ C1

Gabarits - Points critiques du réseau SNCF

Gabarits normalisés et points critiques

L'adoption en 1913, dans le cadre d'accords internationaux, d'un gabarit "Passe partout international" (PPI) s'ajustant sur la plupart des gabarits continentaux européens les plus restrictifs (ceux notamment d'Europe de l'ouest dont la France), allait être le point de départ d'une normalisation tendant à promouvoir le dégagement de débouchés répondant à des demandes croissantes d'acheminement de chargements plus encombrants. Ainsi, au gabarit PPI (renommé 3.1) se surimpose en 1966 le GA, puis, plus récemment, les GB, GB1 (en cours de dégagement sur certaines des principales lignes du réseau français), et, en Europe centrale et nordique (aux dimensions d'ouvrage plus généreuses), le GC [cf. Cahiers C1A & C1B].

En France, le dégagement des deux premiers de ces gabarits (3.1. & GA) est quasiment acquis sur l'ensemble du réseau, à l'exception de quelques lignes du Massif Central et de quelques points singuliers, désignés *points critiques* (ou *obstacles*) dont la localisation et les caractéristiques sont recensées par les Services centraux de la SNCF.

Catégorisation des points critiques à la SNCF [MÉNESSIER Alain (04.02.1999)]

Sont considérés comme de *1^{ère} catégorie* les lignes ou obstacles engageant le gabarit 3.1 (ou gabarit international).

Sont considérés comme de *2^{ème} catégorie* les lignes ou obstacles engageant le gabarit GA. Des distinctions sont à faire selon la vitesse et la nature des convois, l'engagement de gabarit à la vitesse maximale des circulations voyageurs étant supérieur à celui résultant d'une circulation messageries ou marchandises de vitesses maximales plus réduites.

ENCADRÉ C2

Débouchés de tunnels et profils d'obstacles (Éléments pour l'interprétation des données recueillies)

Gabarits statiques, dynamiques et limite d'obstacles (rappels) [cf. Cahiers 1A & 1B]

Pour être mis en circulation, un véhicule ferroviaire et son chargement éventuel doivent s'inscrire dans un *gabarit de chargement* autorisé sur la ligne et le (ou les) réseau(x) emprunté(s).

En circulation, les véhicules engagent un *gabarit cinématique* dont le contour dépend d'un certain nombre de paramètres, dont le tracé de la voie (dévers, rayon de courbure) et la vitesse limite de circulation.

Afin de s'affranchir de tout risque, un espace de sécurité est préservé entre la contour limite du gabarit cinématique et les obstacles se présentant le long des voies, définissant ainsi un *gabarit limite d'obstacle*.

Le gabarit de chargement GA de l'UIC

Ce gabarit UIC correspond aux matériels et chargements courants (matériels voyageurs et marchandises) ; il englobe le gabarit international [ou "passe partout international" (PPI)] et autorise le chargement sur wagons standard (hauteur de plancher : 1,18 m) de caisses mobiles ainsi que de conteneurs de 8' 6 1/2" de hauteur.

Le réseau SNCF est dit "ouvert" au gabarit GA, hormis quelques points appelés points critiques [cf. Encadré C1] et quelques lignes du Massif Central où ce gabarit n'est pas dégagé.

La *Sagoma limite normale italiana*, gabarit de chargement spécifique aux FS

Ce gabarit de chargement spécifique aux FS se réfère au PPI [cf. supra & Cahier 1B, Planche B4] qu'il englobe. Il se distingue de tous les gabarits de l'UIC par sa surlargeur (3200 mm au lieu de 3150 mm). En revanche, ses autres cotes sont sensiblement plus étriquées (cote maximale : 4300 mm au lieu de 4320 mm pour GA, GB & GB1 ; dégagement aux angles moindre, même vis à vis du GA).

Le Contour N d'implantation nominale de la SNCF [MENNESSIER (1998)]

C'est le débouché à réserver pour toute nouvelle implantation d'obstacle le long des lignes banales de la SNCF.

Les parties latérales de ce contour sont verticales et, en alignement, distantes de 2,10 m par rapport à l'axe de la voie ; en courbe, elles sont majorées de :

- la saillie S_e (saillie autorisée des parties du matériel roulant situées entre les pivots de bogies), pour les parties situées à l'extérieur de la courbe ;
- $2,2 d + S_i$ (où d est le dévers et S_i la saillie pour les parties situées à l'intérieur de la courbe).

En hauteur, le contour N est délimité par une horizontale située à 4800 mm du plan de roulement pour une voie en alignement, et à $4800 \text{ mm} + d/2$ du rail bas de la voie considérée en courbe [cf. Planche C1].

Sur les itinéraires empruntés par des transports exceptionnels particulièrement encombrants, un contour appelé "N majoré" doit être dégagé.

ENCADRÉ C3

Génèse et avatars du tunnel de Tende Obstacles et débouchés

Conception de l'ouvrage

Selon COLLIDÀ (1982), p. 112, "le *Consiglio superiore dei lavori pubblici* (Conseil supérieur des travaux publics) de décembre 1888 avait à faire choix entre trois projets : deux de la *Direzione tecnica governativa* [de 8100 m et de 9150 m] et un de *Rete Mediterranea* (RM) [de 8375 m]. Le premier projet gouvernemental et celui de la RM étaient similaires avec la même entrée nord et des débouchés situés respectivement en rive gauche et rive droite de la Roya, l'étude RM présentant un gabarit plus ample. Le choix du Conseil supérieur des travaux publics se porta sur le projet gouvernemental de 8100 m assorti des dimensionnements suggérés par la RM".

La collecte des sources souterraines

Incidents de forage et venues d'eau

Ainsi que relaté par ailleurs [cf. Encadré A1], le percement du tunnel se heurta à de très grandes difficultés se manifestant par d'importantes venues d'eau et de boues accompagnées d'effondrements.

Ainsi que relaté par COLLIDÀ (1982), p. 116, les principaux incidents se produisirent entre 1625 m et 1668 m du portail sud (effondrement du lit de la Roya à l'aplomb des travaux) et entre 2898 m et 3023 m du portail nord.

Les très importantes venues d'eau du secteur nord se sont révélées pérennes avec un débit moyen s'établissant à 400-450 l/s (minimum 200 l/s, maximum 1000 l/s). Ces eaux d'excellente qualité ont été initialement utilisées en partie pour des établissements locaux de Limone et majoritairement déversées dans la Vermenagna [COLLIDÀ (1982), p. 116].

L'aqueduc des Langhe [ACA-Langhe (2000)]

Depuis 1988, à l'issue de travaux entrepris en 1985 aux fins d'alimenter l'*Acquedotto delle Langhe* (Aqueduc des Langhe), les eaux des émergences souterraines y sont captées et acheminées sur 2560 m, à raison de 250 l/s, par une conduite surélevée de 700 mm de diamètre longeant le piédroit ouest du tunnel [cf. Planches C15 & C17].

Travaux de réfection

Dans le cadre des travaux de reconstruction et de remise en état de la ligne, la partie française du tunnel [de la frontière (Km 37,648) au portail sud (Km 41,442)] fit l'objet de nombreux travaux (1976-1979). Ainsi, il se révéla nécessaire d'éliminer, drainer et collecter de nombreuses venues d'eau ; une zone déformée et très humide de 150 m de longueur (du PM 3428 à 3440 et du PM 3495 à 3633) fit l'objet d'un chemisage sans rescindement [SNCF/RM (1980)] ; de longues sections de l'extrados furent traitées par injections de coulis afin de garantir la tenue de la voûte ; reprises partielles de radier dans les zones du Trias, avec reconstruction totale entre les PM 710 et 732 ; construction d'un caniveau latéral destiné à pallier le sous-dimensionnement du caniveau central sur une longueur de 300 m" [SNCF/RM (1980)].

Sécurisation

Dans un souci de renforcer la sécurité des personnes, les autorités italiennes viennent d'élaborer un document d'orientations générales [FS/Italfer/MI (1997)] portant sur de nouvelles dispositions à observer relativement aux souterrains ferroviaires de longueur supérieure à 5000 m, en distinguant trois catégories d'ouvrages : existants, en construction, et en projet.

Ces directives ont conduit à dresser un état des lieux du tunnel de Tende [FS/UPC/GCT (1998)] qui, par ses dispositions (78 niches, 5 refuges et 3 chambres) semble compatible, sans remaniement de gros œuvre, avec les aménagements à prévoir dont le plus important est l'amélioration de l'accès d'intervention à la tête nord (Limone).

RÉFÉRENCES

ACA-Langhe (2000)

Azienda Consortile per l'Acquedotto delle Langhe ed Alpi Cuneesi (Italia)
Communication du Dott. Cinzia BOSSA, Direttore, à Dott. Giuseppe FISSORE (03.05.2000)

CCIA/Cuneo (1952)

Riattivazione della linea ferroviaria Cuneo-Nizza con capolinea italiano a Torino
Conferenza permanente delle camere di Commercio delle zone di frontiera italiane e francese –
Commissione Italiana ; Convegno di Torino, Luglio 1952

COLLIDÀ Franco (1982)

Cuneo-Nizza – Historia di una ferrovia
(Contributions de Max GALLO et de Aldo Alessandro MOLA)
Edito dalla Cassa di Risparmio di Cuneo ; Istituto grafico Bertello, Borgo San Dalmazzo (CU) ; Luglio
1982, 288 pages.

