

Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 102 (1976)
Heft: 7: Le chemin de fer

Artikel: Nouvelles voitures cimatisées pour le trafic interville suisse
Autor: Guignard, Robert
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-72923>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 11.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Nouvelles voitures climatisées pour le trafic interville suisse

par ROBERT GUIGNARD, Pully

1. Introduction

La modernisation du parc de voitures destinées au trafic intérieur des voyageurs des CFF a commencé en 1955 par la création d'un nouveau type de construction dénommé « voiture unifiée ». La première génération de ce nouveau modèle est née à la suite d'un concours d'idées entre les quatre principaux constructeurs suisses de matériel roulant remorqué. La Société Industrielle Suisse à Neuhausen (SIG) et la Fabrique suisse de wagons et d'ascenseurs à Schlieren (SWS), ayant obtenu le premier prix du concours d'idées, ont été chargées d'établir en commun les dessins de la nouvelle voiture et de construire chacune deux prototypes de 2^e classe. Livrés en 1955, ces prototypes ont été soumis à toute une série d'épreuves et d'essais en service commercial. Les unités de la première commande de ce nouveau matériel appelé « voiture unifiée type I » ont été mises en service à partir de 1957.

Cette voiture est caractérisée par la disposition des portes d'accès au droit des bogies, ce qui permet de réaliser un grand compartiment pour les voyageurs situé dans la partie la plus confortable de la voiture. Le nombre de places assises est de 48 en 1^{re} classe et de 80 en 2^e classe. Un nouveau type de bogie adapté à cette conception de la caisse apporte à la voiture une meilleure qualité de marche.

Au total, 1204 voitures de ce type ont été mises en service de 1957 à 1967.

Pour satisfaire aux exigences croissantes des voyageurs en matière de confort et pour tirer parti des progrès constants de la technique, une nouvelle étape a été franchie en 1965 par la construction de la voiture unifiée type II. Par rapport au type précédent, les améliorations suivantes étaient apportées :

- Fenêtres en vitrage double pour éviter la formation de buée et améliorer l'isolation thermique et acoustique.
- Nouveaux sièges en 2^e classe et augmentation de l'espace offert aux voyageurs, la longueur totale de la voiture étant augmentée d'un mètre en maintenant le même nombre de places assises.
- Eclairage par tubes fluorescents.
- Dispositif de passage entre deux voitures équipé de bourrelets en caoutchouc, assurant une meilleure étanchéité que les soufflets classiques.

De 1965 à 1974, les CFF ont reçu au total 502 voitures unifiées type II.

Devant le succès obtenu avec ce matériel unifié utilisé principalement dans la formation des trains intervalles et en raison de la concurrence sévère régnant dans le domaine du marché des transports de voyageurs, les CFF décidèrent, en 1968, d'entreprendre l'étude d'un nouveau matériel capable de satisfaire aux désirs de leur clientèle. Etant donné que la durée de vie d'une voiture de chemin de fer, du fait des exigences concernant la solidité de sa construction et des conditions de sécurité imposées, est d'environ 30 ans, il faut donc la concevoir en prévision de l'évolution future des besoins des usagers afin qu'elle ne soit pas dépassée après quelques années déjà. Les constructeurs d'un tel matériel doivent donc s'efforcer de le concevoir avec une avance d'au moins une dizaine d'années.

Les études faites dans cette direction par la SIG à Neuhausen en collaboration avec les services techniques des CFF aboutirent à la commande, à fin 1969, de 4 voi-

tures prototypes, appelées voitures unifiées type III, dans lesquelles les progrès réalisés par la technique ferroviaire et la technologie au cours de ces dernières années furent mis en œuvre. Ces prototypes ont été soumis à toute une série d'épreuves de charges statiques en usine et d'essais de circulation en ligne. Les résultats obtenus et les expériences faites par ces tests ont permis de passer, au début de l'année 1973, la commande d'une première tranche de ce nouveau matériel portant sur 68 unités au total et réparties comme il suit :

- 23 voitures de 1^{re} classe
- 34 voitures de 2^e classe
- 6 voitures de 1^{re} classe avec compartiment à bagages
- 5 voitures-restaurants.

Ces voitures ont été livrées dans le courant de l'année 1975 et mises en service commercial à partir du changement d'horaire du 1^{er} juin 1975.

Au cours de ces vingt dernières années, les CFF ont ainsi mis en service au total 1789 voitures unifiées, y compris les voitures-restaurants construites selon les mêmes principes. Cela représente le 60 % du parc de matériel voyageurs dont ils disposent actuellement pour le service intérieur.

2. Description des voitures

2.1 Caractéristiques principales

La disposition des compartiments et des plates-formes d'entrée des nouvelles voitures est en principe identique à celle des voitures unifiées types I et II. Les dimensions principales et la répartition des locaux ressortent des dessins types (fig. 135 à 138) des quatre genres de véhicules suivants :

- voiture de 1^{re} classe (A) offrant 46 places assises
- voiture de 2^e classe (B) offrant 70 places assises
- voiture-restaurant (WR) offrant 40 places assises réparties en tables à quatre et à deux places
- voiture de 1^{re} classe (AD) comprenant cinq compartiments à couloir latéral offrant au total 29 places assises, un local à bagages et un compartiment spécial destiné à accueillir un invalide avec son fauteuil roulant.

Dans un but d'unification, toutes les voitures ont une même longueur totale de 24,60 m. Les extrémités de chaque voiture comprenant la plate-forme d'entrée avec la toilette ou la soute à bagages à main ou des locaux de service dans la voiture-restaurant sont identiques pour toutes les voitures.

La disposition des sièges dans le sens transversal de 2 + 1 en 1^{re} classe et de 2 + 2 en 2^e classe par rapport au couloir central a été maintenue comme dans les voitures unifiées précédentes. Pour offrir un peu plus d'espace aux voyageurs, la distance d'axe en axe de deux sièges se faisant vis-à-vis a été portée à 2115 mm en 1^{re} classe et à 1680 mm en 2^e classe, ce qui correspond à une augmentation de 55 mm, respectivement 230 mm par rapport aux voitures unifiées type I. Il en résulte une réduction du nombre de places assises de la voiture de 2^e classe qui passe ainsi de 80 à 70.

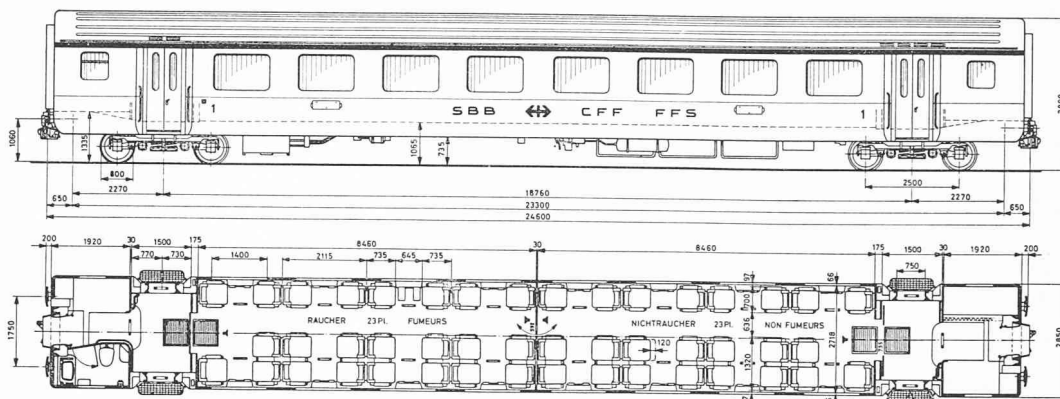


Fig. 135. — Dessin type de la voiture de 1^{re} classe. 46 places assises, tare 30,8 t.

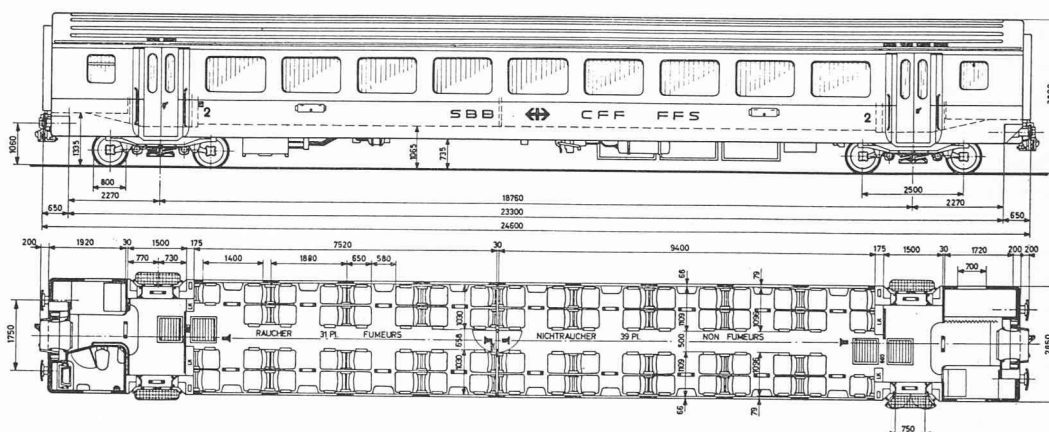


Fig. 136. — Dessin type de la voiture de 2^e classe. 70 places assises, tare 29,2 t.

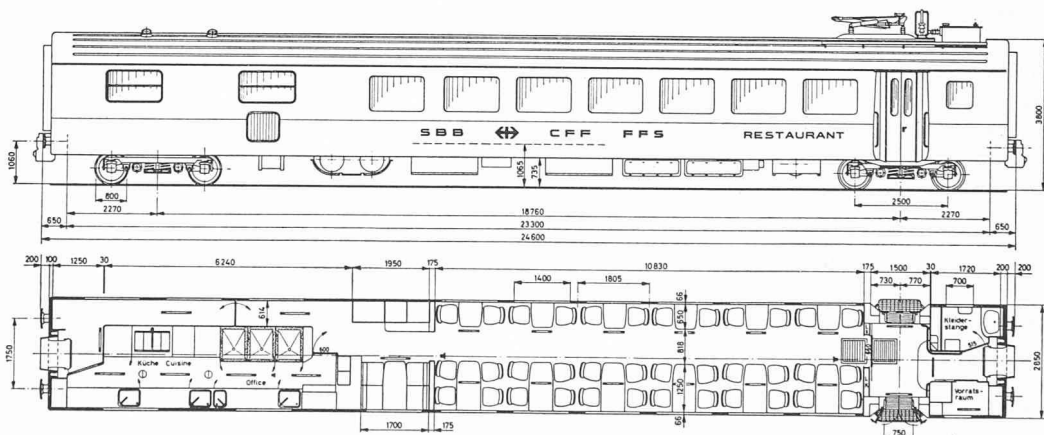


Fig. 137. — Dessin type de la voiture-restaurant. 40 places assises, tare 36 t.

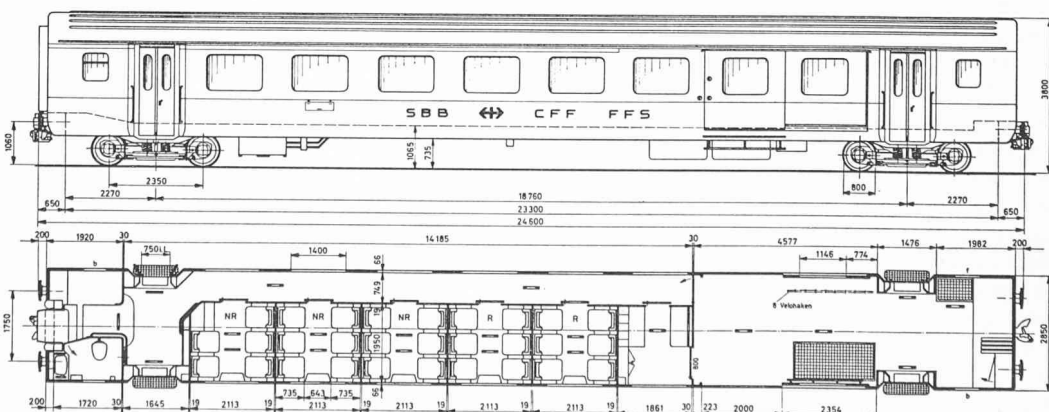


Fig. 138. — Dessin type de la voiture mixte à cinq compartiments de 1^{re} classe et local à bagages. 29 places assises, tare 30 t.

En outre, il a été nécessaire de supprimer deux places assises dans chaque voiture afin de permettre un élargissement de la porte d'accès au compartiment.

Dans la voiture-restaurant, le nombre de places offertes a également subi une diminution en adoptant la formule de tables à quatre places et à deux places d'un côté ou de l'autre du couloir central. Cette diminution est justifiée par le souci d'offrir davantage d'espace aux hôtes du restaurant.

Grâce à l'utilisation des alliages d'aluminium dans la construction de la caisse, il a été possible de maintenir la tare des voitures dans les limites usuelles et cela malgré la présence d'une installation de climatisation et de divers équipements et aménagements conduisant à des suppléments de poids. La voiture de 1^{re} classe pèse 30,8 t, celle de 2^e classe 29,2 t, la voiture-restaurant 36 t et la voiture mixte 30 t.

