

La maintenance de la voie ferrée

Autor(en): **Cavaleri, Pierre**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin technique de la Suisse romande**

Band (Jahr): **102 (1976)**

Heft 3: **Le chemin de fer**

PDF erstellt am: **24.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-72912>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

La maintenance de la voie ferrée

par PIERRE CAVALERI, Lausanne

1. Introduction

Comme toute voie de circulation, la voie ferrée s'use et se déforme sous l'effet du trafic, des intempéries, de l'instabilité du sol et de multiples autres facteurs.

La densité des trains, leur vitesse, mais surtout la charge supportée par la voie sont les principales causes de sa détérioration.

On définit la maintenance d'une voie ferrée comme l'ensemble des interventions d'entretien et de renouvellement destiné à conserver sa substance, c'est-à-dire à assurer une qualité optimale du matériel de superstructure et de la géométrie.

Ainsi la sécurité du trafic et le confort des voyageurs sont les objectifs de tout responsable du service de la voie d'un réseau de chemin de fer.

Pour les atteindre, les moyens auxquels on doit recourir sont considérables et les charges financières qui en découlent représentent une part prépondérante des frais de maintenance de l'ensemble des installations fixes du chemin de fer.

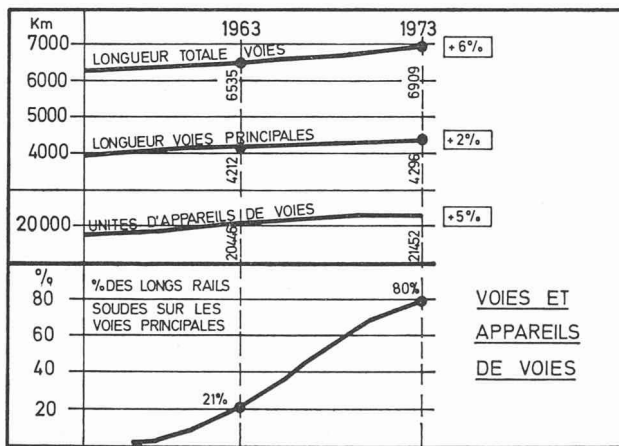


Fig. 111. — Longueur totale des voies CFF. Longueur des voies principales. Nombre d'unités d'appareils de voie. Evolution des voies sans joints.

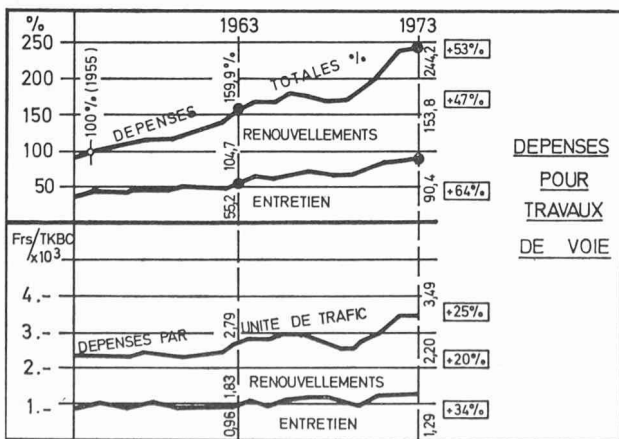


Fig. 112. — Evolution des dépenses pour la maintenance des voies. Evolution par unité de trafic (dépenses en fonction de la charge totale supportée par la voie).

Les quelques chiffres suivants donnent un reflet de cette situation pour le réseau des CFF :

Longueur totale des voies 6892 km,
dont longueur des voies principales 4296 km.

Dépenses annuelles d'entretien et de renouvellement des installations fixes : env. 400 millions de francs, dont dépense pour la maintenance de la voie : env. 250 millions de francs.

La voie absorbe donc plus de la moitié de la somme réservée aux installations fixes. Cela n'a rien d'extraordinaire puisque c'est elle qui est le plus fortement sollicitée et que le matériel qui la compose est d'un prix très élevé (fig. 111 et 112).

Ce matériel de voie s'est modernisé ces dernières années et c'est de son évolution dont nous allons tout d'abord parler.

2. Matériel de superstructure

La voie, formée de rails et de traverses, reposant sur un lit de ballast a subi, ces vingt dernières années, une évolution technique et technologique considérable.

Rails

La caractéristique essentielle d'un rail, à part sa forme, est son poids au mètre courant. Les rails des voies principales ont vu leur poids augmenter passant, en Suisse, de 46 kg/m à 54 kg/m et maintenant à 60 kg/m.

Ce qui compte dans la résistance du rail, c'est son inertie verticale. C'est la raison pour laquelle on cherche à utiliser l'augmentation de poids pour accroître cette inertie, en modifiant quelque peu le profil. Grâce à cela, le rail moderne peut supporter des contraintes plus élevées dues à l'augmentation du trafic tout en nécessitant moins d'entretien (fig. 113).