DANIELE Michelangelo (16.02.1999)

Série de notes communiquées à Giuseppe FISSORE

DEGENÈVE Gilles (1994)

Les souterrains ferroviaires français : un patrimoine à l'originalité méconnue
Revue de l'Association française des amis du chemin de fer ; n° 426 – 1994/3 ; pp. 4-12.

FS/Italfer/MI (1997)

Orientations générales pour l'amélioration de la sécurité des tunnels ferroviaires
Groupe de travail mixte FS – Direction des Pompiers ; Décret ministériel 03/96, Fascicule 4101
Ministère de l'Intérieur, Direction générale de la Protection civile et des Services de lutte contre l'incendie
FS/ASA/RETE – Italfer/SIS/TAV ; Roma, 25.07.1997 ; 54 pages (version française)

FS/ULCT/S/C-Cf

Linea Cuneo-Ventimiglia – Sezione Cuneo-Confine francese (sagome)
Ferrovie dello Stato – Ufficio Lavori Comp. Torino.

FS/UPC/GCT (1998)

Dati tecnici galleria Colle di Tenda
Dati tecnici gallerie tratta Cuneo - Confine francese ; Tronco 31-4L Cuneo ; Cuneo, 23.03.1998.

MÉNESSIER Alain (1998)

Note sur les gabarits
SNCF ; Direction de l'Ingénierie, Département des Études Voie (IG-EV-I1) [ex VPN 1] ; Note
G7011/VPN1/AM, 4 pages, 4 planches.

MÉNESSIER Alain (04.02.1999)

SNCF ; Direction de l'Ingénierie, Département des Études Voie (IG-EV-I1)
Paris ; entretien avec l'auteur.

SNCF/BTE/945460 (1998)

Etat de mise à jour des relevés d'obstacles et d'entraxes ; Classement géographique : 945000, Segment :
00460 ; du km 6,100 au km 44,086
SNCF – Bureau des Transports Exceptionnels (BTE) ; le 19 mai 1998 ; 3 calques, 1 listing.

SNCF/CL/VP/B468

Organisation de la surveillance du débouché des tunnels ferroviaires – Adaptation des ouvrages aux
nouveaux gabarits de trafics marchandises
SNCF ; document référencé CL/VP/B468 ; 21 pages dont 13 planches couleur.

SNCF/IG-EV11-Gabarits (1997)

Points critiques de seconde catégorie (engageant le gabarit GA)

- (1) Cartes schématiques des lignes SNCF : (a) Lignes comportant des obstacles engageant le gabarit GA à vitesse MA (marchandises) ou ME (messageries) - Annexe 2, pièce 1 ; (b) lignes comportant des obstacles engageant le gabarit GA à vitesse limite - Annexe 3, pièce 1 (gabarits GA - VL).
- (2) Inventaire des points critiques de 2^{ème} catégorie – Annexe 2, pièce 2 – Réseau SUD-EST, page 4.
- SNCF - IG - EVI1 Gabarits, Situation au 31 décembre 1997.

SNCF/Infr/BTE/945 (1998)

Etat de mise à jour de relevés d'obstacles - Classement géographique 945000

Segments de voie 00459 (du Km 000,000 au Km 0002,790) - 02030 (du Km 002,343 au Km 006,100) - 00460 (du Km 006,100 au Km 044,086)

Société Nationale des Chemins de fer Français ; Infrastructure, Bureau des transports exceptionnels (BTE) ; Relevés photocastan, 5 calques à l'échelle 0,1.

SNCF/RM (1980)

Ligne Coni - Breil sur Roya - Vintimille - Reconstruction et équipement de la section de ligne située en territoire français

SNCF - Région de Marseille ; 1980, 40 pages, 3 planches.

TRÉNAUX Jacques (04.02.1999)

Division des Tunnels du Patrimoine ; Département des Ouvrages d'art du patrimoine ; Direction de l'Ingénierie (IG.OPT) ; SNCF - Paris

Paris, le 2 février 1999 ; entretiens avec l'auteur.

PLANCHES (Section C)

Planche C1

Gabarit d'implantation nominale des obstacles hauts – Contour N (voie en alignement et voie en courbe [MÉNESSIER Alain (1998)])

Planche C2

Débouché des tunnels de l'étoile de Breil – Simulation sommaire de l'électrification-réélectrification – Localisation et caractéristiques des ouvrages-témoin [TRÉNAUX Jacques (04.02.1999)].

Planche C3

Section Tunnel de Tende - Breil – Profil particulier et débouché minimum du tunnel *Porcarezzo* [TRÉNAUX Jacques (04.02.1999)]

[longueur : 1249,45 m ; R 400 m ; Km origine : 059,853 ; Construction : Italie – FS (1915)]

Planche C4

Section Tunnel de Tende - Breil – Profil particulier et débouché minimum du tunnel *Frontière* [TRÉNAUX Jacques (04.02.1999)]

[longueur : 742,56 m ; rectiligne ; Km origine : 063,061 ; Construction : PLM (1924)]

Planche C5

Section Tunnel de Tende - Breil – Profil particulier et débouché minimum du tunnel *Malaba* [TRÉNAUX Jacques (04.02.1999)] - [longueur : 388,38 m ; rectiligne ; Km origine : 063,833 ; Construction : PLM (1924)]

Planche C6

Section Breil - Ventimiglia – Profil particulier et débouché minimum du tunnel *Fromentino* [TRÉNAUX Jacques (04.02.1999)] - [longueur : 644 m ; rectiligne ; Km origine : 082,425 ; Construction : Italie – FS (1915)]

Planche C7

Section Breil - Ventimiglia – Profil particulier et débouché minimum du tunnel *Arme* [TRÉNAUX Jacques (04.02.1999)] - [longueur : 333 m ; rectiligne ; Km origine : 083,202 ; Construction : Italie – FS (1915)]

Planche C8

Ligne Nice - Breil – Profil particulier du tunnel du *Col de Braus* [TRÉNAUX Jacques (04.02.1999)]
[longueur : 5938,8 m ; rectiligne ; Km origine : 025,336 ; Construction : PLM [double voie] (1922)]

Planche C9

Ligne Nice - Breil – Débouché minimum du tunnel du *Col de Braus* [TRÉNAUX Jacques (04.02.1999)]
[longueur : 5938,8 m ; rectiligne ; Km origine : 025,336 ; Construction : PLM [double voie] (1922)]

Planche C10

Nice - Breil – Profils critiques du Km 015,718 au Km 020,827 [Tunnels : *Bouisses, Nogaret, Coletta, Molin-Novo, La Verna, Santa-Augusta, L'Ecluse*] [SNCF/Infr/BTE/945 (1998)]

Planche C11

Nice - Breil – Profils critiques du Km 22,400 au Km 044,086 [Tunnels : *Brec, Coalongia* (Escarène), *Col de Braus* (DV), *Mont-Grazian* (DV), *Bancao, Caranca* (DV)] [SNCF/Infr/BTE/945 (1998)]

Planche C12

Cuneo - Col de Tende – Relevés critiques de profils d'ouvrages de la section de ligne Cuneo-Vernante [gallerie *Allipiano, Corte Soprana, San Giovanni*] [FS/ULCT/S/C-Cf]

Planche C13

Cuneo - Col de Tende – Relevés critiques de profils d'ouvrages de la section de ligne Vernante-Limone [gallerie *Rivoira, Santa Lucia Nocchetta, Mezzavia, Boglia, Cresta Molino, Rocciaia*] [FS/ULCT/S/C-Cf]

Planche C14

Tunnel de Tende – Coupe d'une reprise de voûte suite à effondrement [FS/UPC/GCT (1998)]
Le confortement et la reprise de la voûte sont assurés par des tirants (tiranti) et sa décharge par des forages drainants (fori drenante).

Planche C15

Débouché tête nord du tunnel de Tende [document FS aimablement communiqué à Michelangelo DANIELE (18.01.2000)]
En piedroit Est, on distingue le muret de bordure de la cunette (spaletta cumetta) longeant la voie depuis le point de captage situé au Km 35,870 (soit sur 2590 mètres) pour abriter la conduite de l'aqueduc des Langhe (Acquedotto delle Langhe).

Planche C16

Section type du tunnel ferroviaire de Tende [CCIA/Cuneo (1952)]
La facture du tracé (hachures) et les erreurs flagrantes de cotes attestent l'inauthenticité de cette section type qui n'est (au mieux) qu'une reproduction maladroite d'un dessin d'origine.

Planche C17

Section type du tunnel ferroviaire de Tende [ACA-Langhe (2000)]
La conduite d'adduction de l'aqueduc des Langhe (acier ; diamètre : 700 mm ; longueur en galerie ferroviaire : 2560 m) est supportée, à intervalles de 1,50 m, par des selles en béton armé chevauchant le fossé de drainage.