2.2 Ossature de châssis-caisse

L'ossature de châssis-caisse est une construction tubulaire autoportante exécutée entièrement à l'aide de profilés et de tôles planes ou pliées en alliages d'aluminium, et assemblés par différents procédés de soudure électrique. Cette structure se compose de plusieurs éléments dont les principaux sont le châssis, les parois latérales, la toiture et les parois frontales d'extrémité, qui sont fabriqués séparément sur ces gabarits. Certains éléments comportent des sous-éléments tels que par exemple la traverse de tête du châssis, la partie formant l'emmarchement, l'encadrement des portes d'accès, etc., ce qui facilite leur fabrication et leur manutention en atelier. Les différents profilés et tôles pliées utilisés dans cette construction sont bien visibles sur la figure 139 qui représente la coupe transversale du châssis-caisse. Le longeron du châssis est constitué par deux demi-profilés de 5 mm d'épaisseur dont l'un fait partie du châssis et l'autre de la partie inférieure de la paroi latérale. Après soudure de la paroi latérale au châssis on obtient ainsi un longeron tubulaire d'une grande rigidité (fig. 140). Le châssis est recouvert d'une tôle de 1,7 mm d'épaisseur, à ondulations longitudinales en forme de trapèze, soudée aux traverses et aux longerons. La paroi latérale est formée par une tôle de 2,5 mm d'épaisseur renforcée par des longrines en forme d'oméga et par les montants verticaux placés entre les ouvertures de baies. Tous ces profilés sont fixés à la tôle de paroi latérale à l'aide de la soudure électrique par points (fig. 141). Le pavillon se compose d'une tôle de 1,7 mm d'épaisseur munie d'ondulations longitudinales obtenues par emboutissage à la presse. Elle est soudée sur les courbes de pavillon. On obtient ainsi grâce aux ondulations et à la forme cintrée de la tôle un élément d'une très grande rigidité. La liaison entre le pavillon et la paroi latérale est constituée par deux profilés spéciaux s'emboîtant l'un dans l'autre, comme il ressort du détail B de la figure 142.

Une particularité du châssis-caisse réside dans la forme donnée à sa section transversale. Les parois latérales, au lieu d'être verticales sur toute leur hauteur, sont inclinées vers l'intérieur à partir de la ceinture, c'est-à-dire dans la zone des baies. La largeur de la caisse est ainsi réduite de 120 mm de chaque côté à la hauteur du battant de pavillon. Cette forme a été choisie afin de permettre, à l'aide d'un dispositif spécial, l'inclinaison de la caisse par rapport aux bogies dans les courbes tout en respectant le gabarit d'espace libre. Nous reviendrons sur cet équipement dans le chapitre 3.

Tous les profilés étirés à la presse et les tôles des parois latérales sont en alliage d'aluminium Al-Zn Mg 1 (Unidur).

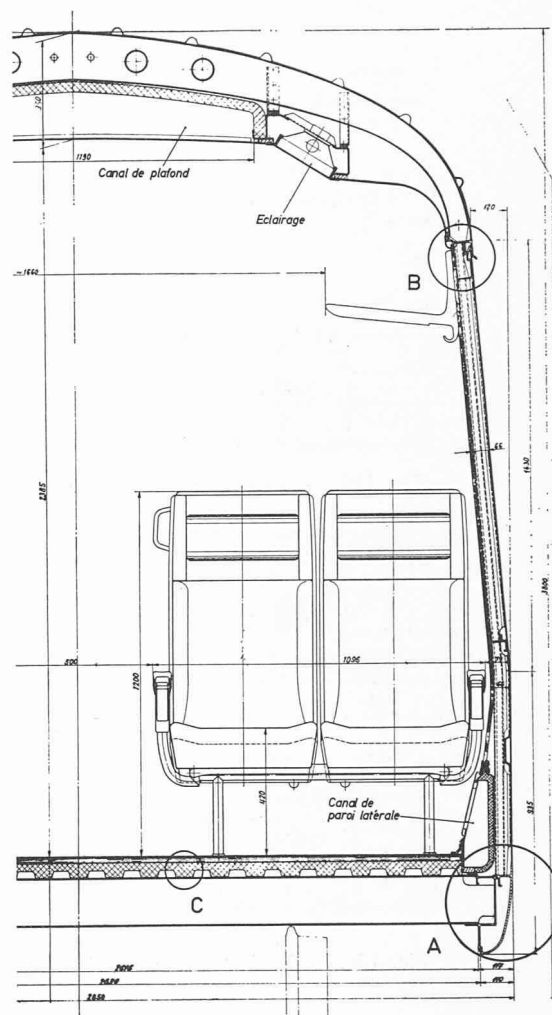


Fig. 139. — Demi-coupe transversale de la caisse (2^e classe).

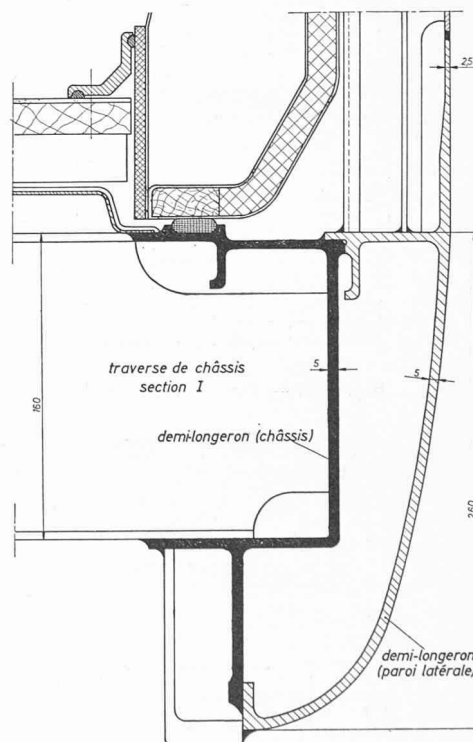


Fig. 140. — Détail A : liaison châssis-paroi latérale.

Cet alliage présente l'avantage de retrouver ses bonnes qualités mécaniques et de dureté dans les zones de soudure après un certain temps.

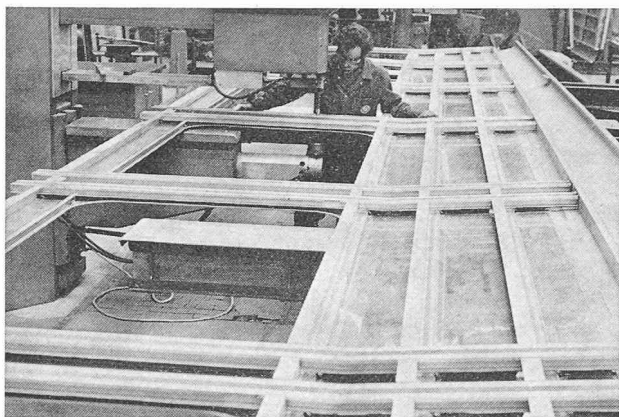


Fig. 141. — Paroi latérale au poste de soudure. (Photo SIG)

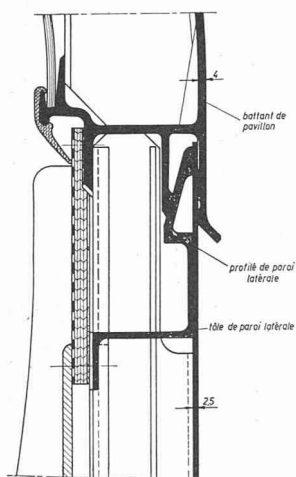


Fig. 142. — Détail B : liaison paroi latérale-pavillon.

Pour les tôles du plancher, du toit et des parois frontales c'est l'alliage Al-Mg 3 de qualité demi-dur qui a été choisi (Peraluman).

Afin d'éviter dans toute la mesure possible les travaux de dressage sur les parois latérales et frontales du châssis-caisse terminé, il a fallu faire appel à plusieurs procédés de soudure électrique et à des nouvelles méthodes de mise en œuvre et de fabrication éprouvées lors de la construction des dernières voitures du type unifié de la ligne du Brunig. La masse du châssis-caisse ainsi réalisé est de 4,5 t alors que celle du même ensemble des voitures unifiées type II, exécuté en acier doux, est de 9,5 t. L'économie de poids de 5 t ainsi obtenue a permis de compenser largement le supplément de poids dû à l'installation de climatisation et d'autres équipements.

Le châssis-caisse nu (fig. 143) a été soumis en usine à toute une série d'essais de charges statiques très complets



Fig. 143. — Intérieur du châssis-caisse nu. (Photo SIG)

pour vérifier si les conditions du cahier des charges étaient remplies. Ces essais ont donné entière satisfaction et montré que cette structure est capable de résister sans déformations permanentes à un effort axial de compression de 100 t appliqué soit sur les tampons soit dans l'axe du châssis (points d'appui de l'attelage automatique) et, en même temps, à une charge verticale de 19,4 t répartie sur toute la longueur du châssis.

2.3 Isolation acoustique et thermique

L'isolation acoustique et thermique a été tout particulièrement soignée en utilisant dans chaque cas les matériaux les mieux appropriés au but recherché. L'isolation acoustique du châssis-caisse est obtenue par une émulsion de bitume appliqué par pulvérisation sur les faces inférieures et supérieures du châssis et sur toutes les surfaces intérieures des parois latérales. A l'état sec, l'épaisseur de la couche isolante est de 1,5 à 3 mm. Les parois frontales et la face intérieure de la toiture sont recouvertes d'une solution bitumineuse et d'une couche de 8 à 10 mm d'épaisseur d'un produit insonorisant.

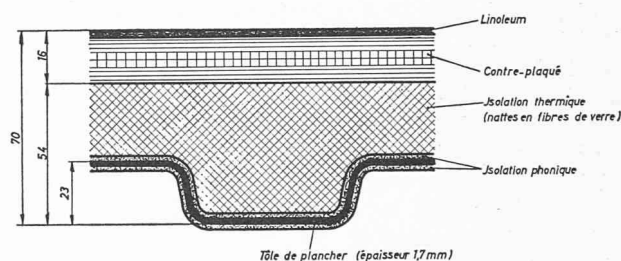


Fig. 144. — Détail C : constitution du plancher.

L'isolation thermique des parois latérales et de la partie du toit située au-dessus des plates-formes est obtenue par des panneaux en fibre de verre de 50 mm d'épaisseur. L'espace libre entre la tôle de pavillon et le plafond au-dessus des compartiments est entièrement rempli de nattes en fibre de verre comme isolation thermique et phonique. Le plancher est du type dit « flottant », c'est-à-dire monté sur des lambourdes et sans liaison directe avec la tôle de plancher, ce qui supprime les ponts phoniques. Sa constitution est donnée par le détail C de la figure 144. Le plancher proprement dit est formé de panneaux en contre-plaqué de bois d'okoumé de 16 mm d'épaisseur assemblés au moyen de languettes et collés de manière à être étanches à l'eau. Ces panneaux reposent sur un grillage en lattes de bois fixé sur la tôle ondulée du châssis. L'espace libre est rempli par des panneaux de matière isolante de 35 mm d'épaisseur. Le plancher, qui constitue l'une des parties les plus importantes de la caisse au point de vue acoustique et thermique, a ainsi une épaisseur totale de 72 mm.

2.4 Portes d'accès et emmarchement

Les portes d'accès (fig. 145) sont du type usuel à deux vantaux pivotants comme sur toutes les voitures unifiées. Chaque vantail est formé par un profilé creux en alliage d'aluminium. Chaque porte peut être ouverte individuellement à la main. La fermeture de toutes les portes d'une rame s'effectue automatiquement à l'aide d'un cylindre pneumatique pour chaque porte commandé par une électro-valve qui est télécommandée par le mécanicien de la locomotive. Pendant la marche, les portes sont bloquées pneumatiquement lorsque la vitesse est supérieure à 15 km/h. Lorsqu'on actionne la poignée de la serrure, le cylindre est automatiquement rempli d'air comprimé et empêche toute ouverture intempestive de la porte. L'ouverture libre de la porte a 750 mm de largeur,

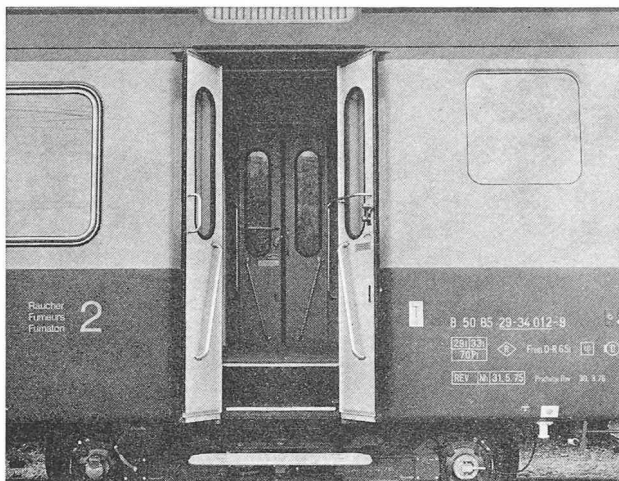


Fig. 145. — Porte d'accès et emmarchement. (Photo SIG)

ce qui permet à un voyageur portant deux valises de passer aisément du quai sur la plate-forme ou vice-versa.

L'emmarchement situé au droit du bogie est à 3 niveaux équidistants. Le niveau du plancher de la plate-forme a dû être légèrement relevé pour tenir compte de la possibilité d'incliner la caisse dans les courbes. Pour la même raison, la première palette de marchepied est fixée au châssis du bogie et ne participe pas aux mouvements de la caisse. Malgré ces petites modifications, l'emmarchement reste très commode pour les quais bas en usage en Suisse et présente deux pentes de 39° et 45° sur l'horizontale (fig. 146).

2.5 Dispositif d'intercirculation

Le dispositif d'intercirculation qui permet le passage d'une voiture à l'autre représente une nouveauté particulièrement intéressante appliquée pour la première fois à des voitures du service intérieur. Le cahier des charges demandait au constructeur de réaliser un passage parfaitement étanche et sans portes dans les parois frontales, semblable à celui des rames automotrices électriques TEE des CFF mises en service en 1961. Dans ce cas, le problème avait été résolu assez facilement par le fait qu'il s'agissait d'une rame de composition constante et dont les deux extrémités étaient munies de cabines de conduite. Dans la

nouvelle voiture, le dispositif devait pouvoir être accouplé et découplé facilement sans aide manuelle et être fermé à l'une des extrémités de la première et de la dernière voiture du convoi.