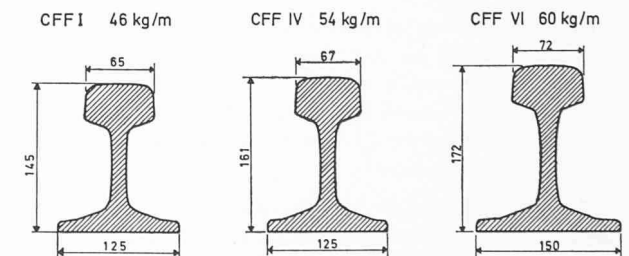


Fig. 113. — Profil des rails employés sur les voies principales des CFF. Le domaine d'utilisation est le suivant :

CFF I pour une charge jusqu'à 10 000 TBJ (tonnes brutes journalières).

CFF IV pour une charge de 10 000 à 25 000 TBJ.

CFF VI pour une charge dépassant 25 000 TBJ pour autant que les rayons de courbure ne soient pas inférieurs à 350 m.

Parallèlement à l'augmentation du poids des rails, les réseaux de chemin de fer se sont vus obligés d'utiliser des aciers plus durs pour lutter contre l'agressivité du matériel roulant sur les lignes très sinueuses. C'est tout particulièrement le cas en Suisse où, par suite de la topographie très accidentée, les voies de chemin de fer ont été construites avec des rayons de courbe minimale très faibles, 280 m par exemple sur la ligne du Gothard ou entre Moutier et Bâle.

Les qualités d'acier utilisées sont les suivantes :

CFF I (46 kg/m) et CFF IV (54 kg/m)

Acier normal	70 kg/mm ² ,
haute résistance	90 kg/mm ² (UIC B),
qualité spéciale	110 kg/mm ² chrome-Mn.

La qualité spéciale est utilisée dans les courbes de rayon inférieur à 350 m lorsque la charge de la voie est supérieure à 40 000 tonnes brutes journalières.

CFF VI (60 kg)

Qualité UIC B 90.

Traverses

Trois types de traverses sont employées couramment ; elles se distinguent par le matériau utilisé pour sa confection : l'acier, le bois et le béton.

Nous rappelons que les traverses assurent la transmission des efforts entre le rail et le ballast tout en maintenant l'écartement des rails.

Le choix des traverses est essentiellement économique : d'autres facteurs entrent également en considération, telle l'isolation électrique devant permettre la fiabilité des circuits de voie liée aux techniques modernes des installations de sécurité.

Longtemps, les CFF ont utilisé presque exclusivement la traverse métallique qui a une excellente durée de vie en voie principale et qui est ensuite d'un réemploi intéressant dans les voies secondaires. L'explosion des prix de l'acier de même que le comportement de ce type de traverses dans les voies sans joints ont sérieusement freiné leur emploi.

La traverse en bois reste d'une utilisation courante malgré son prix élevé et sa durée de vie limitée : elle se prête excellemment à l'établissement de circuits de voie. Par ailleurs, l'emploi de bois exotique très dur, quoique plus cher à l'achat, offre une longévité en voie très supérieure.

La traverse en béton, si elle n'est pas une invention récente, n'a été utilisée systématiquement qu'après la dernière guerre mondiale. Son introduction est en fait contemporaine de celle des voies sans joints. Plusieurs types de traverses ont été mis sur le marché ; nous en retiendrons deux :

- La traverse mixte, composée de deux blochets en béton reliés par une entretoise métallique ; le matériel d'attache du rail n'est pas ancré dans le béton, mais se fixe à l'entretoise (fig. 114).¹
- La traverse dite « monobloc », lourde et à la large assise (fig. 115).

Les CFF ont introduit la traverse mixte il y a plus de vingt ans ; elle est utilisée généralement pour les voies principales, armées de rails de 46 kg et maintenant de 54 kg. La traverse monobloc a été, en revanche, adoptée pour le rail de 60 kg ; on a commencé à l'introduire cette année.

¹ Voir planches hors-texte en couleurs au centre du numéro.

Voie sans ballast

La tentation des techniciens ferroviaires est grande de remplacer le ballast par un support résistant et rigide comme, par exemple, une dalle en béton ; les avantages d'une pose sans ballast sont certains, puisque les caractéristiques géométriques de la voie sont maintenues sans entretien du nivellement et du dressage de la voie.

A cette réduction massive des frais de maintenance s'opposent certains inconvénients importants : tout d'abord les frais de construction très élevés, ensuite l'impossibilité pratique de toute modification de tracé.