VOIE EN ALIGNEMENT

VOIE EN COURBE

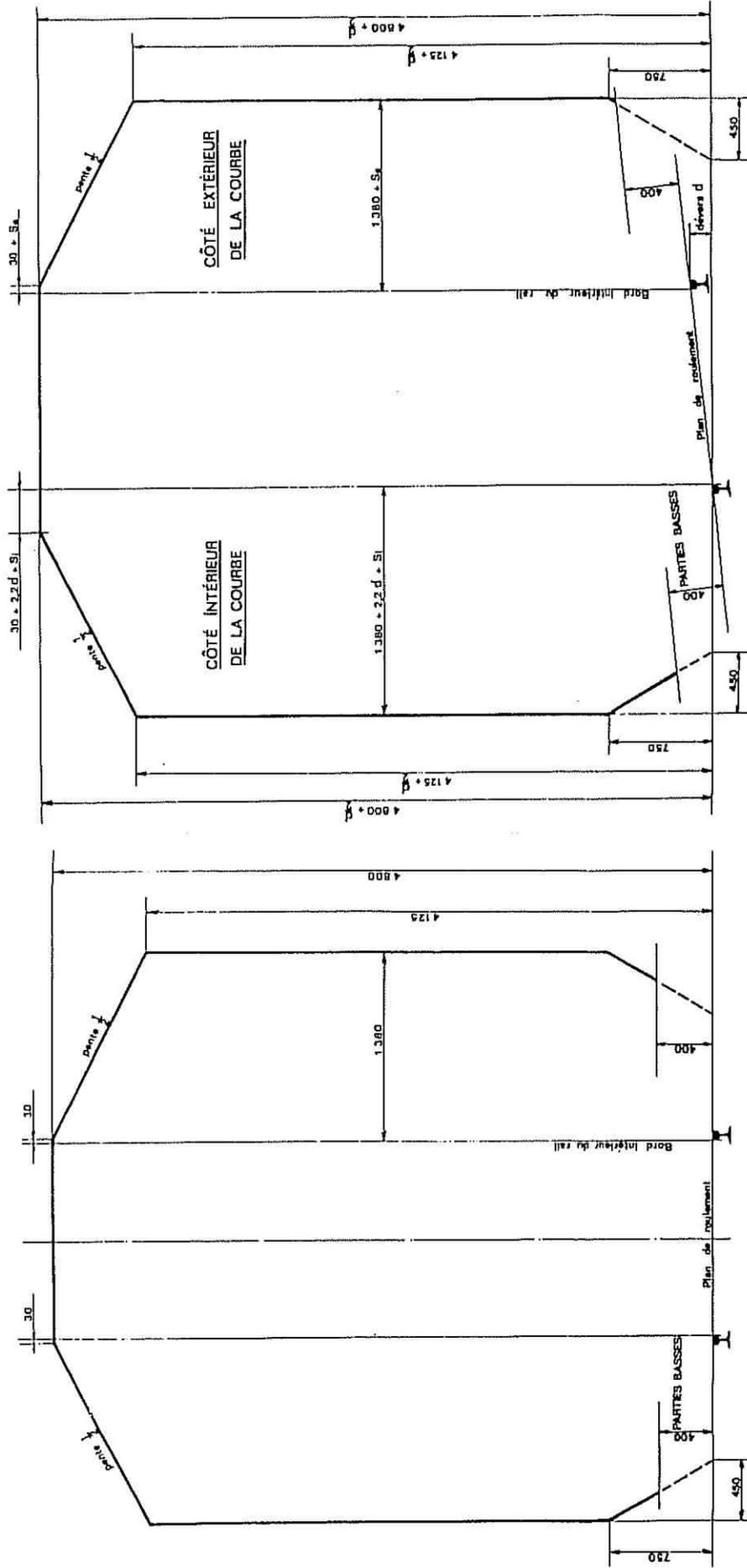


PLANCHE CI

Gabarit d'implantation nominale des obstacles hauts – Contour N (voie en alignement et voie en courbe [MÉNÉSSIER Alain (1998)])

Débouché des tunnels de l'étoile de Breil - Simulation sommaire de l'électrification-réélectrification									
Localisation et caractéristiques des ouvrages témoins									
Désignation de l'ouvrage	Localisation topographique	Repérage Planche 1	Km (origine)	Longueur (mètres)	Nature du tracé	N° fichier (réf. SNCF)	Nombre de profils	Références constructives	
PORCAREZZO	ancienne	T36	059,853	1249,45	R 400 m	0087 297	320	Italie - FS (1915)	
FRONTIERE	frontière	T38	063,061	742,56	Rectiligne	0086 297	190	PLM (1924)	
MALABA	nord	T39	063,833	388,38	Rectiligne	0085 297	110	PLM (1924)	
FROMMENTINO	ancienne.	T58	082,426	644	Rectiligne	0107 297	180	Italie - FS (1915)	
ARME	frontière sud	T59	083,202	333	Rectiligne	0106 297	77	Italie - FS (1915)	
COL DE BRAUS	faîte de Nice-Breil	T21	025,336	5938,8	Rectiligne	0001 296	1263	PLM [double voie] (1922)	

PLANCHE C2 Planches de débouchés - Interprétation et légendes [TRÉNAUX, Jacques (04.02.1999)]

Simulation simplifiée

La simulation a été effectuée sur un mode simplifié. Elle a été réalisée sur la base de la voie de la circulation en place lors du relevé des profils, sans modification de son assiette comme en attestent les valeurs nulles des paramètres suivants d'une modélisation complète; RIP (ripage) ; FL (flèche) ; DEV (dévers). Elle présente donc un caractère plus péjorant dans la mesure où elle exclut toute possibilité d'effacement d'obstacle.

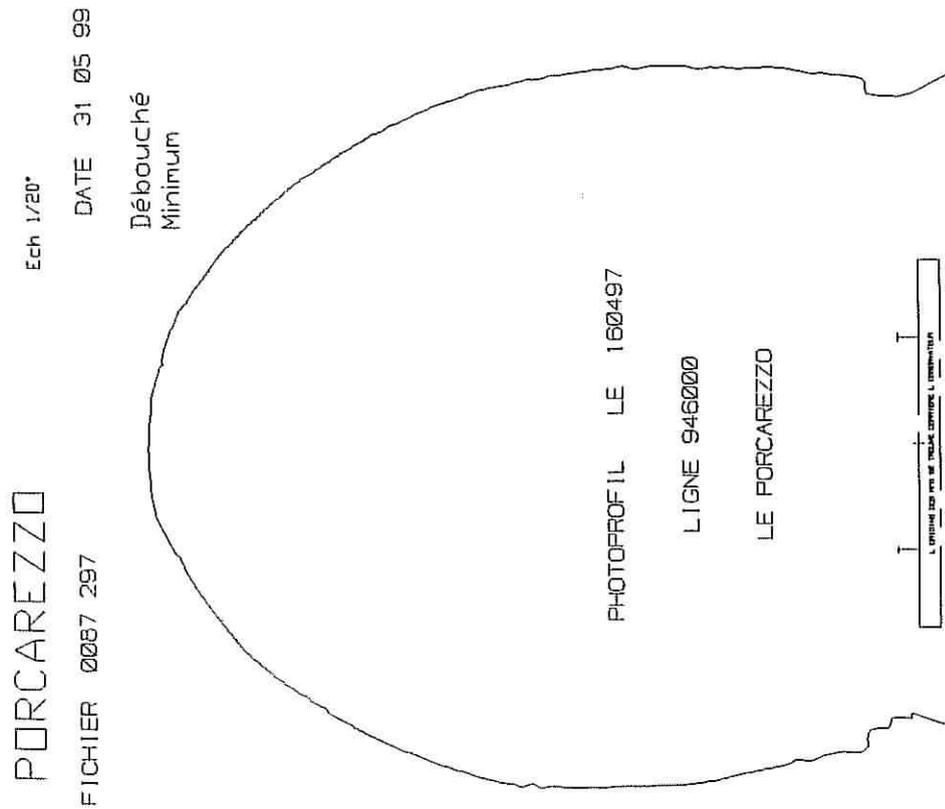
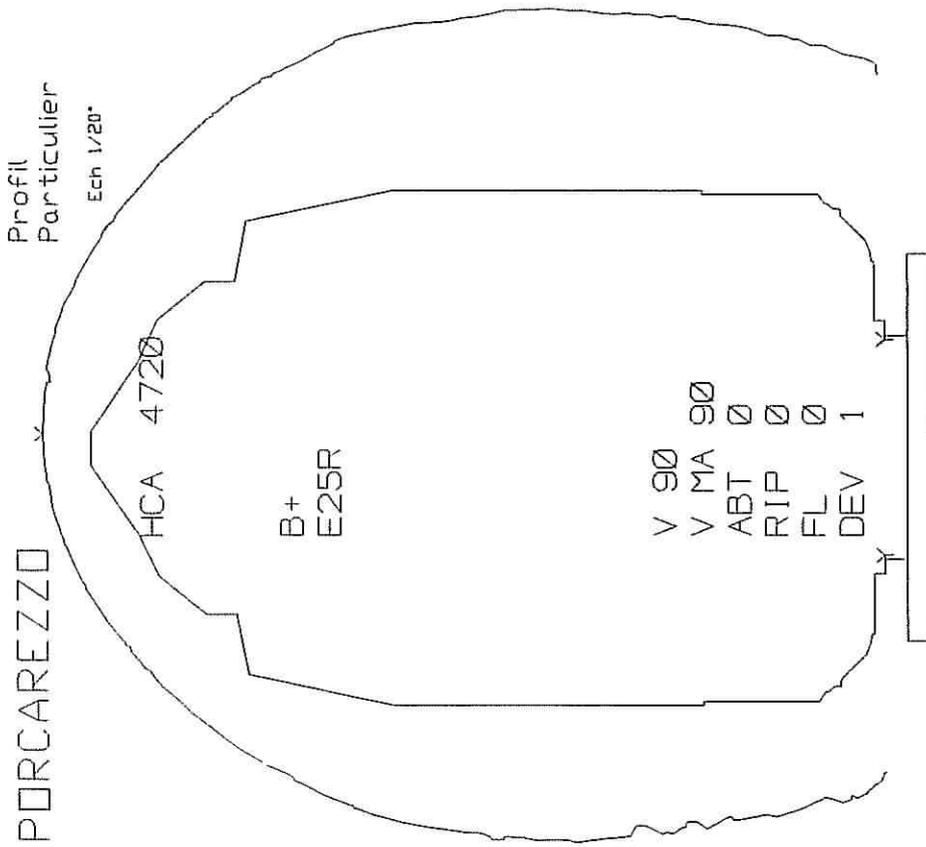
Cette simulation simplifiée est condensée sous la forme de deux planches ("Profil particulier" et "Débouché minimum").