De plus, le passage devait être placé dans l'axe longitudinal de la voiture et offrir une largeur libre suffisante pour permettre à un voyageur portant deux valises de le traverser aisément.

Pour remplir toutes ces conditions, il a été décidé d'équiper les voitures avec l'attelage automatique étudié et mis au point par l'Union Internationale des Chemins de fer (UIC). Cette décision conduisait naturellement à une restriction importante pour le service d'exploitation, les nouvelles voitures ne pouvant ainsi être utilisées que dans des rames homogènes formées uniquement de ce type de matériel.

L'accouplement mécanique de deux voitures et celui du dispositif d'intercirculation s'effectuent donc automatiquement sans aide manuelle. Seules les conduites électriques entre deux voitures doivent être reliées à la main.

Le dispositif d'intercirculation (fig. 147) se compose essentiellement d'un tube de section rectangulaire relié à la paroi frontale par une membrane souple en caoutchouc revêtue d'une mousse isolante ayant pour but d'assurer l'étanchéité du passage et de permettre les mouvements relatifs entre le tube et l'extrémité de la voiture. Chaque paroi frontale est ainsi munie d'un demi-tunnel qui s'appuie par l'intermédiaire d'une articulation sur la tête de l'attelage automatique. Le tube formant demi-tunnel est muni sur sa tranche d'un joint spécial à deux lèvres en caoutchouc et sur ses deux côtés, à la partie inférieure, de pièces de guidage. Le demi-tunnel est maintenu dans sa position normale d'une part par l'attelage automatique et, d'autre part, par un dispositif de rappel à ressorts placé dans la partie supérieure. Lors de l'accouplement des deux têtes d'attelage, les deux demi-tunnels qui se font face sont ainsi amenés automatiquement en bonne position et une liaison parfaitement étanche des deux parties est obtenue sans avoir recours à un système de verrouillage mécanique. Une passerelle articulée et des tôles de protection permettent aux voyageurs un passage aisé et sans danger d'une voiture à l'autre. Ce dispositif assurant une bonne isolation phonique et une excellente étanchéité,

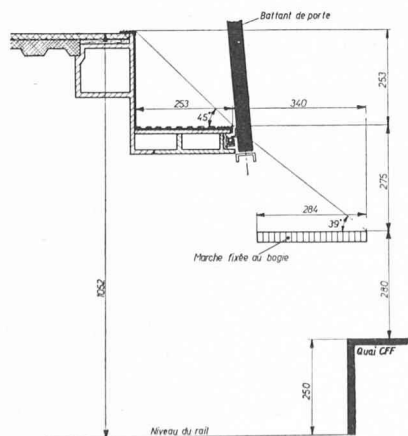


Fig. 146. — Coupe transversale de l'emmarchement.

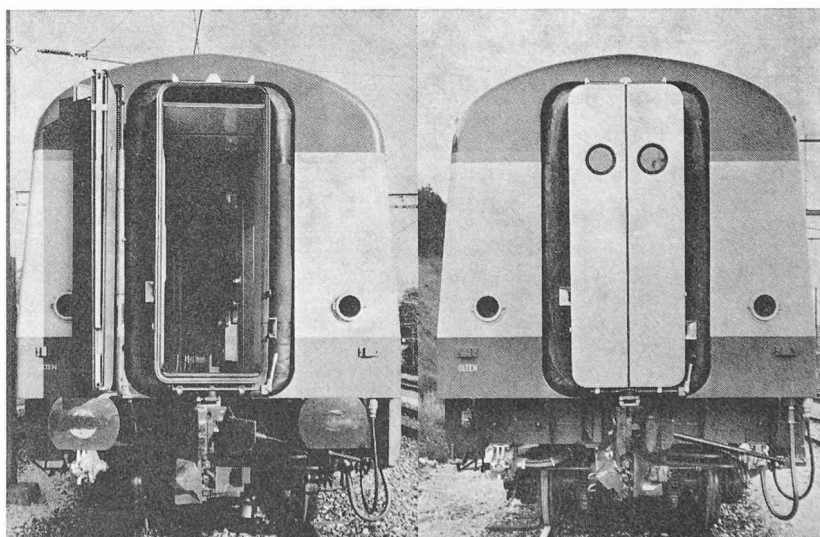


Fig. 147. — Tunnel d'intercirculation (à gauche). Paroi frontale avec tunnel d'intercirculation fermé et attelage automatique (à droite).

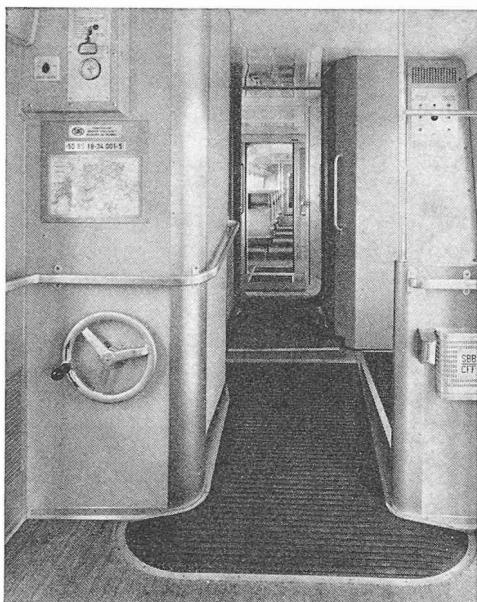


Fig. 148. — Passage entre deux voitures. (Photo SIG)

il a donc été possible de supprimer les portes d'extrémité en usage sur les voitures classiques. Le passage ainsi réalisé a une largeur utile de 700 mm et une hauteur libre de 1890 mm (fig. 148).

Les extrémités de la première et de la dernière voiture d'une rame sont normalement fermées à l'aide d'un couvercle en deux parties (fig. 144). Le verrouillage mécanique s'effectue à la partie inférieure au moyen du levier bien visible sur la figure.

2.6 Appareils de choc et traction

Comme il est dit au chapitre précédent, les voitures ont dû être équipées de l'attelage automatique afin de pouvoir réaliser le passage entre deux voitures au moyen d'un tunnel et l'accouplement entièrement automatique (fig. 147 à droite). L'espace disponible au-dessous du tunnel ne permettait pas à un agent d'effectuer normalement le serrage du tendeur de l'attelage à vis usuel.

On a donc choisi l'attelage automatique développé par l'UIC car, à l'époque de cette décision, l'introduction de cet attelage sur le plan européen était envisagée vers l'année 1980. Au cours de ces dernières années les choses ont évolué et cette introduction a été reportée à une date ultérieure sans autre précision.

L'attelage UIC réalise automatiquement l'accouplement mécanique de deux voitures ainsi que celui de deux conduites à air comprimé, l'une pour la commande du frein et l'autre pour l'alimentation de certains dispositifs à air comprimé, tels que par exemple la fermeture télécommandée des portes d'accès.

Les efforts de traction et de choc sont transmis au châssis par un dispositif élastique formé de deux ressorts en acier disposés en parallèle en raison du peu de place disponible dans l'extrémité du châssis. Il s'agit d'un système construit par la société Stabeg à Vienne.

La commande manuelle du dispositif de déverrouillage de l'attelage (fig. 149) se fait à l'aide d'un levier placé sur le côté droit de la paroi frontale lorsque l'on fait face à celle-ci. Chaque voiture est ainsi munie de deux commandes de déverrouillage disposées en diagonale. La tête de l'attelage est maintenue en position horizontale à l'aide d'une béquille, munie d'un ressort, placée sous la tête et s'appuyant sur la traverse de tête.

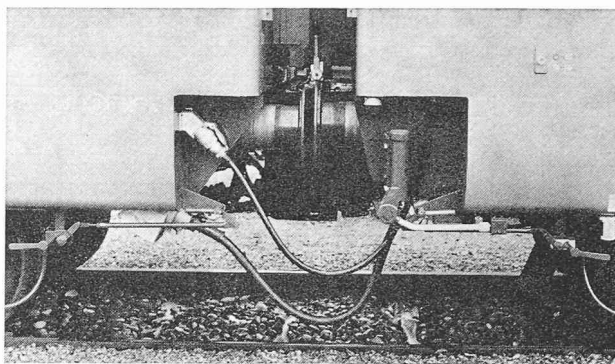


Fig. 149. — Commande du déverrouillage de l'attelage automatique et liaisons électriques entre deux voitures.

Les tampons latéraux sont nécessaires, malgré la présence de l'attelage automatique, pour absorber les réactions longitudinales qui se produisent dans la rame lors d'un freinage d'urgence du fait des jeux existant entre les têtes d'attelage accouplées. Cela est obtenu par une compression initiale des tampons d'environ 5 à 10 mm, les voitures étant accouplées, ce qui a pour effet de tendre les attelages. De plus, il a été nécessaire de modifier la caractéristique de l'effort de compression en fonction de la course afin que les tampons ne gênent pas trop les opérations d'accouplement dans les courbes de faible rayon.

2.7 Aménagements intérieurs

Tous les usagers de nos trains intervilles ont sans doute constaté que dans un train roulant à des vitesses relativement élevées pour nos lignes sinueuses implantées souvent en tranchée ou en tunnel, l'ouverture des fenêtres en été laisse pénétrer beaucoup de bruit dans les compartiments et crée aussi des courants d'air fort désagréables. Pour éliminer ces inconvénients, les nouvelles voitures sont munies de fenêtres fixes à vitrage double. Il en résulte la nécessité de prévoir une installation de climatisation qui, pour les conditions climatiques de notre pays, ne serait vraiment indispensable que pendant les quelques mois les plus chauds de l'année. C'est donc avant tout pour créer dans les compartiments voyageurs une ambiance favorable au repos ou au travail que ces deux dispositions, fenêtres fixes et climatisation, ont été adoptées et cela aussi bien en 1^{re} qu'en 2^e classe.

L'aménagement intérieur des compartiments (fig. 150 et 151)¹ est spacieux et conçu de manière à créer par l'harmonie des formes et des couleurs une atmosphère accueillante et agréable. Comme nous l'avons déjà signalé, la distance d'axe en axe de deux groupes de sièges se faisant vis-à-vis a été augmentée de 55 mm en 1^{re} classe et de 230 mm en 2^e par rapport à la voiture unifiée de la première génération. Cela a permis de concevoir, pour la 2^e classe, des sièges individuels avec une assise plus profonde et un dossier aux formes anatomiques offrant ainsi un excellent confort. Les sièges de 1^{re} classe sont munis d'un appui-tête réglable en hauteur. Pour des raisons d'économie, on a renoncé aux sièges à inclinaison variable, étant donné la forme voulue plus confortable de leur dossier.

Dans les deux classes, les porte-bagages formés de profilés en aluminium sont disposés longitudinalement au-dessus des fenêtres. La forme du plafond est conçue en fonction du système d'éclairage et de la climatisation. Dans la partie centrale se trouve le canal de distribution de l'air refroidi qui est diffusé dans le compartiment à

¹ Voir planches en couleurs au centre de ce numéro.

travers les nombreuses perforations du revêtement du plafond.

L'éclairage est obtenu par des tubes fluorescents noyés dans deux canaux continus disposés sur les deux côtés du plafond et légèrement inclinés. Ces dispositions sont bien visibles sur la figure 139 donnant la coupe transversale de la caisse et sur les photos des figures 150 et 151.¹ Les compartiments fumeurs et non-fumeurs sont séparés par une cloison vitrée et une porte battante. Les portes coulissantes vitrées séparant la plate-forme d'entrée du compartiment sont à ouverture électro-pneumatique commandée par des nattes de contact placées sur le plancher et à fermeture temporisée automatique. En 1^{re} classe, la porte de compartiment est formée de deux vantaux qui donnent un passage libre de 755 mm. En 2^e classe, cette porte est à un seul vantail avec une ouverture libre de 660 mm.

Ainsi, mise à part la porte battante séparant les compartiments fumeurs et non-fumeurs, le voyageur qui se rend au wagon-restaurant n'a donc aucune porte à manœuvrer.

Toutes les fenêtres de compartiments ont une largeur uniforme de 1400 mm et sont munies d'un vitrage double pour éviter la formation de buée et améliorer l'isolation thermique et acoustique. Elles sont également munies d'un store translucide antisoleil.

Les plates-formes d'entrée et les locaux annexes sont dimensionnés pour faciliter la circulation des voyageurs. A l'une des extrémités se trouve une toilette équipée d'un lavabo avec distribution d'eau chaude et froide. A l'autre extrémité, la place disponible est aménagée comme soute pour les bagages encombrants. Les armoires contenant l'appareillage électrique sont également disposées aux extrémités de la voiture.

Chaque plate-forme d'entrée est munie d'une baie ouvrante, normalement verrouillée en position fermée, pouvant servir à l'aération de secours des compartiments en cas de panne de la climatisation. Le sol de la plate-forme est recouvert d'un tapis brosse. Dans les compartiments, le sol est recouvert d'un tapis de couleur anthracite en laine en 1^{re} classe et en fibres synthétiques en 2^e classe.

La voiture-restaurant possède une seule plate-forme d'entrée avec les locaux annexes comprenant un vestiaire pour le personnel et deux armoires pour l'appareillage électrique et les provisions de la cuisine. L'aménagement intérieur (fig. 152)¹ comprend une grande salle à manger avec des tables à deux et à quatre places dotées de sièges mobiles. A l'extrémité opposée à l'entrée sont aménagés la cuisine (fig. 153) et l'office équipés d'un potager, des armoires frigorifiques, d'une machine à laver la vaisselle

et de tous les agencements nécessaires à un travail rationnel. La décoration intérieure et le choix des teintes créent un ensemble harmonieux et reposant, sans luxe exagéré, correspondant à un restaurant de classe.