Plusieurs réseaux ont étudié cette importante question. Si les réalisations modernes de voies sans ballast sur des ouvrages d'art et en tunnel sont relativement nombreuses, celles qui sont effectuées en pleine voie sur la plate-forme naturelle sont en revanche très limitées.

Après des essais dans le tunnel du Bötztberg, les CFF ont réalisé une pose sans ballast sur le radier du tunnel du Heitersberg. Cette pose présente l'avantage d'utiliser du matériel de voie courant ; en effet, des alvéoles sont confectionnées dans le radier en béton pour recevoir les blochets de traverses mixtes ; l'élasticité est assurée par des chaussons en néoprène qui garnissent le fond des alvéoles (fig. 116).

Il est admis généralement qu'abstraction faite des tronçons en tunnel et sur ouvrage d'art, la nécessité de recourir à une pose sans ballast ne paraît pas s'imposer pour des vitesses allant jusqu'à 300 km/h ; il est en revanche encore possible d'améliorer, dans une certaine mesure, la voie classique, par exemple en cherchant à obtenir un meilleur compactage du ballast et surtout en traitant mieux encore la zone entre la plate-forme et le ballast et en l'adaptant à la nature du terrain sous-jacent.

Appareils de voie

L'exploitation du chemin de fer exige des moyens de liaison et de traversée de voie que l'on désigne sous le nom d'appareils de voie (aiguillages).

L'évolution porte, dans ce domaine, sur la conception géométrique, sur des améliorations constructives (remplacement des lames articulées par des lames flexibles), enfin sur des recherches technologiques dans la qualité du matériel utilisé pour la confection des changements et des croisements (fig. 117).

L'appareil de voie moderne doit, de plus, être d'un montage et d'un entretien faciles. Il doit, là où c'est utile, permettre des vitesses élevées en déviation, se rapprochant des vitesses de ligne.

C'est cette politique que les CFF ont suivie avec succès depuis une quinzaine d'années.

Les études actuelles portent sur la construction d'un appareil confectionné avec des rails de 60 kg (CFF VI), de façon à maintenir une homogénéité sur les tronçons armés d'une superstructure lourde.

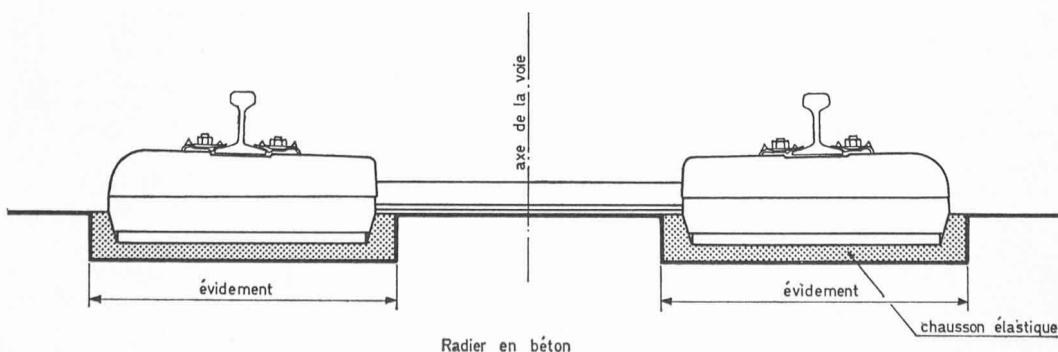


Fig. 116. — Voie sans ballast.

Solution de principe avec utilisation de traverses mixtes.



Fig. 117. — Appareils de voie.

Longues barres soudées ou voie sans joints

L'introduction des voies sans joints a certainement eu une influence décisive sur les frais de maintenance de la voie. Les joints ont en effet toujours été les points les plus sensibles de la voie et ceux qui demandaient le plus d'entretien. Une fois ceux-ci éliminés, il a été plus facile d'introduire une politique cohérente d'entretien mécanisé de la voie.

La voie sans joints offre un état de dilatation ou de contraction contrarié. Pour que cela soit possible, il faut que certaines conditions soient remplies :

- choix d'attaches fidèles des rails aux traverses ;
- assise optimale de la voie dans le ballast ;
- connaissance précise des phénomènes de stabilité de la voie.

Ce dernier point est particulièrement important, compte tenu que les efforts de compression peuvent atteindre des valeurs élevées.

Un phénomène de « flambage », appelé aussi « déjettement », peut en résulter si la voie n'est pas soumise à un entretien très poussé.

Actuellement, sur le réseau des CFF, près des 90 % des voies principales sont soudées en longues barres.

3. Mécanisation des travaux de voie

La mécanisation des travaux de voie s'est développée d'une façon très satisfaisante durant les quinze dernières années, grâce aux efforts conjugués de l'industrie spécialisée et des réseaux de chemin de fer. Des machines de plus en plus précises et de plus en plus rapides ont été mises sur le marché (fig. 118 et 119).