Légende des planches

La planche "Profil particulier" affiche, outre les valeurs nulles des paramètres "inflexions de tracé" [cf. supra], les niveaux de vitesse retenus (90 km/h) tant pour les circulations voyageurs (V 90) que pour les circulations marchandises (V MA 90), ainsi que la cote caténaire (exprimée en mm) au dessus du niveau du rail (HCA 4720). Le repérage longitudinal du profil est doublement assuré par la distance (exprimée en mètres et décimètres) depuis l'origine du tunnel et vis à vis de plaques repère (exemple : "PLAQUE 356 + 5,8") apposées à intervalles réguliers à l'intérieur de l'ouvrage.

L'enveloppe de gabarit retenue pour la simulation est celle du GB1 (alias B+) cinématique coiffée du contour d'isolement (ouvrages souterrains) de l'électrification à 25 kV (E25R).

La planche "Débouché minimum" ne spécifie que la date d'exécution des relevés.



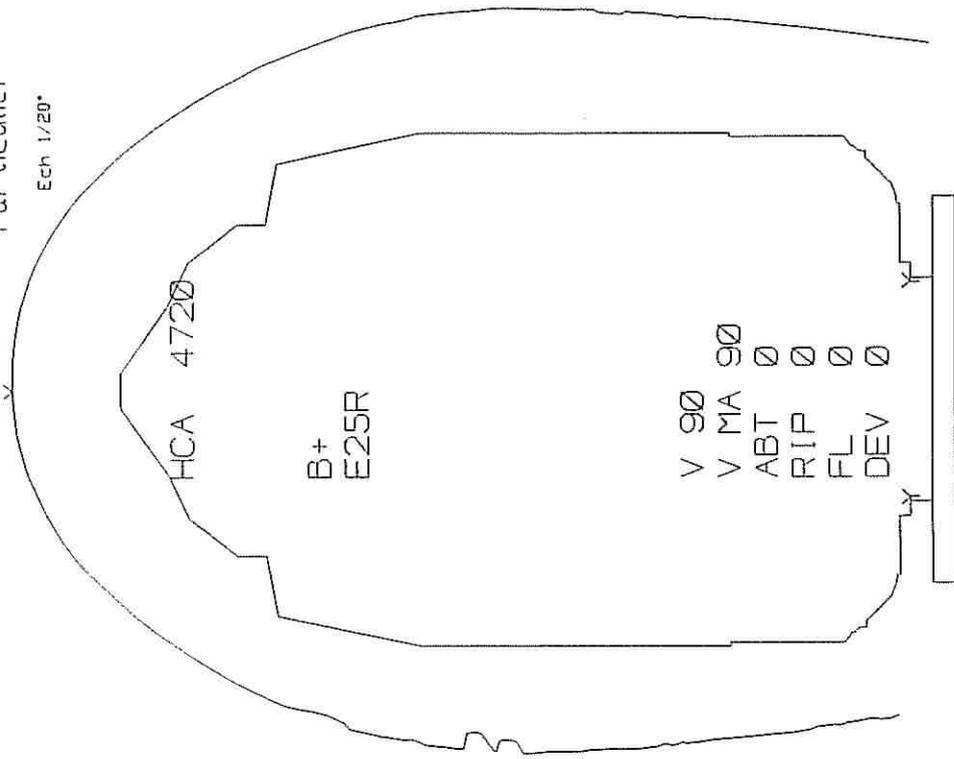
995.5 PLAQUE 100 -4.3

PLANCHE C3

Section Tunnel de Tende - Breil - Profil particulier et débouché minimum du tunnel *Porcarezzo*
 [TRÉNAUX Jacques (04.02.1999)]
 [longueur : 1249,45 m ; R 400 m ; Km origine : 059,853 ; Construction : Italie - FS (1915)]

FRONTIERE

Profil Particulier
Ech 1/20^e



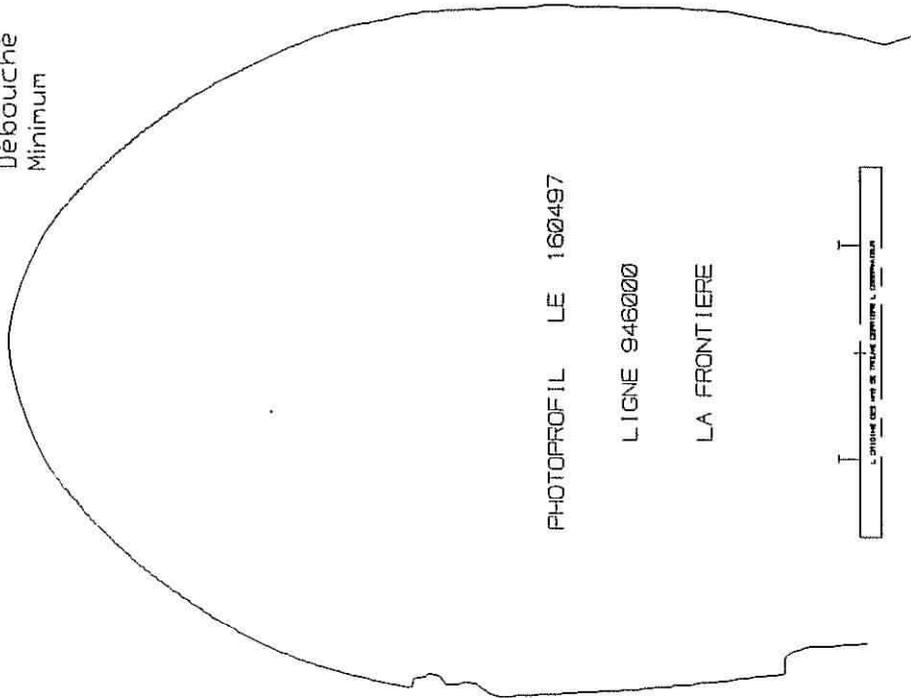
FRONTIERE

Ech 1/20^e

FICHER 0086 297

DATE 31 05 99

Débouché Minimum

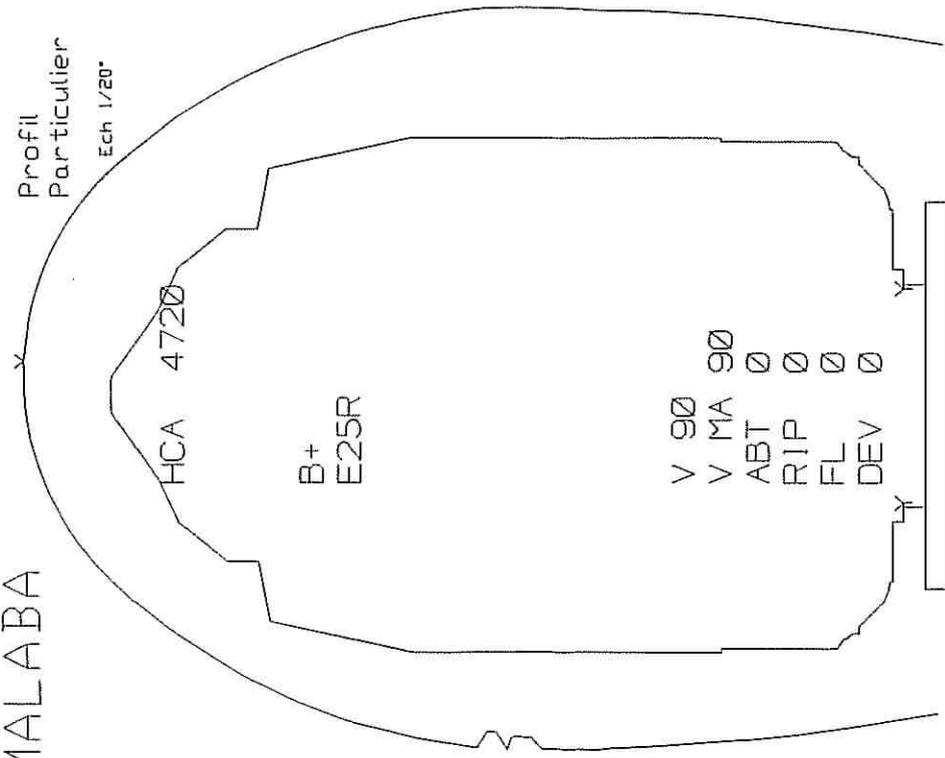


369.1 PLAQUE 37 -0.4

PLANCHE C4

Section Tunnel de Tende - Breil - Profil particulier et débouché minimum du tunnel *Frontière*
[TRÉNAUX Jacques (04.02.1999)]
[longueur : 742,56 m ; rectiligne ; Km origine : 063,061 ; Construction : PLM (1924)]