L'aménagement intérieur de la voiture mixte placée à l'extrémité de la rame comprend quatre compartiments de 1^{re} classe à six places assises et un compartiment à cinq places (fig. 154) auxquels on accède par un couloir latéral, un local à bagages et un compartiment spécial pouvant accueillir un invalide sur son fauteuil roulant (fig. 155). Ce type de voiture a été créé pour répondre au désir souvent exprimé par des petits groupes de voyageurs de 1^{re} classe désirant voyager ensemble dans un compartiment isolé. A cet effet, ces compartiments peuvent être loués moyennant le paiement d'une taxe et d'un certain nombre de billets de 1^{re} classe. Cette voiture étant toujours placée en queue ou en tête de la rame, la paroi frontale du côté du local à bagages ne possède pas de passage d'intercirculation.

2.8 Fourniture d'énergie, climatisation et éclairage

La fourniture de l'énergie nécessaire à tous les consommateurs est assurée par l'intermédiaire de la conduite de chauffage alimentée par la locomotive en courant alternatif à la tension de 1000 V et la fréquence de $16 \frac{2}{3}$ Hz. La figure 156 donne le schéma de principe de la fourniture d'énergie. Sur chaque voiture, il y a donc trois circuits principaux qui sont :

- barre collectrice 1000 V $16 \frac{2}{3}$ Hz pour l'alimentation des corps de chauffe, du moteur du compresseur et du transformateur comportant des prises de 220 V et 78 V au secondaire;
- barre collectrice 220 V à laquelle sont raccordés les moteurs des ventilateurs de la climatisation et le chauffe-eau de la toilette;
- barre collectrice de 36 V à laquelle sont raccordés :
 - l'éclairage par tubes fluorescents,
 - la commande de la climatisation,
 - la commande du dispositif d'inclinaison de la caisse,
 - la prise pour rasoir électrique,
 - l'installation de sonorisation,
 - la commande de la fermeture des portes,
 - la commande de l'éclairage.

Le transformateur monophasé de 10 KVA à refroidissement naturel par huile est monté sous le châssis. Il possède deux sorties au secondaire, l'une de 220 V qui alimente les appareils fonctionnant sous cette tension et l'autre

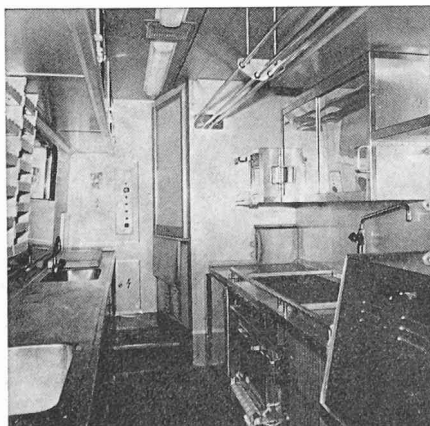


Fig. 153. — Intérieur de la cuisine (Photo SWS).

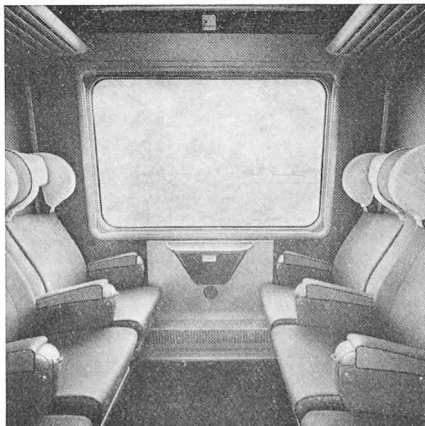


Fig. 154. — Compartiment de 1^{re} classe à six places (Photo FFA).

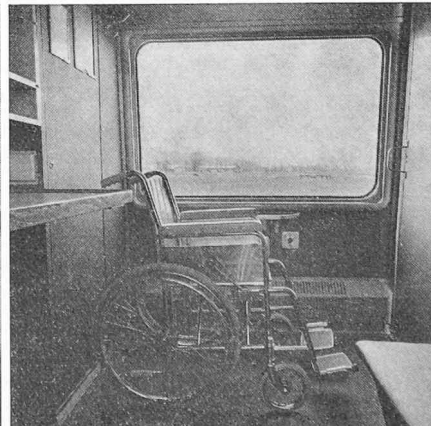


Fig. 155. — Compartiment pour invalide (Photo FFA).

¹ Voir planches en couleurs au centre de ce numéro.

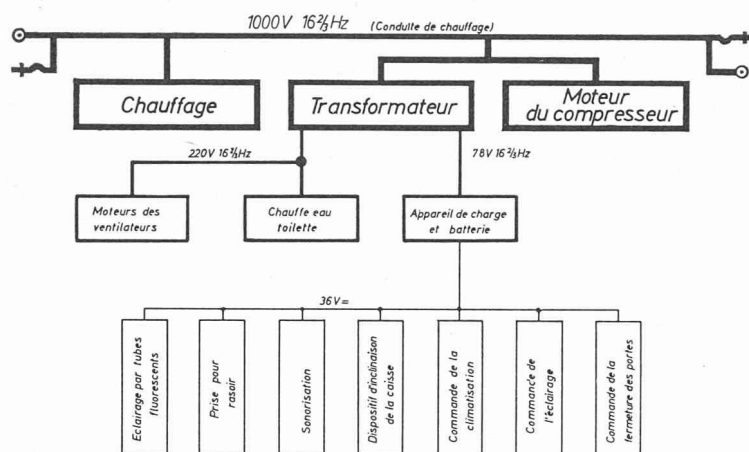


Fig. 156. — Schéma de principe de la fourniture d'énergie.

de 78 V qui conduit à l'appareil de charge des batteries 36 V, 300 Ah.

L'installation de climatisation comprend essentiellement les appareils suivants, représentés schématiquement sur la figure 157¹ :

- un groupe moteur-compresseur avec condenseur logé sous le châssis ;
- un appareillage de climatisation pour chaque compartiment (fumeurs et non-fumeurs) monté dans la toiture au-dessus de chaque plate-forme d'entrée. Cet appareillage se compose d'un filtre à air frais, de deux évaporateurs, d'un réchauffeur d'air et de deux ventilateurs, l'un pour l'air frais et l'autre pour l'air de recyclage ;
- de deux filtres d'air de recyclage ;
- des dispositifs de réglage et de commutation.

La température intérieure de chaque compartiment est réglée automatiquement, les dispositifs de commutation pouvant assurer les régimes suivants :

- préchauffage,
- chauffage en régime permanent,
- déshydratation,
- aération,
- refroidissement normal et fort.

La commutation d'un régime à un autre se fait automatiquement selon les besoins conformément aux conditions de confort fixées par l'UIC.

En régime de chauffage, la température du compartiment est réglée à la valeur de 22°C avec la possibilité pour les voyageurs de la faire varier dans les limites de $\pm 2^\circ\text{C}$ à l'aide d'un bouton de réglage.

En régime de réfrigération et par une température extérieure (θ ext.) supérieure à 24°C, la température intérieure (θ int.) du compartiment est réglée à la valeur donnée par la formule

$$\theta \text{ int.} = \frac{20^\circ + \theta \text{ ext.}}{2}$$

La partie « chauffage » de l'installation est conçue comme un chauffage à air pulsé au moyen d'un corps de chauffe de 17,5 KW monté entre l'évaporateur I et le ventilateur I.

Dans la partie « refroidissement » l'air est refroidi et déshydraté par un groupe frigorifique BBC travaillant selon le principe de la compression. Cette installation comprend les éléments principaux suivants :

- le compresseur,
- le condenseur avec ventilateur,
- le réservoir de réfrigérant,
- le filtre dessiccateur,
- les deux évaporateurs.

Le compresseur est accouplé directement à un moteur électrique alimenté en courant alternatif 1000 V 16 2/3 Hz par la ligne de train. Ce moteur entraîne également le ventilateur du condenseur. L'ensemble forme un groupe

suspendu au châssis par l'intermédiaire d'éléments en caoutchouc afin d'éviter la transmission du bruit et des vibrations à la caisse de la voiture.

La circulation de l'air ressort de la disposition schématique des appareils donnée par la figure 157.¹ Le ventilateur I aspire l'air frais (A) à travers la grille à tuyères placée dans la toiture au-dessus de la porte d'accès. L'air passe ensuite par le filtre, l'évaporateur I et le corps de chauffe pour être distribué dans le compartiment par les canaux de distribution placés au bas de chaque paroi latérale (7). Une partie de l'air réchauffé est dirigée par d'autres canaux (D) vers les locaux annexes (plate-forme, WC, enceinte du réservoir d'eau).

L'air de recyclage (B) provenant du compartiment est aspiré par le ventilateur II à travers les filtres disposés dans les canaux de l'air de recyclage et l'évaporateur II. Il est ensuite mélangé à de l'air réchauffé et à de l'air frais puis dirigé vers le compartiment par le canal monté dans le plafond (8) et ensuite distribué dans le compartiment par les orifices multiples du revêtement de plafond.

Une partie de l'air de recyclage est mélangé avec de l'air frais avant de passer dans le corps de chauffe. Une autre partie de cet air est évacuée à l'extérieur (E) par la plate-forme d'entrée et une deuxième grille à tuyère montée au bas de la toiture.

Les compartiments, les plates-formes d'entrée et le WC sont éclairés par des tubes fluorescents. Chaque tube est muni d'un convertisseur statique transistorisé qui transforme le courant de la batterie en courant alternatif à la fréquence de 20 000 Hz. Un appareil de charge logé dans un coffre sous le châssis sert à alimenter la batterie d'accumulateurs et à assumer différentes fonctions de commande à la tension de 36 V. Le courant de 1000 V 16 2/3 Hz, pris sur la conduite de chauffage, est transformé en courant continu par un transformateur et le convertisseur de l'appareil de charge. L'éclairage est télécommandé ; il peut être enclenché ou déclenché par le mécanicien de la locomotive pour le train tout entier. Un interrupteur de service permet d'enclencher sur chaque voiture l'éclairage complet ou l'éclairage réduit. La batterie alimente également deux signaux de queue fixes montés dans chaque paroi de bout et munis d'interrupteurs individuels.

Toutes les voitures sont équipées d'une installation de sonorisation permettant de diffuser de la musique et des annonces aux voyageurs. Chaque compartiment et la salle à manger sont munis de haut-parleurs dont l'intensité peut être réglée à volonté. L'installation est desservie par le chef de train depuis un poste central installé dans le compartiment pour invalides. Un micro téléphone est aussi installé dans la voiture-restaurant.

¹ Voir planches en couleurs au centre de ce numéro.

La télécommande des différentes installations (fermeture des portes, éclairage, sonorisation) et la transmission des informations du dispositif d'inclinaison de la caisse sont assurées par une conduite d'asservissement à 25 pôles qui est accouplée manuellement entre les voitures et avec la locomotive.

2.9 Bogies et équipement de frein

En 1969 déjà, les CFF demandèrent à la SIG l'étude d'un type de bogie pour l'équipement des nouvelles voitures basée sur les plus récents développements de la technique dans ce domaine. Il fallait rechercher une construction capable de donner à la voiture une qualité de marche nettement améliorée.

Deux types de bogies furent construits et montés à titre d'essai sur deux voitures unifiées type II. Le premier était conçu selon les principes du bogie Y 28 développé par la SNCF mais adapté par la SIG aux conditions particulières des voitures CFF. Le deuxième était une adaptation d'un nouveau type conçu en Allemagne selon les idées développées par le professeur Mölbert. Les deux voitures équipées de ces nouveaux bogies furent soumises à toute une série d'essais de stabilité de marche en Suisse et en France sur une ligne de la SNCF jusqu'à la vitesse maximum de 200 km/h. Ces essais ayant donné des résultats très satisfaisants pour les deux types de bogies, il fut alors décidé d'équiper les quatre prototypes de la voiture unifiée type III avec le bogie Y 28-SIG qui seul permettait le montage ultérieur d'un dispositif d'inclinaison de la caisse. Cependant, la SIG n'abandonna pas pour autant le développement de son type M sur la base des résultats obtenus aux essais et apporta les modifications nécessaires pour le rendre apte à recevoir le mécanisme d'inclinaison de la caisse.

Une paire de bogies d'essais fut alors construite et montée sur l'une des voitures prototypes. Les essais de stabilité de marche effectués avec cette voiture donnèrent des résultats très satisfaisants. Etant donné que ce bogie présentait encore certains avantages au point de vue de l'entretien, la décision fut prise d'équiper les 68 voitures de la première série avec ce nouveau type de bogie qui est désigné par les lettres *MQS-sk*. Ce sigle signifie qu'il s'agit d'un bogie de la série *M* capable d'être muni d'un dispositif d'inclinaison de la caisse (*Q*) et équipé de ressorts en acier (*S*) pour la suspension secondaire. De plus, il est équipé du frein à disque (*s*) combiné avec le frein à sabot (*k*).

Nous allons maintenant donner une description de ce nouveau bogie (fig. 158)¹ en nous limitant à ses caractéristiques essentielles et aux éléments principaux qui entrent dans sa construction. Le bogie *M*, comme les bogies d'essais, conserve la structure à deux étages de suspension : la suspension primaire située entre les essieux montés et le châssis, et la suspension secondaire disposée entre le châssis et la caisse. Il retient les principes essentiels concernant le découplage de ses mouvements de ceux de la caisse, à savoir

- découplage des mouvements verticaux et de tangage du châssis de bogie de ceux de la caisse ;
- découplage des mouvements de lacet du bogie de celui de la caisse.

Il est également nécessaire que la fréquence de tangage du châssis de bogie soit nettement différente de la fréquence propre fondamentale de la caisse en flexion, ceci afin d'éviter la transmission de vibrations à la caisse.

¹ Voir planches en couleurs au centre de ce numéro.

Pour réduire dans toute la mesure possible la masse des organes non suspendus, les essieux montés sont formés d'un essieu-axe creux et de roues monobloc de 800 mm de diamètre avec une plage d'usure de 30 mm seulement. De plus, les boîtes d'essieux munies de roulements à rotule sur rouleaux sont exécutées en fonte d'alliage d'aluminium. Elles sont en deux parties assemblées par boulons pour faciliter le démontage de l'essieu lors des opérations d'entretien. Chaque essieu monté est muni de deux disques de freinage disposés entre les roues.