MALABA



124.3 PLAQUE 13 -6.6

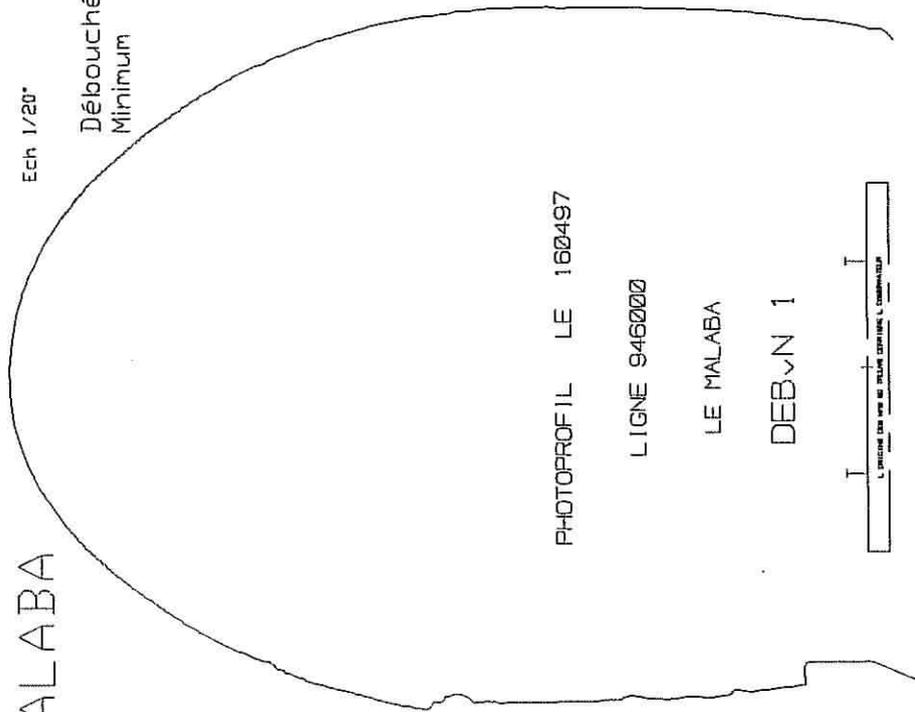
DATE 31 05 99

Ech 1/20"

Débouché Minimum

FICHER 0085 297

MALABA



PHOTOPROFIL LE 160497

LIGNE 946000

LE MALABA

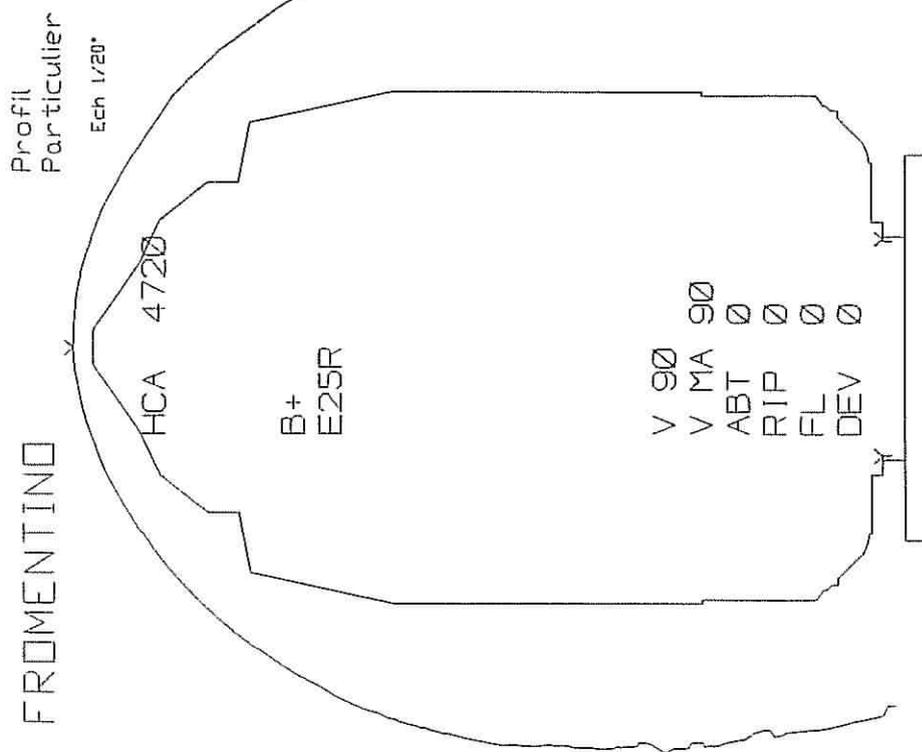
DEBvN 1

L'ESPACEMENT ENTRE LES VERTICES EST EN MILLIMÈTRES

PLANCHE C5

Section Tunnel de Tende - Breil – Profil particulier et débouché minimum du tunnel *Malaba* [TRÉNAUX Jacques (04.02.1999)]

[longueur : 388,38 m ; rectiligne ; Km origine : 063,833 ; Construction : PLM (1924)]



258.6 PLAQUE 26 -1.3

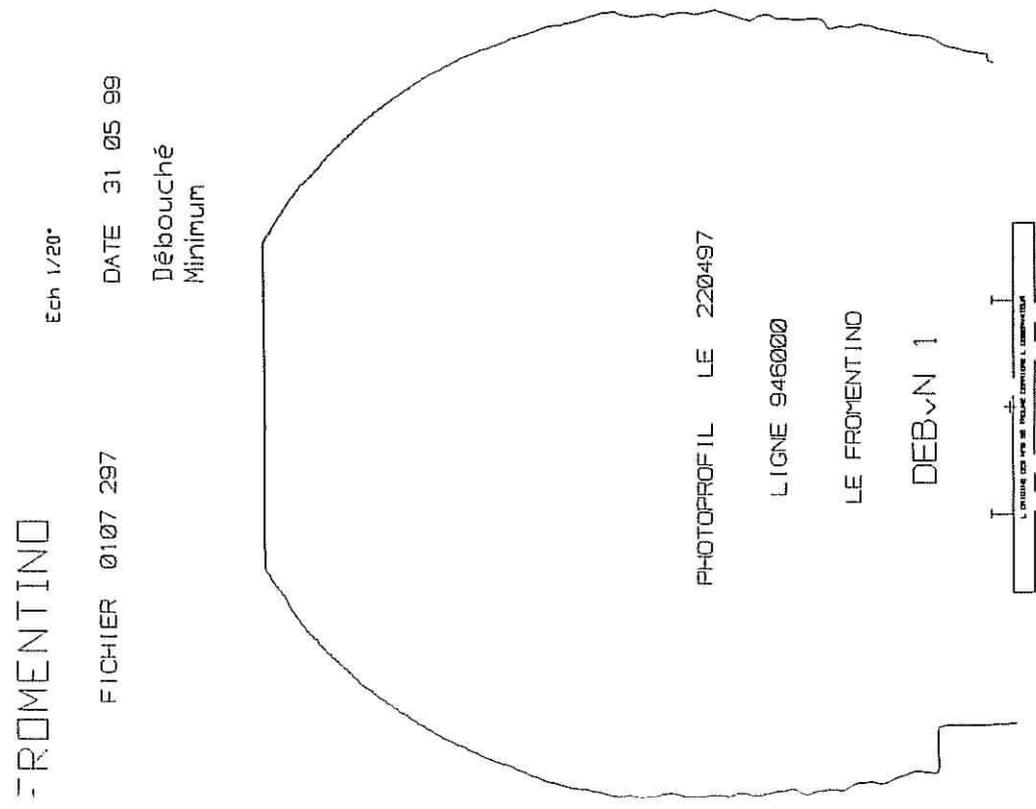


PLANCHE C6
 Section Breil - Ventimiglia – Profil particulier et débouché minimum du tunnel *Fromentino* [TRÉNAUX Jacques (04.02.1999)]
 [longueur : 644 m ; rectiligne ; Km origine : 082,425 ; Construction : Italie – FS (1915)]

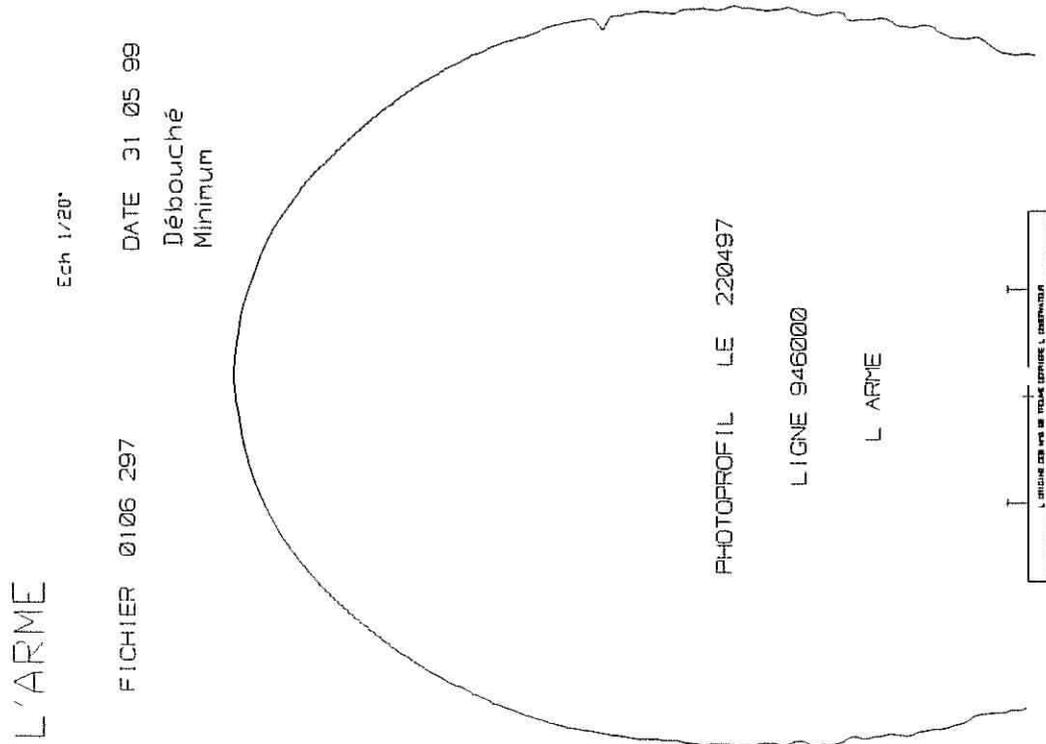
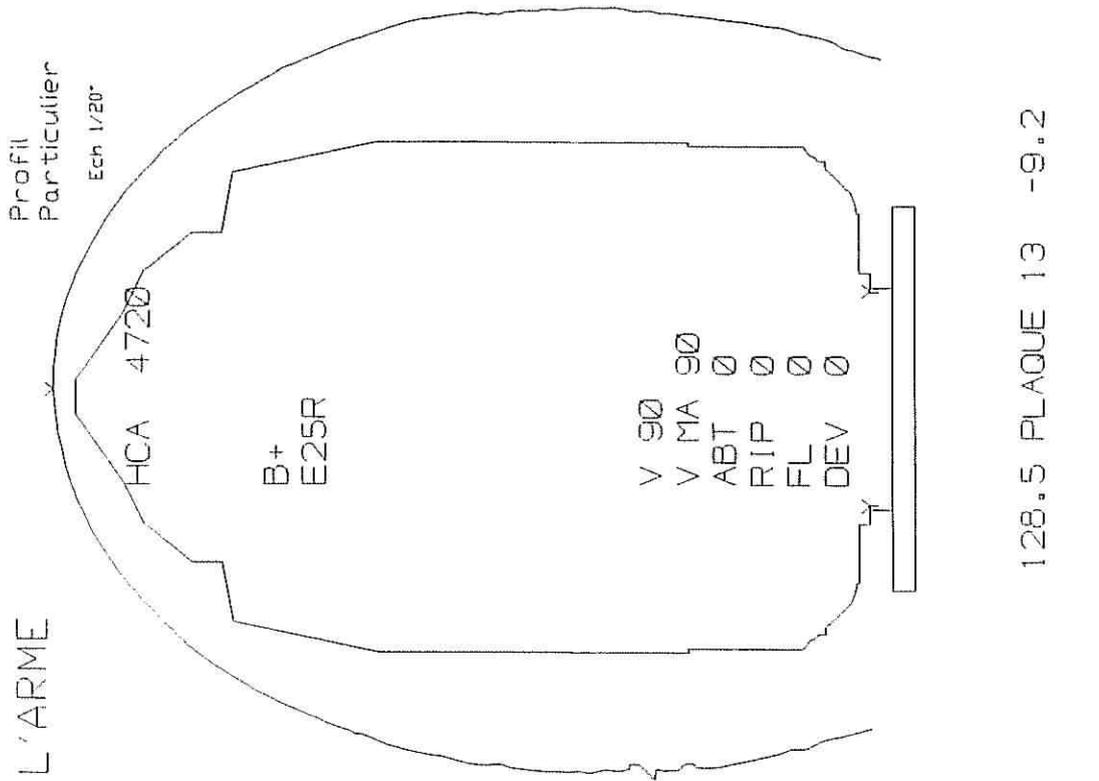


PLANCHE C7

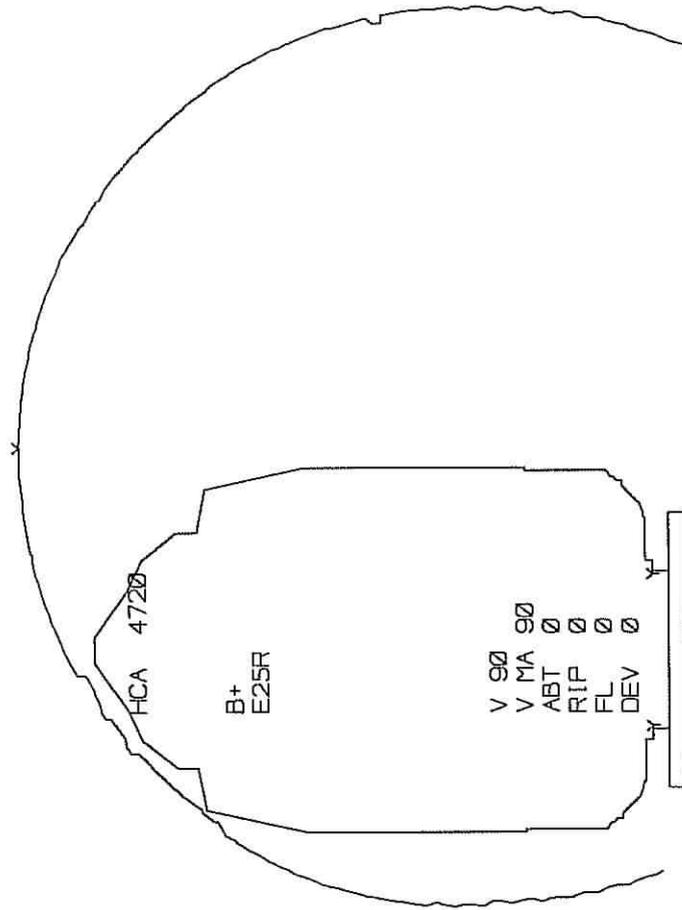
Section Breil - Ventimiglia – Profil particulier et débouché minimum du tunnel *Arme* [TRÉNAUX Jacques (04.02.1999)]

[longueur : 333 m ; rectiligne ; Km origine : 083,202 ; Construction : Italie – FS (1915)]

COL DE BRAUS

Profil
Particulier

Ech 1/50°



3576.8 PLAQUE 356 + 5.8

PLANCHE C8

Ligne Nice - Breil – Profil particulier du tunnel du *Col de Braus* [TRÉNAUX Jacques (04.02.1999)]
[longueur : 5938,8 m ; rectiligne ; Km origine : 025,336 ; Construction : PLM [double voie] (1922)]

FICHER 0001 296

DATE 31 05 99

Débouché
Minimum

COL DE
BRAUS

Ech 1/20'