La boîte d'essieu est prolongée par un bras assurant le guidage de l'essieu et articulé au châssis de bogie par l'intermédiaire d'une cheville. Ce bras s'appuie sur la suspension primaire formée par un empilage de disques en caoutchouc disposé sous le longeron du châssis. On examine actuellement le remplacement du caoutchouc par un ressort en acier, afin de diminuer la rigidité de cette suspension.

Le châssis de bogie a la forme d'un H dans le plan horizontal. Il est constitué par deux longerons reliés entre eux par deux traverses de section tubulaire. Il est muni de tous les supports nécessaires à la fixation des éléments du frein à disque et du frein à sabot.

La charge de la caisse est transmise au châssis de bogie par une traverse intermédiaire s'appuyant sur les ressorts en hélice de la suspension secondaire qui reposent sur les longerons du châssis. Il y a deux paires de ressorts de chaque côté, chaque paire étant pourvue d'un amortisseur hydraulique des mouvements verticaux. La traverse intermédiaire est asservie au châssis de bogie par deux bielles montées sur des articulations en caoutchouc qui assurent la transmission des efforts longitudinaux. La liaison entre la caisse et la traverse intermédiaire est obtenue par une traverse en forme de H fixée rigidement par quatre boulons au châssis de la caisse. Elle comporte en son milieu un pivot d'entraînement muni d'une articulation sphérique en caoutchouc. Cette traverse s'appuie sur la traverse intermédiaire par deux galets en acier, ce qui permet la rotation presque sans frottement du bogie par rapport à la caisse.

Les ressorts de la suspension secondaire ont aussi la fonction d'assurer la suspension transversale de la caisse en faisant appel pour cela à leur flexibilité dans le sens transversal. Les mouvements transversaux de la caisse par rapport au châssis de bogie sont contrôlés par un amortisseur hydraulique.

Les voitures sont équipées du frein automatique à air comprimé à commande électro-pneumatique. Les organes de freinage proprement dit, comprenant le frein à disque et le frein à sabot, sont montés dans les bogies. Seuls les appareils de commande du frein tels que le distributeur et les réservoirs à air comprimé sont montés sous la caisse. Chaque essieu comporte deux disques de freinage ; chaque disque est muni d'un cylindre de frein de 8" avec un régleur de timonerie incorporé. Le frein à sabot se compose de quatre unités par bogie comprenant chacune un cylindre de 120 mm de diamètre, avec régleur de timonerie incorporé, agissant sur une semelle en fonte du côté intérieur de la roue.

L'effort de freinage total est réparti à raison de 75 % pour le frein à disque et 25 % pour le frein à sabot. Le frein à sabot n'agit que lors d'un freinage puissant et a essentiellement pour but d'éviter le polissage de la table de roulement des roues en maintenant une certaine rugosité de celle-ci. On peut ainsi conserver de bonnes conditions d'adhérence entre la roue et le rail.

Chaque essieu est en outre équipé d'un dispositif anti-entrayeur qui a pour fonction d'annuler momentanément

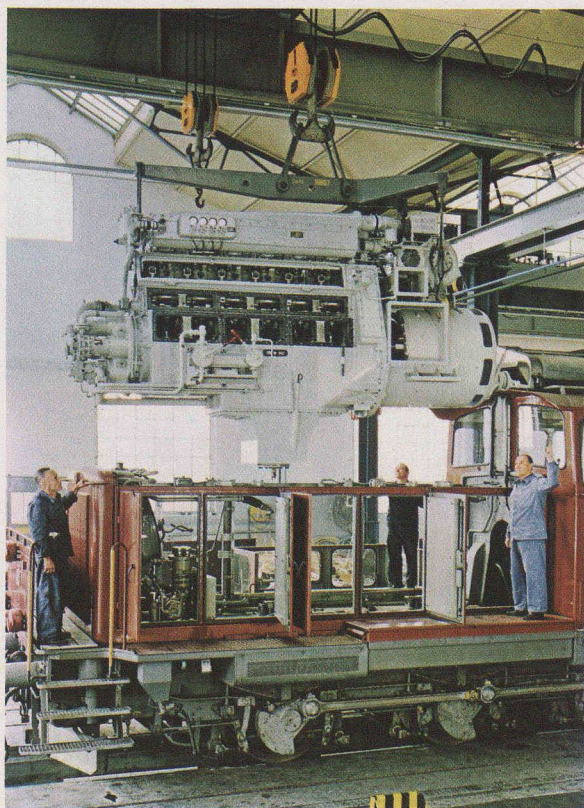


Fig. 126. — Démontage du groupe générateur d'une locomotive Em 3/3.



Fig. 150. — Compartiment de 1^{re} classe. (Photo SIG)



Fig. 151. — Compartiment de 2^e classe. (Photo SIG)



Fig. 152. — Salle à manger de la voiture-restaurant.

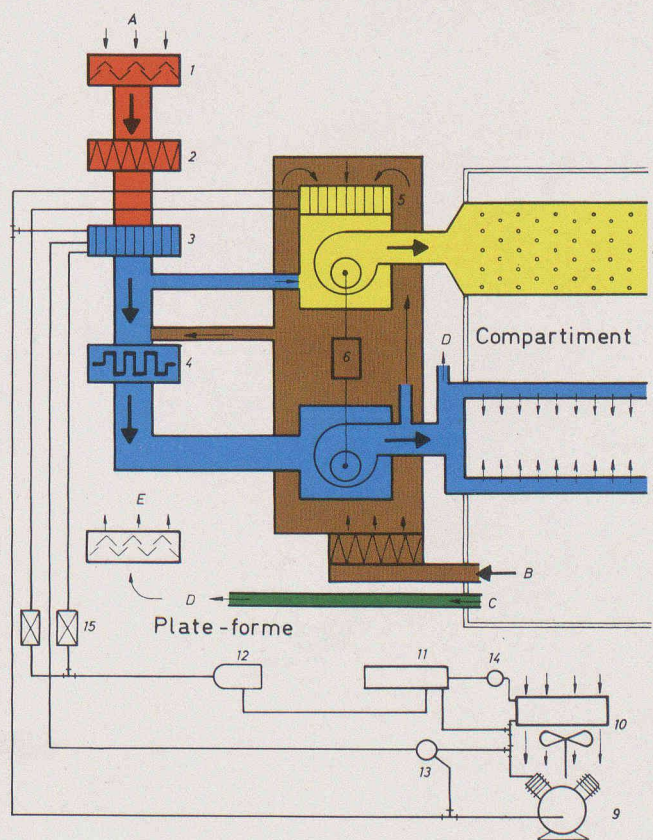


Fig. 157. — Disposition schématique de l'installation de climatisation.

Circulation de l'air

A = air frais
B = air de recyclage
C = air évacué

D = air chauffant les locaux annexes
E = air évacué à l'extérieur

Appareils

1 grille à tuyères	8 plafond perforé
2 filtre d'air frais	9 compresseur
3 évaporateur I	10 condenseur avec ventilateur
4 corps de chauffe	11 réservoir du réfrigérant
5 évaporateur II	12 filtre
6 moteur des ventilateurs	13 bypass de réglage
7 canaux de distribution d'air dans le compartiment : bas des parois latérales	14 soupape de retenue
	15 électrovalves

Fonctionnement en régime de refroidissement

Orange	Air frais
Bleu	Air desséché et distribué dans le compartiment par les canaux des parois latérales (7)
Jaune	Air refroidi et distribué dans le compartiment par le canal de plafond (8)
Brun	Air de recyclage
Vert	Air évacué sur la plate-forme et ensuite à l'extérieur



Fig. 158. — Bogie SIG type MQS. Empattement 2,35 m. Diamètre des roues 0,80 m. Poids 4700 kg. Flexibilité de la suspension primaire 1,7 mm/t, secondaire 13,1 mm/t, total = 14,8 mm/t. (Photo SIG)

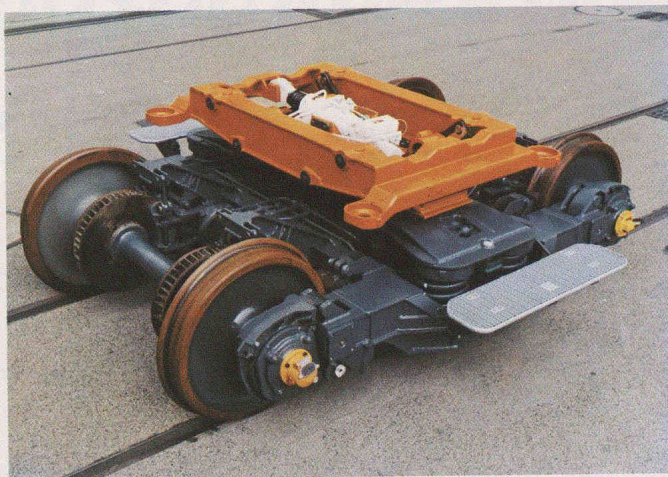


Fig. 161. — Bogie SIG type MQS avec le vérin hydraulique. (Photo SIG)

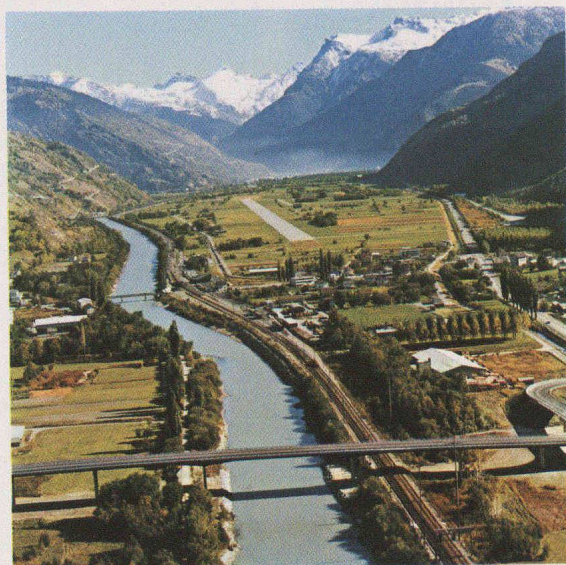
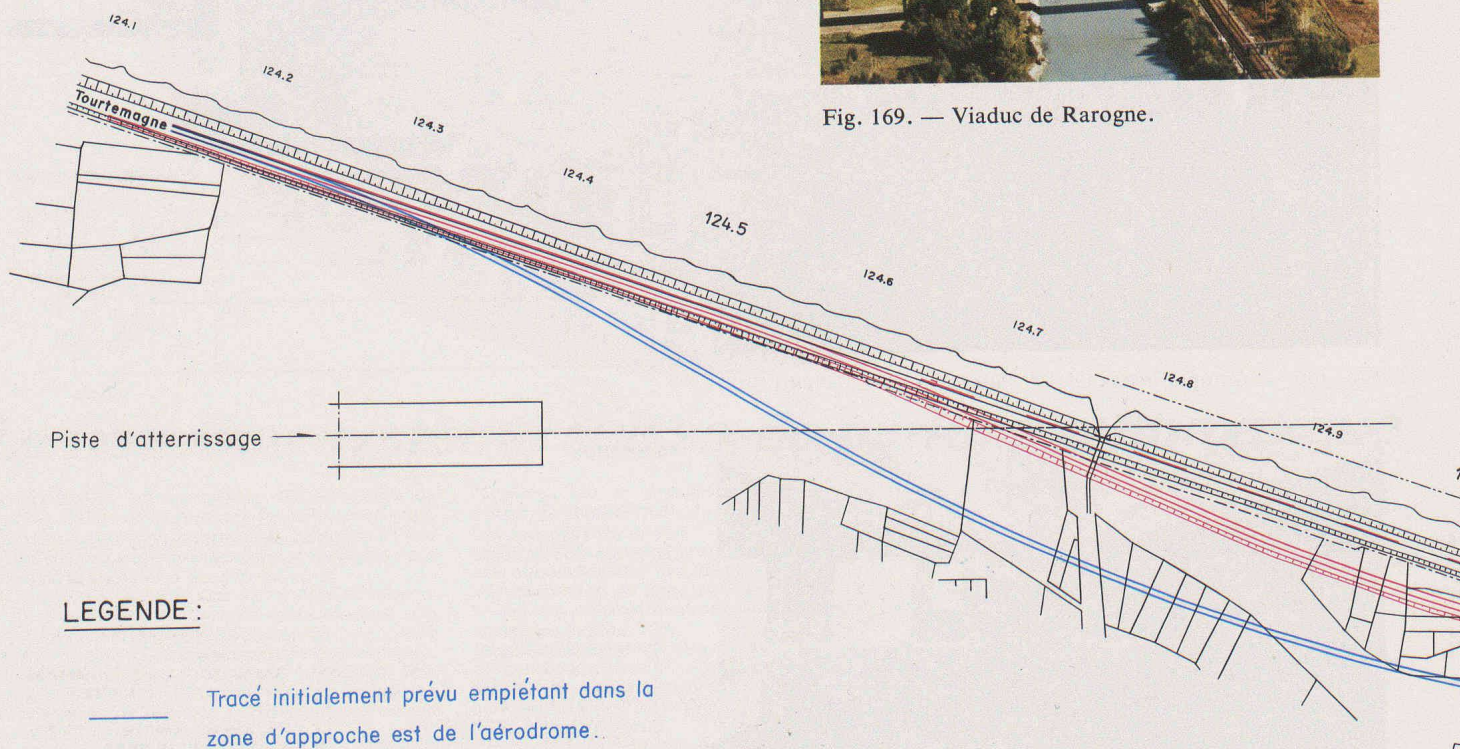
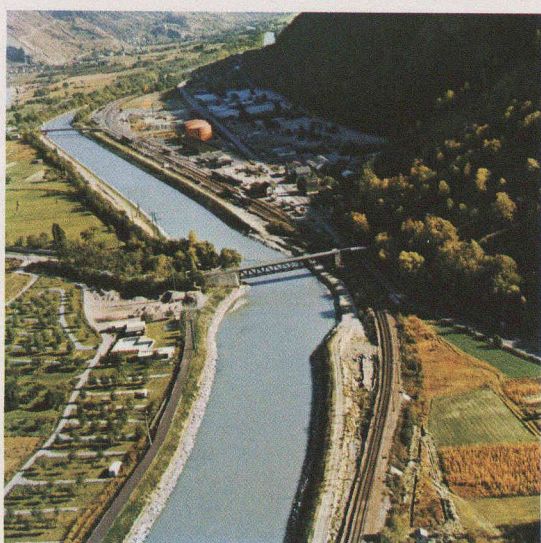
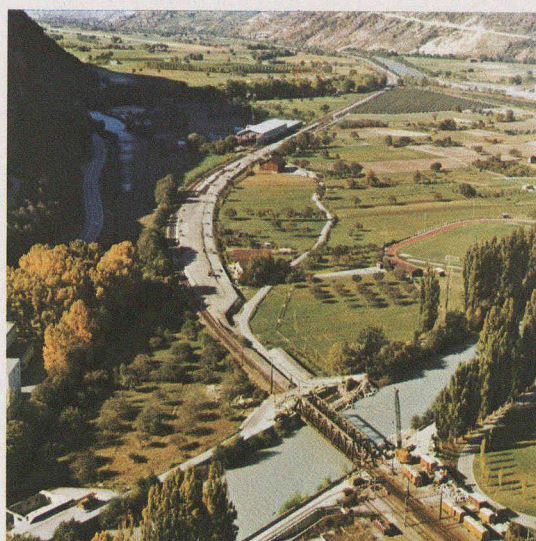
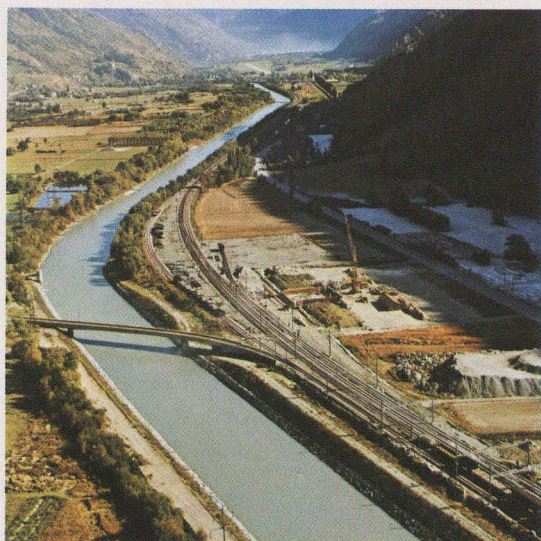