PHOTOPROFIL LE 160196

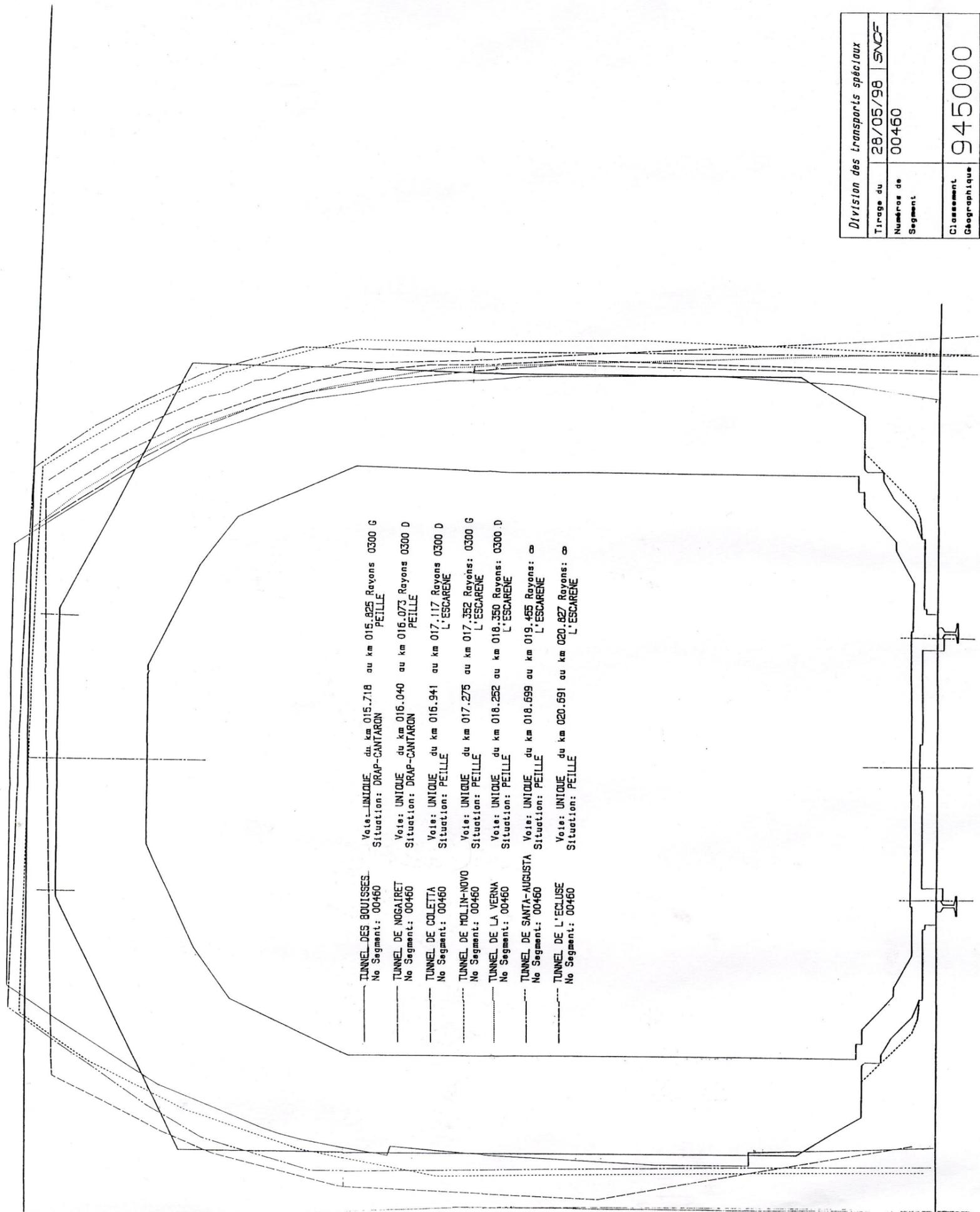
LIGNE 945000

COL DE BRAUS



PLANCHE C9

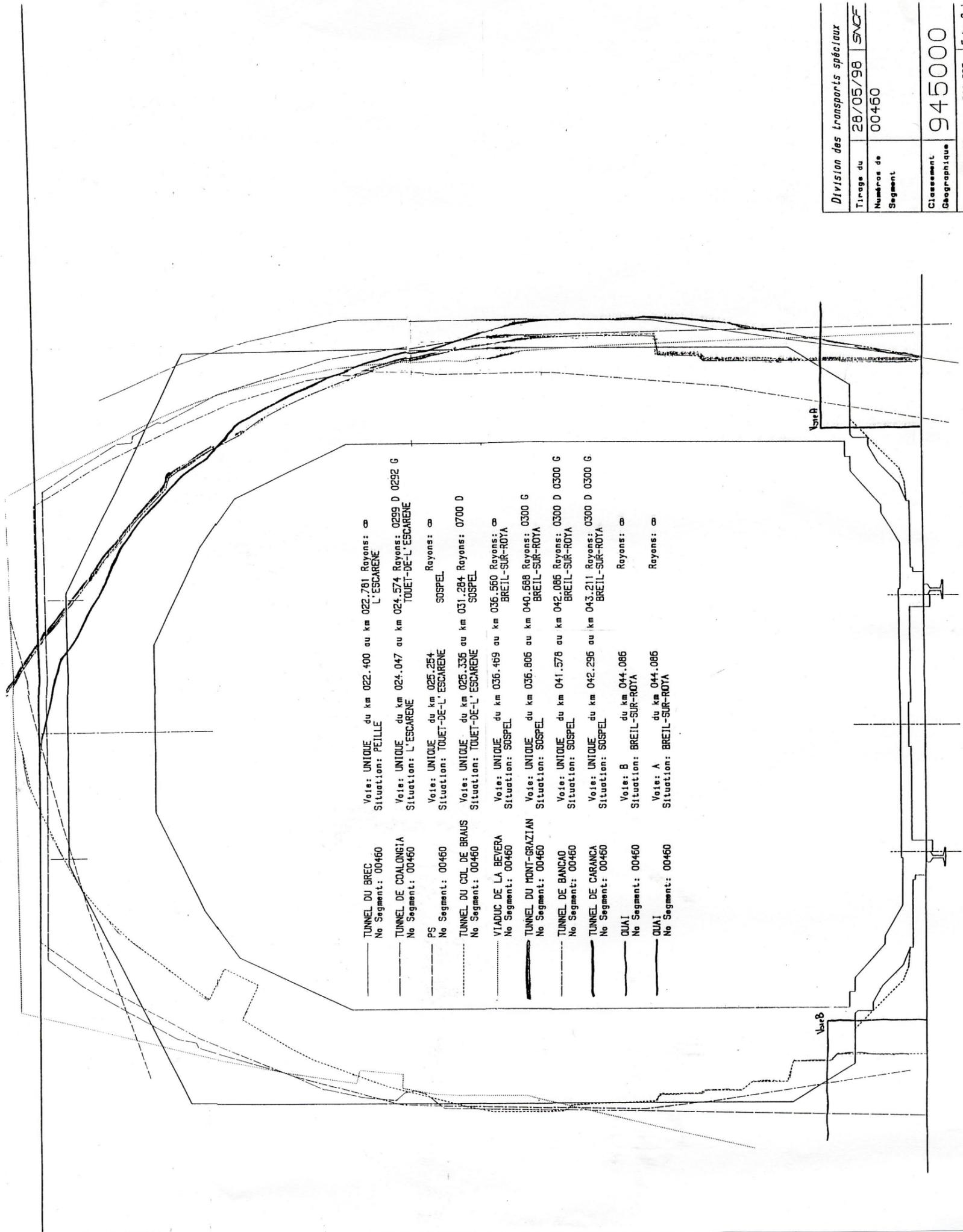
Ligne Nice - Breil – Débouché minimum du tunnel du *Col de Braus* [TRÉNAUX Jacques (04.02.1999)]
[longueur : 5938,8 m ; rectiligne , Km origine : 025,336 ; Construction : PLM [double voie] (1922)]



Division des transports spéciaux	
Tirage du	28/05/98 SNCF
Numéros de Segment	00460
Classement Géographique	945000
Du km 015.718 au km 020.827 Ech: 0,1	

PLANCHE C10

Nice - Breil - Profils critiques du Km 015,718 au Km 020,827 [Tunnels : Bouisses, Nogairret, Coletta, Molin-Novo, La Verna, Santa-Augusta, L'Ecluse] [SNCF/Infr/BTE/945 (1998)]

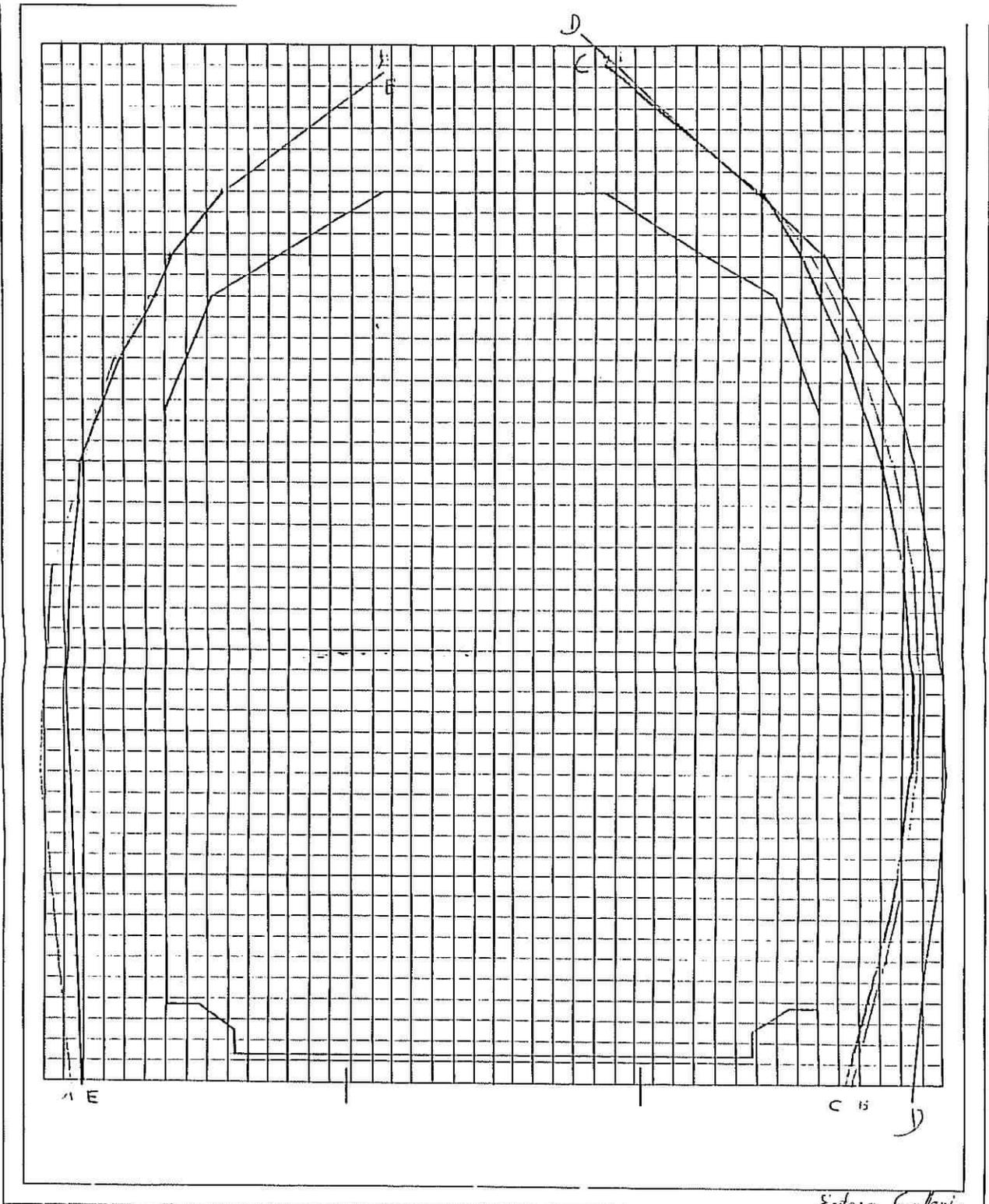


— TUNNEL DU BREC No Segment: 00460	Voie: UNIQUE du km 022.400 au km 022.761 Rayons: ∞ Situation: PELLE L'ESCARÈNE
— TUNNEL DE COALONGIA No Segment: 00460	Voie: UNIQUE du km 024.047 au km 024.574 Rayons: 0299 D 0292 G Situation: L'ESCARÈNE TOUET-DE-L'ESCARÈNE
— PS No Segment: 00460	Voie: UNIQUE du km 025.254 Situation: TOUET-DE-L'ESCARÈNE Rayons: ∞ SOSPEL
— TUNNEL DU COL DE BRAUS No Segment: 00460	Voie: UNIQUE du km 025.336 au km 031.294 Rayons: 0700 D Situation: TOUET-DE-L'ESCARÈNE SOSPEL
— VIADUC DE LA BEVERA No Segment: 00460	Voie: UNIQUE du km 036.469 au km 036.560 Rayons: ∞ Situation: SOSPEL BREIL-SUR-ROYA
— TUNNEL DU MONT-GRAZIAN No Segment: 00460	Voie: UNIQUE du km 036.805 au km 040.688 Rayons: 0300 G Situation: SOSPEL BREIL-SUR-ROYA
— TUNNEL DE BANCAO No Segment: 00460	Voie: UNIQUE du km 041.578 au km 042.086 Rayons: 0300 D 0300 G Situation: SOSPEL BREIL-SUR-ROYA
— TUNNEL DE CARANCA No Segment: 00460	Voie: UNIQUE du km 042.296 au km 043.211 Rayons: 0300 D 0300 G Situation: SOSPEL BREIL-SUR-ROYA
— QUAI No Segment: 00460	Voie: B du km 044.086 Rayons: ∞ Situation: BREIL-SUR-ROYA
— QUAI No Segment: 00460	Voie: A du km 044.086 Rayons: ∞ Situation: BREIL-SUR-ROYA

Division des transports spéciaux	
Tirage du	28/05/98 SNCF
Numéros de Segment	00460
Classement Géographique	945000
Du km 022.400 au km 044.086 Ech: 0.1	

ATTENTION : Le tracé des obstacles et le sens des courbes sont donnés sans PK croissants

PLANCHE C11
Nice - Breil - Profils critiques du Km 22,400 au Km 044,086 [Tunnels : Brec, Coalongia (Escarène), Col de Braus (DV), Mont-Grazian (DV), Banca, Caranca (DV)]
[SNCF/Infr/BTE/945 (1998)]

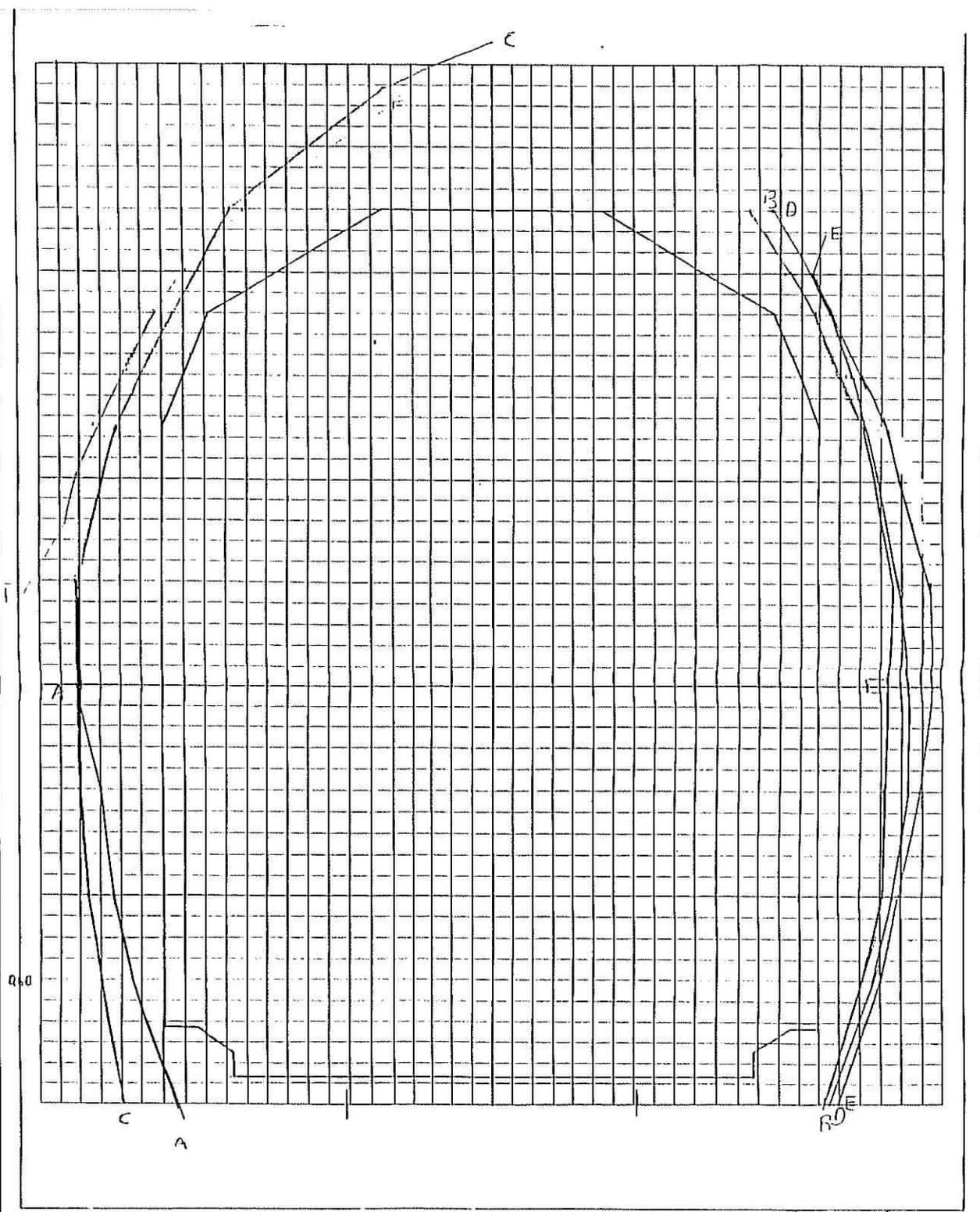


Stacco Galleria

AA	Galleria	<u>Corte S. Giovanni</u>	Nucleo 1/2	INT R S. 2.	Km 20+014/165
BB	"	" " "	Imbrece Alchimia	INT R P	" " "
CC	Galleria	<u>Corte Soprana</u>	Stacco	EST R 377	Km 21+484/579
DD	Galleria	<u>S. Giovanni</u>	Imbrece / 30 mt	INT R 375	Km 21+786/524
EE	Galleria	<u>Altipiano</u>	Imbrece - 1100	INT R 495	Km 01813-21079

PLANCHE C12

Cuneo - Col de Tende - Relevés critiques de profils d'ouvrages de la section de ligne Cuneo-Vernante [galleria Altipiano, Corte Soprana, San Giovanni] [FS/ULCT/S/C-Cf]



					Estesa Galleria
AA	Galleria Rivoira	Nicchia 1/3 (canal) (1)	EST	R 395	Km 26+403/654
BB	Galleria S. Lucia Noccetta	Nicchia 2/3	EST	R 253	Km 26+854 - 27+701
CC	Galleria Boglia	Nicchia 20/20	EST	R 350	Km 28+814 - 29+920
DD	Galleria Cresta Molino	Nicchia 2/5	EST	R 247	Km 30+034/419
EE	Galleria Rocciaia	Entrata in Nicchia 1	EST	R 336	Km 30+959/31+038
FF	Galleria Mezzavia	Nicchia 5/6	EST	R 374	Km 38+228/672
FF	Galleria Rocciaia	Chiusura	INT	R 374	Km 30+959/31+038

PLANCHE C13

Cuneo - Col de Tende - Relevés critiques de profils d'ouvrages de la section de ligne Vernante-Limone [gallerie Rivoira, Santa Lucia Noccetta, Mezzavia, Boglia, Cresta Molino, Rocciaia] [FS/ULCT/S/C-Cf]