Fig. 169. — Viaduc de Rarogne.



LEGENDE :

- Tracé initialement prévu empiétant dans la zone d'approche est de l'aérodrome.
- Projet corrigé pour éviter ce conflit.



▲ Fig. 172. — Station de *Gampel*: correction de tracé de la tête est. Passage sur le Rhône du raccordement « Alusuisse » et nouvelle zone industrielle à droite des voies.

▲ Fig. 173. — Coude du Rhône à *Gampel*, vu de l'ouest. La correction du fleuve a été interrompue au droit du pont de la route du Loetschental. On distingue les anciens bâtiments de la station, aujourd'hui démolis, et les nouveaux situés plus à l'est.

▲ Fig. 175. — Pont ferroviaire de 1922 sur la *Viège* et construction des fondations d'un des trois nouveaux ouvrages. Plate-forme de la gare élargie jusqu'à l'emplacement du futur passage inférieur de la rive gauche.

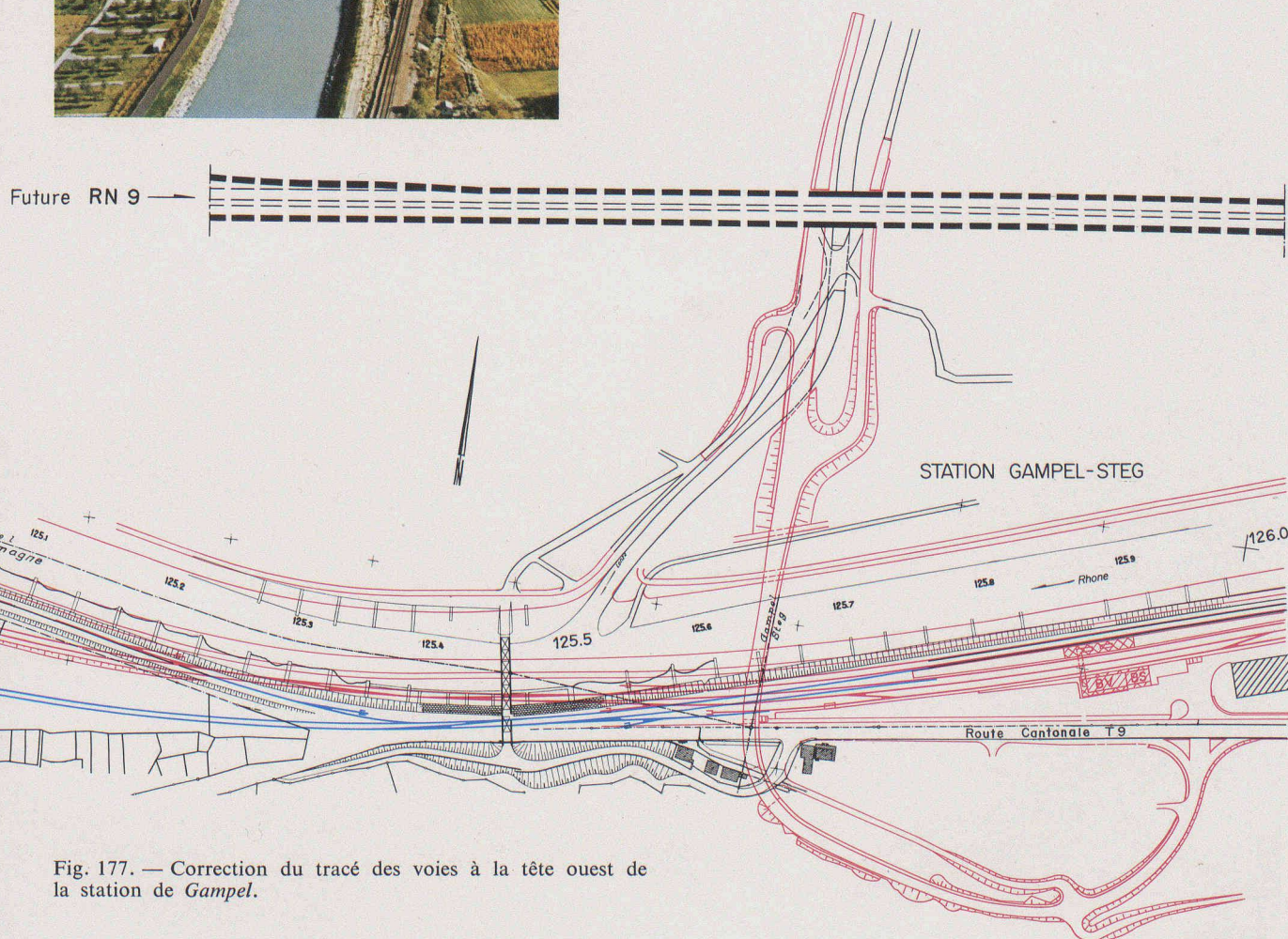


Fig. 177. — Correction du tracé des voies à la tête ouest de la station de *Gampel*.

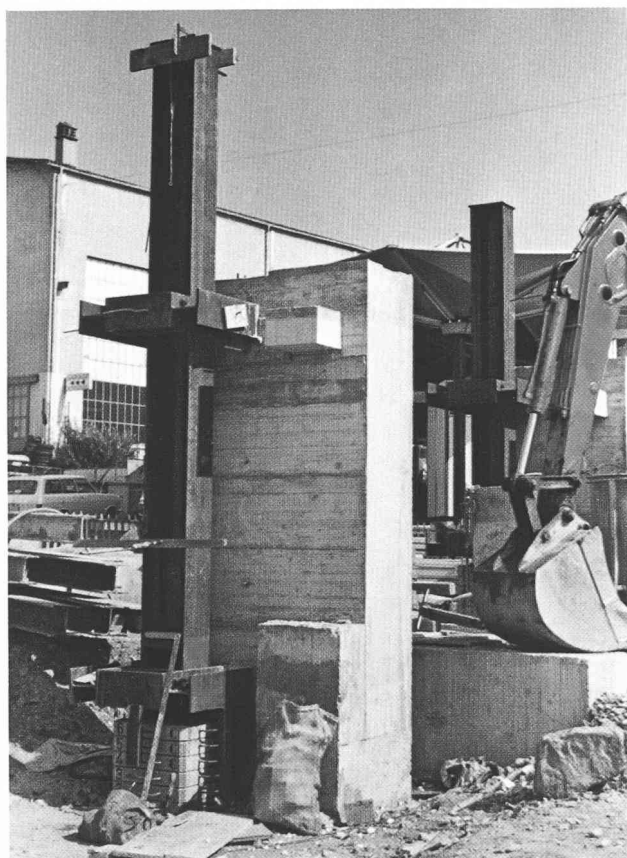


Fig. 189. — Passage inférieur de Malley. Détail du dispositif d'abaissement de la dalle schématisé à la figure 188. En bas à gauche, sous la colonne métallique, on distingue l'empilage des galettes de béton fretté.



Fig. 190. — Passage inférieur de Malley. Train de rouleaux pour le ripage de la dalle. Sur la culée, on aperçoit les niches contenant les vérins de levage de 200 tonnes.

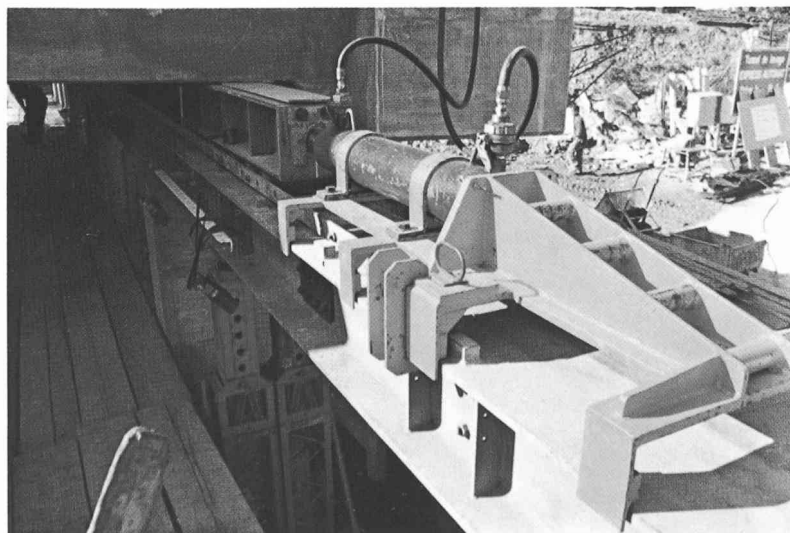


Fig. 191. — Passage inférieur de Malley. Berceau et vérin pousseur pour le ripage de la dalle. Au centre de la photo, deux des butées d'appui du système.

l'effort de freinage lorsque les conditions d'adhérence entre la roue et le rail sont mauvaises et éviter la formation de méplats sur les roues.

La commande électropneumatique du frein permet la mise en action du freinage au même instant sur chaque voiture de la rame et, par conséquent, de diminuer les réactions longitudinales pouvant se produire dans les voitures lors d'un freinage d'urgence.

3. Dispositif d'inclinaison de la caisse

Comme nous l'avons dit au chapitre précédent, toutes les voitures de la première série sont construites de manière à pouvoir être équipées ultérieurement avec un dispositif d'inclinaison de la caisse. Le but de cette installation est de permettre une augmentation de la vitesse de circulation dans les courbes sans pour autant compromettre le confort des voyageurs. Il est ainsi possible de diminuer les temps de parcours et, par conséquent, d'améliorer le service à la clientèle des trains intervalles en élevant leur vitesse commerciale.

La vitesse de circulation dans les courbes est limitée, d'une part, par les efforts exercés par les roues de la locomotive sur la voie et, d'autre part, par les effets de la force centrifuge sur les voitures et les voyageurs qui s'y trouvent. La force centrifuge est proportionnelle au carré de la vitesse et inversement proportionnelle au rayon de la courbe. Elle est compensée en partie par le dévers donné à la voie en courbe, c'est-à-dire par la surélévation de la file extérieure des rails par rapport à la file intérieure. Sur le réseau des CFF, le dévers maximum est de 150 mm, ce qui correspond à un angle du plan de la voie de 6° par rapport à l'horizontale. Les vitesses de circulation dans les courbes sont déterminées en fonction du rayon de manière que l'accélération transversale due à la force centrifuge non compensée ne dépasse pas une valeur comprise entre 0,8 et 0,9 m/s², considérée comme acceptable pour le confort des voyageurs. Cependant, il s'agit d'une valeur théorique car, en raison de la souplesse des ressorts de la suspension entre caisse et bogie, la force centrifuge non compensée a pour effet d'incliner la caisse vers l'extérieur de la courbe. De ce fait, l'accélération transversale résiduelle à laquelle sont soumis les voyageurs peut atteindre des valeurs de 1,2 à 1,4 m/s² ce qui représente la limite supérieure tolérée pour le confort.

Pour augmenter la vitesse dans les courbes, deux possibilités peuvent être envisagées :

- augmenter le dévers à une valeur d'au moins 250 mm, ce qui n'est guère réalisable étant donné que celle-ci serait trop élevée pour les trains lents. De plus, un train doit pouvoir s'arrêter en courbe sans qu'il y ait un risque de renversement des véhicules ;
- incliner la caisse vers l'intérieur de la courbe par rapport au plan des rails, ce qui permet d'obtenir le même résultat qu'avec une augmentation du dévers. Cette méthode présente encore l'avantage de pouvoir compenser l'effet de la force centrifuge sur les organes de suspension du véhicule.

Avant d'examiner plus en détail le dispositif d'inclinaison de la caisse des voitures, il y a lieu de parler des mesures prises sur la locomotive pour augmenter la vitesse dans les courbes. A partir de 1968, les services techniques des CFF se sont penchés sur ce problème et ont entrepris une vaste campagne d'essais de circulation en courbe avec leur nouvelle locomotive à grande puissance de la série Re 4/4 II. Il s'agit d'un engin moteur d'une puissance de 6500 CV comportant deux bogies à

deux essieux capables de circuler à la vitesse maximum de 140 km/h. La charge par essieu est de 20 t. Différentes dispositions constructives ont été adoptées sur cette locomotive afin de diminuer autant que possible les efforts de guidage des essieux dans la voie ainsi que les efforts exercés par les roues sur la voie dans les courbes. Nous citerons ici seulement les deux dispositions principales, à savoir l'élasticité transversale de l'essieu par rapport aux boîtes d'essieu contrôlée par des ressorts afin de diminuer les efforts dynamiques de guidage et l'accouplement transversal, avec ressorts de rappel, des deux bogies conduisant à une meilleure inscription du véhicule dans les courbes.

A l'aide d'une méthode de mesure développée et mise au point par les CFF, il était possible de mesurer les efforts (transversaux et verticaux) exercés par les deux roues d'un essieu sur la voie dans des courbes de différents rayons compris entre 300 et 900 m en fonction de la vitesse de marche.

En partant de l'effort transversal Y et de l'effort vertical Q entre une roue et le rail, il existe deux critères qui ont une grande importance pour la sécurité de la circulation des véhicules. Ce sont :

- le rapport $\frac{Y}{Q}$ pour une roue qui caractérise la sécurité contre le déraillement et ne doit pas dépasser la valeur de 1,2 ;

- le quotient $\frac{\sum Y}{1 + \frac{\sum Q}{3}}$ (appelé facteur Prud-homme) qui

caractérise le risque de ripage de la voie et ne doit pas dépasser la valeur de 0,85 sur une distance supérieure à 2 m.

De ce dernier critère, il résulte que, pour une locomotive chargée à 20 t par essieu, l'effort de ripage de la voie ne doit pas dépasser la valeur de 6,5 t. Il s'agit de la somme algébrique des efforts transversaux exercés sur les rails par les deux roues d'un essieu. Cette valeur est valable pour une courbe de 300 m de rayon.

Les nombreuses mesures effectuées par les CFF ont montré que les efforts transversaux diminuent notablement lorsque le rayon de la courbe augmente. Cela est surtout dû au fait que le coefficient de frottement entre roue et rail dans le sens transversal diminue avec l'augmentation du rayon de la courbe. De plus, les essais ont également montré que la valeur de ce coefficient de frottement est influencée par les conditions atmosphériques (état du rail et température). Des valeurs atteignant 0,45 ont été mesurées en été par temps très chaud dans des courbes de rayon compris entre 450 et 600 m. Etant donné que les efforts transversaux admis dans une courbe de 300 m de rayon peuvent également l'être dans les courbes de plus grand rayon, il en résulte que la vitesse de circulation peut ainsi être augmentée sans inconvénient pour la tenue de la voie.

Pour atténuer l'inclinaison de la caisse de la locomotive vers l'extérieur de la courbe aux vitesses plus élevées, un dispositif stabilisateur formé d'une barre de torsion est monté dans les bogies. Aux essais, on a pu constater que le mécanicien assis supporte très bien une accélération transversale pouvant atteindre 1,6 m/s².

Le graphique de la figure 159 représente les vitesses de circulation et les efforts transversaux en fonction du rayon de la courbe. La vitesse normale (1) correspondant à une accélération transversale non compensée de 0,8 m/s². La courbe (2) donne la vitesse théorique possible de la loco-

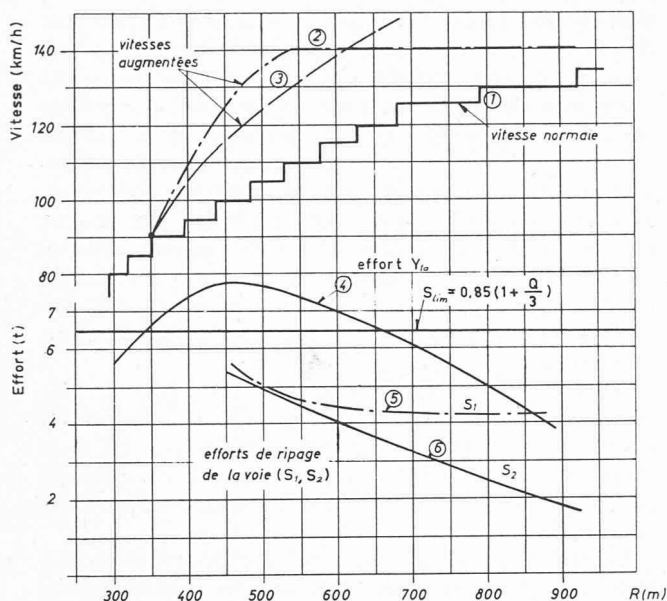


Fig. 159. — Diagramme des vitesses et des efforts en fonction du rayon de la courbe.

motive avec une accélération non compensée de $1,8 \text{ m/s}^2$. Les valeurs mesurées de l'effort quasi statique de guidage transversal de la roue extérieure du 1^{er} essieu aux vitesses de la courbe (2), sont représentées par la courbe (4). Les valeurs mesurées de l'effort de ripage de la voie (5, 6) résultant du 1^{er} et du 2^e essieu de la locomotive sont nettement au-dessous de la valeur limite de 6,5 t. L'augmentation de la vitesse dans les courbes de rayon compris entre 450 et 550 m est ainsi de 30 % environ.

Pour ramener l'accélération non compensée de $1,8 \text{ m/s}^2$ agissant sur la voiture et ses occupants aux vitesses plus élevées à la valeur admissible de $0,8 \text{ m/s}^2$, il est nécessaire d'incliner la caisse d'un angle d'environ 6° par rapport au bogie ou au plan de la voie. Cela revient pratiquement à

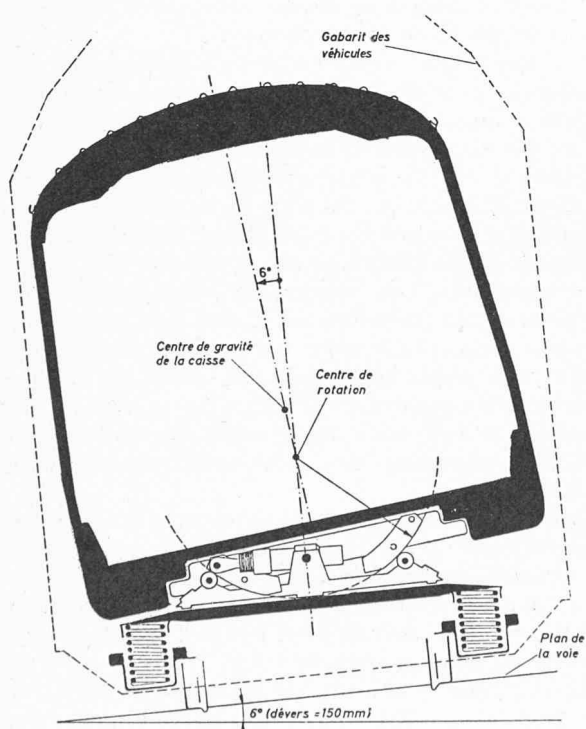


Fig. 160. — Coupe transversale de la voiture en position inclinée. Voie en dévers maximum de 150 mm et caisse inclinée de 6° .

augmenter le dévers de 150 mm. Par rapport à l'horizontale, on a une inclinaison totale de la caisse de 12° (fig. 160).

Dans l'état actuel de la voie et en tenant compte des valeurs maximales que peuvent atteindre les efforts de ripage de la voie par temps très chaud, les vitesses de marche qui pourront être atteintes sont données par la courbe (3) de la figure 159.

Le dispositif d'inclinaison de la caisse doit être capable de l'incliner avant l'entrée en courbe et de la ramener dans sa position normale après le passage de la courbe. Sur le réseau CFF, les courbes de raccordement qui précèdent et suivent la courbe de rayon constant ont une longueur assez faible qui est, en moyenne, de 60 m. A la vitesse de 140 km/h, cette distance est parcourue en 1,5 s. et c'est pendant ce temps que la caisse doit être inclinée de 6° . Des essais ont cependant montré qu'une durée de 1,8 s. convient bien aux vitesses de circulation sur les lignes principales des CFF.

Sur la base des études théoriques et des essais effectués, les CFF ont établi un cahier des charges très complet contenant toutes les conditions de fonctionnement et de sécurité auxquelles doit répondre l'installation d'inclinaison de la caisse. Cette installation se compose des trois parties principales suivantes :

- le dispositif mécanique monté entre caisse et bogie,
- le système de réglage électronique,
- le système de commande hydraulique.

Comme le montrent les figures 160 et 161, la liaison entre la caisse et le bogie se compose de deux traverses intermédiaires dont l'une est fixée à la caisse et l'autre au châssis de bogie. Entre ces deux traverses est monté un vérin hydraulique qui commande le mouvement de rotation de la caisse autour d'un centre de rotation fictif situé à peu près à la hauteur des sièges pour des raisons techniques et de confort.

Le schéma de principe du système de réglage électronique ressort de la figure 162. Comme on le voit, il s'agit d'un ensemble très complexe qui présente deux régimes de fonctionnement principaux, l'un normal et l'autre de secours. Un capteur mesure l'accélération transversale au milieu de la voiture et fournit un signal proportionnel à l'accélération au régleur proprement dit. Le réglage est également influencé par les signaux des deux capteurs placés l'un sur la voiture précédente et l'autre sur la voiture suivante. Les soupapes du système hydraulique sont commandées à l'aide des données recueillies par les capteurs.

Le système hydraulique comprend un bloc central placé dans un caisson monté sous le châssis de la voiture et un vérin hydraulique sur chaque bogie. Le bloc central permet trois possibilités de fourniture de la pression hydraulique correspondant aux régimes normal, de secours et manuel.

Le schéma de principe du système hydraulique est représenté sur la figure 163. Les régimes normal et de secours comprennent chacun un groupe moto-pompe, avec les soupapes hydrauliques nécessaires, entraîné par un moteur à courant continu alimenté à la tension de 36 V par une batterie spéciale.

L'installation d'inclinaison de la caisse travaille en circuit fermé et la puissance nécessaire pendant le mouvement de rotation de 6° est normalement de 8 kW par voiture. Elle est mise en service par le mécanicien de la locomotive qui est constamment renseigné par des lampes témoins sur l'état de service de l'installation sur chaque voiture. Un système électronique très complexe de surveillance contrôle en permanence le réglage, le système hydraulique et la

¹ Voir planches en couleurs au centre de ce numéro.

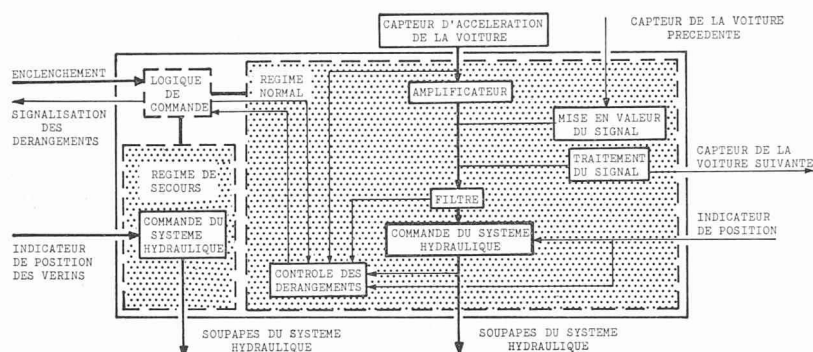
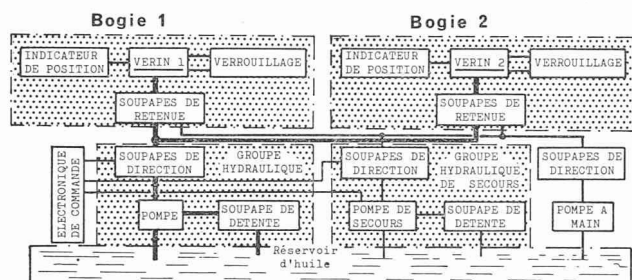


Fig. 162. — Schéma de principe du système de réglage (ci-dessous).

Fig. 163. — Schéma de principe du système hydraulique (ci-contre).



fourniture d'énergie. En cas de dérangement dans une voiture, le mécanicien en est informé et toutes les voitures de la rame sont remises en position normale par la commande hydraulique de secours puis verrouillées dans cette position. Lorsque le processus est terminé, une lampe témoin indique au mécanicien que le dispositif d'inclinaison est hors service et qu'il peut continuer la marche à vitesse normale. Si, pour une raison quelconque, une voiture reste en position inclinée après le passage d'une courbe, le mécanicien doit arrêter le train et ramener cette voiture en position moyenne à l'aide de la pompe à main. On peut alors poursuivre la marche à vitesse normale ou mettre hors service le dispositif de la voiture en cause et rouler aux vitesses plus élevées.

Une première série d'essais a été effectuée au printemps 1974 sur une voiture prototype équipée d'une installation provisoire. Au cours de ces essais de nombreuses mesures d'accélération, des mouvements de la caisse et des efforts entre roue et rail ont été faites. Les résultats de ces mesures ont confirmé le fonctionnement correct du dispositif choisi.

Il a été ensuite décidé d'équiper quatre voitures unifiées type III de série, une de chaque type, avec l'installation d'inclinaison de la caisse définitive afin de constituer une rame d'essais. La mise au point de cet équipement a été effectuée dans le courant de l'été 1975. Puis la rame de quatre voitures a été soumise à un essai d'endurance en effectuant chaque jour le parcours Berne-Bienne-Lausanne-Berne. Toutes les courses d'essais et les mesures ont donné d'excellents résultats à tout point de vue. Il faut remarquer, en particulier, que la stabilité de marche des voitures équipées du dispositif d'inclinaison de la caisse est nettement supérieure à celle des voitures qui n'en sont pas munies, et cela malgré une augmentation sensible de la vitesse dans les courbes.

Les mesures et les calculs des temps de parcours effectués avec les vitesses de marche plus élevées dans les courbes ont montré qu'il est possible d'obtenir un gain de temps d'environ 10 minutes sur le trajet Lausanne-Zurich. Ceci est valable pour les vitesses données par la courbe (3) de la figure 159. Etant donné que les efforts transversaux exercés par les essieux de la locomotive sur la voie n'atteignent leur valeur maximale que très rarement, c'est-à-dire par temps très chaud, il serait sans doute possible d'aug-

menter encore la vitesse dans les courbes (courbe (2) de la figure 156) compte tenu des expériences faites en service. Il faut encore noter que la valeur limite de l'effort de ripage de la voie n'a jamais été dépassée au cours des essais.

Pour pouvoir rouler à la vitesse maximale de 140 km/h dans les courbes à partir d'un rayon de 550 m, il faut que certaines conditions concernant l'état de la voie, les passages à niveau et les installations de sécurité soient remplies. Ce sera probablement le cas dans quelques années, de sorte que des gains supplémentaires sur les temps de parcours pourront encore être obtenus.

En résumé, on peut dire que le dispositif d'inclinaison de la caisse étudié et développé par la SIG et la firme Honeywell pour la partie électronique en collaboration étroite avec les services techniques des CFF est maintenant au point. Sur le plan technique, les CFF sont donc prêts à mettre en service des voitures à caisse inclinable dans les trains intervalles. Actuellement, une étude économique et un calcul de rentabilité sont en cours afin de déterminer si la dépense nécessaire pour l'équipement des voitures est justifiée.

4. Installation de lavage au défilé

Pour augmenter l'attrait des trains intervalles formés de ce nouveau matériel, toutes les voitures ont reçu une peinture extérieure en deux teintes. La partie inférieure des parois latérales est rouge-orange et la zone des baies gris-argent. La toiture et les bogies sont peints en gris foncé. Afin de maintenir l'aspect extérieur aux couleurs vives des nouvelles voitures, une installation de lavage dite au « défilé » (fig. 164) a été construite en gare de Genève, point de départ ou d'arrivée de tous les trains intervalles. Dans une installation de ce genre, le train, tiré par la locomotive titulaire ou de manœuvre, se déplace à faible vitesse entre les brosses rotatives et les colonnes de lavage et de rinçage, un peu comme cela se pratique pour les automobiles dans un tunnel de lavage. L'installation

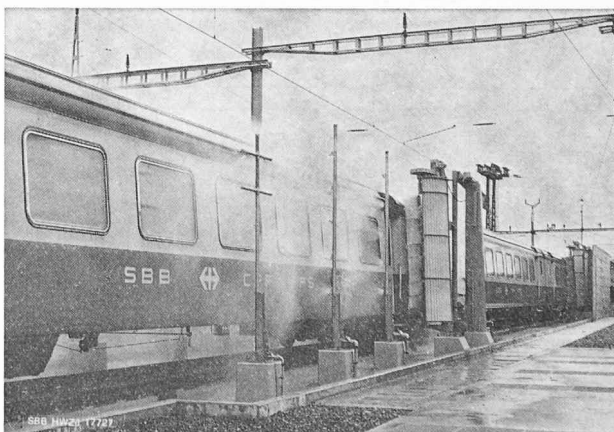


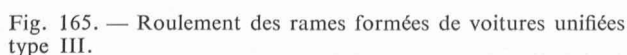
Fig. 164. — Installation de lavage au défilé.

- une colonne d'aspersion d'eau à laquelle est injecté le produit détergent de nettoyage ;
- une brosse rotative avec aspersion de détergent, cette brosse ayant pour but d'activer l'effet du détergent ;
- une colonne de prérinçage ;
- une brosse rotative de lavage avec aspersion d'eau ;
- trois colonnes de rinçage à l'eau.

L'installation est utilisée non seulement pour le nettoyage extérieur des rames formées de voitures unifiées type III, à raison de deux lavages par semaine, mais aussi pour le lavage de la grande majorité des trains partant de Genève. La mise en service de cette installation a également permis de supprimer pratiquement presque tout le nettoyage manuel des fenêtres. Il en résulte une économie finale de 12 agents dans le service de nettoyage de la gare de Genève.

Un calcul de rentabilité de l'installation basé sur le lavage extérieur d'environ 1400 voitures par semaine montre, malgré les données peu précises disponibles, que les dépenses supplémentaires sont pratiquement égales aux économies de personnel. Il faut en outre remarquer qu'il est ainsi possible d'améliorer la présentation extérieure du matériel roulant sans qu'il en résulte une augmentation des frais de nettoyage.

Au changement d'horaire du 1^{er} juin 1975, trois rames formées chacune de 14 véhicules de ce nouveau modèle assurent cinq paires de trains intervalles sur la longitudinale Genève-Lausanne-Bern-Zurich-Saint-Gall ou Rorschach par la nouvelle ligne du Heitersberg. Chaque rame se compose d'une voiture mixte de 1^{re} classe avec local à bagages, de cinq voitures de 1^{re} classe, d'une voiture-restaurant et de sept voitures de 2^e classe. Elle offre au total 749 places assises, dont 259 en 1^{re} classe et 490 en 2^e classe. La figure 165 donne graphiquement le roulement de ces trois rames qui effectuent ensemble un parcours



Sur le parc total de 72 véhicules dont nous disposons actuellement (4 prototypes + 68 unités de la série), 42 sont utilisées dans le service régulier. La réserve de 30 unités (42 %) peut paraître à première vue très élevée. Elle est justifiée par le fait qu'il s'agit d'un matériel entièrement nouveau et pourvu d'installations et d'équipements assez compliqués nécessitant une surveillance et un entretien accrus. De plus, il y a quatre types de véhicules différents. Une rame de réserve a pu être constituée à la fin de l'automne 1975. Elle est utilisée pour effectuer les travaux de contrôle et d'entretien, à raison d'une journée par semaine, des trois rames en service régulier. Elle sert également à remplacer les voitures pendant le nettoyage principal qui a lieu tous les deux mois et dure une journée.

Dès la mise en service des nouveaux trains, de nombreux défauts et imperfections désignés sous le vocable « maladies d'enfance » sont apparus, ce qui est normal avec un matériel faisant appel à de nouvelles techniques. Actuellement, les voitures passent successivement aux ateliers principaux pour y subir leur première révision périodique après un parcours d'environ 250 000 km. A cette occasion, diverses modifications et mises au point seront exécutées afin d'améliorer encore la fiabilité de ce matériel.

Pour assurer la traction des trains formés avec les nouvelles voitures, huit locomotives de la série Re 4/4 II ont été spécialement aménagées et équipées de l'attelage automatique. Le roulement de ces engins est donné graphiquement par la figure 166 dont il ressort que leur utilisation, limitée par la présence de l'attelage automatique et le changement de machine dans la gare de rebroussement de Zurich, n'est pas très poussée. Une locomotive est en réserve à Zurich et la huitième est utilisée pour des essais avec les voitures à caisse inclinable. Un attelage de secours est déposé dans chaque rame. Il est ainsi possible, en cas d'avarie, de remorquer le train avec une locomotive quelconque du parc. Ces huit locomotives ont également reçu une livrée en deux teintes rouge-orange et gris-argent comme les voitures.



Les nouveaux trains interville ont reçu un accueil très favorable auprès du public par leur caractère bien marqué de nouveauté tant dans les aménagements intérieurs que dans la présentation extérieure. Ce qui est apprécié, c'est l'installation de climatisation dans les deux classes de voitures, l'absence de courants d'air, la bonne insonorisation et le fait que ces trains peuvent être utilisés par tous les voyageurs sans supplément de taxe.

La conception de ce nouveau matériel a été définie par la Société industrielle suisse (SIG) à Neuhausen en étroite collaboration avec la Division de la traction et des ateliers des CFF. Cette société a étudié plus spécialement les voitures de 1^{re} et de 2^e classe. La voiture-restaurant a été conçue

par la Fabrique suisse de wagons et d'ascenseurs à Schlieren (SWS). L'étude de la voiture mixte de 1^{re} classe avec compartiment à bagages a été confiée à la Fabrique d'avions et de véhicules à Altenrhein (FFA). La construction de la première série de 68 voitures a été répartie entre ces trois maisons que nous remercions pour les dessins et photographies qu'elles ont mis gracieusement à notre disposition.

Adresse de l'auteur :

Robert Guignard, ing. dipl.
Ancien chef de la Division de la traction
du 1^{er} arrondissement des CFF
Chemin des Osches 10
1009 Pully-Lausanne

La construction de la double voie en Valais

par CLAUDE ROUX, Lausanne

1. Introduction

La ligne du Simplon constitue la liaison ferroviaire la plus courte entre Paris et Milan (819 km). Par ailleurs, elle présente des caractéristiques de tracé et de profil en long particulièrement favorables. Il n'est dès lors pas surprenant que la ligne Lausanne - Brigue soit parcourue chaque jour par 26 trains internationaux dont les TEE « Cisalpin » et « Lémano » ainsi que les grands trains « Simplon-Express », « Lombardie-Express » et « Direct-Orient ». Sur le tronçon Sion - Brigue, il circule chaque jour plus de 90 trains correspondant à une charge journalière moyenne de 36 000 tonnes brutes.

A la veille de la deuxième guerre mondiale, les trois quarts des 146 km reliant Lausanne à Brigue étaient déjà à double voie, à savoir les tronçons Lausanne - Sion (92 km), Granges - Sierre (7 km) et Viège - Brigue (9 km). La reprise et l'essor réjouissant du trafic international après les hostilités incitèrent les CFF à poursuivre dès 1957 l'équipement de cette importante artère. Il convient de rappeler les étapes suivantes :

- de 1957 à 1960 : reconstruction de la gare de Sion ;
- de 1961 à 1968 : extension de la gare de Sierre et, dès 1965, construction de la double voie entre Sierre et Salquenen ; mise en service de ce tronçon de 4 km en mai 1967 ;
- de 1967 à 1970 : construction de la double voie entre Sion et Granges ; mise en service des tronçons Sion - Saint-Léonard (6 km) en novembre 1968 et Saint-Léonard - Granges (3 km) en mars 1970.

Actuellement, la double voie est continue de Lausanne à Salquenen, sur 112 km. Avec le tronçon Viège - Brigue, elle s'étend donc sur 121 km représentant les 83 % de la distance de Lausanne à Brigue (fig. 167).

Les 25 km encore à simple voie comprennent deux parties très différentes l'une de l'autre du fait de la topographie générale de la vallée du Rhône.

Le tronçon de Salquenen à Loèche, long de 5 km, a les caractéristiques d'une ligne de montagne sinueuse avec une pente générale de 10 ‰ (fig. 168). La plate-forme des voies a été créée au siècle dernier, partiellement pour la double voie. Au cours des ans, on a utilisé toute la largeur disponible pour améliorer le tracé et augmenter la vitesse, notamment lors de l'électrification. Pour établir la deuxième voie sans revenir à une sinuosité plus prononcée, il faudra élargir la plate-forme par des abattages et des ancrages de rochers ainsi que des adaptations ou reconstructions d'ouvrages. Ce tronçon difficile sera équipé de la deuxième voie en dernier lieu, car proportionnellement aux frais d'investissement, c'est celui qui apportera le moins d'avantages pour l'écoulement du trafic.

Le tronçon Loèche - Viège, de 20 km de longueur, a les caractéristiques d'une ligne de plaine. De Loèche, la ligne redescend en pente douce en direction de Tourtemagne, puis longe la berge du Rhône jusqu'à proximité de Viège. Sur ce tronçon, les travaux de doublement de la voie et de transformation des stations ont débuté en 1971. La mise en service de la double voie sur l'ensemble du tronçon est envisagée pour 1979.

2. La double voie entre Loèche et Viège

2.1 Généralités

Les travaux en cours s'étendent entre la sortie de Loèche et la gare de Viège qui doit être complètement transformée. A Loèche, le projet approuvé ne comprend que les travaux

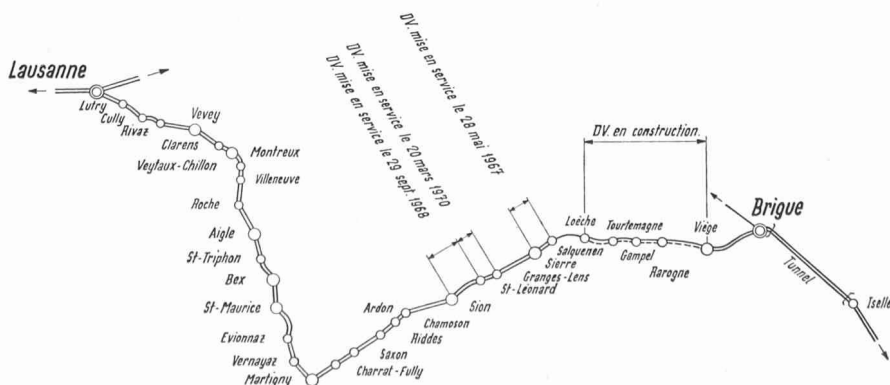


Fig. 167. — Ligne du Simplon : état de la double voie.