Cette mécanisation a permis d'unifier les méthodes d'entretien, d'améliorer considérablement la qualité moyenne de la voie, de juguler partiellement le renchérissement et de faire face au manque de personnel.

Actuellement, la mécanisation de l'entretien systématique de la voie et des appareils de voie a atteint un niveau optimum. En revanche, celle des renouvellements n'est pas encore entièrement résolue ; dans ce domaine, les conditions propres à notre réseau ne permettent pas d'adopter, sans autre, des méthodes utilisées avec succès par de grands réseaux étrangers et contraignent les CFF

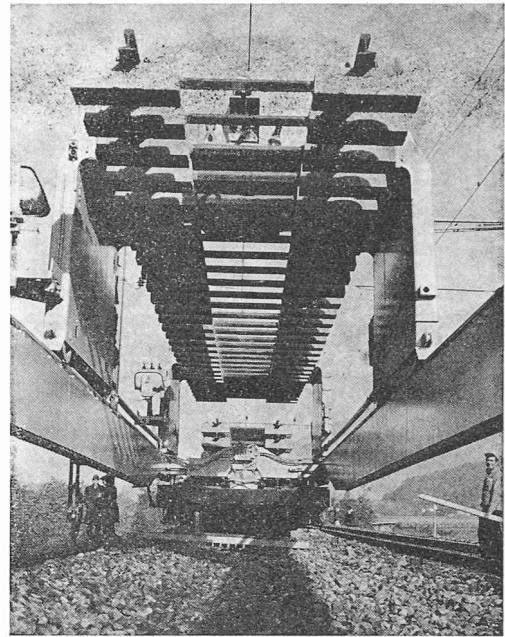


Fig. 118. — Train de substitution de voie PUMA — Scheuchzer.

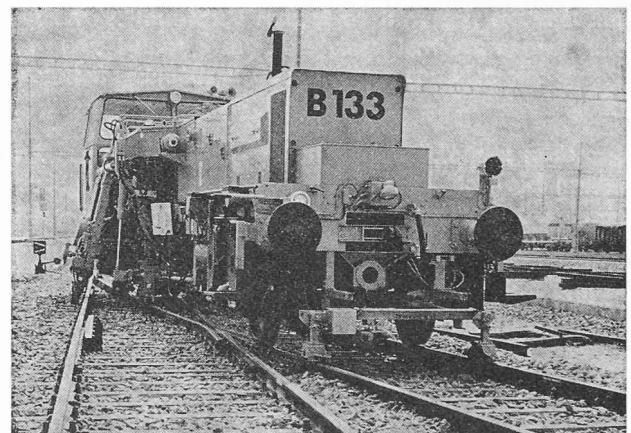


Fig. 119. — Bourreuse-niveleuse-dresseuse d'appareils de voie Matisa-B 133.

à rechercher d'autres procédés, peut-être plus simples, mais néanmoins fonctionnels et bien adaptés aux besoins.

La maintenance moderne des voies ferrées exige un personnel très spécialisé et des cadres efficaces et expérimentés. Les CFF ont voué leurs efforts à la formation de leur personnel et ont ouvert des écoles à cet effet. Il faut préciser qu'aucune autre école professionnelle n'offre cette

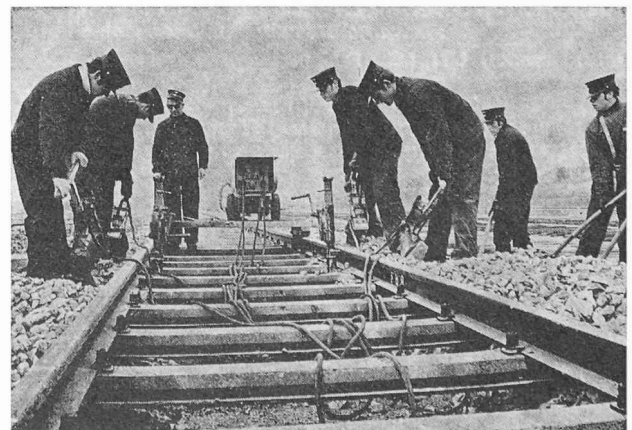


Fig. 120. — Apprentis monteurs de voie.

spécialité et que, de l'apprentissage à la formation des cadres de maîtrise, tout doit être organisé par les CFF (fig. 120).

4. Voiture de mesure

Les CFF disposent d'un wagon de mesure qui date de 1931, mais dont les équipements ont été modernisés il y a une quinzaine d'années.

C'est l'outil de base absolument nécessaire à la gestion des travaux de voie.

Les informations obtenues sont les suivantes :

- l'écartement de la voie,
- la courbure,
- le dévers,
- le gauche ou variation du dévers,
- le profil de la surface de roulement.

Ces données sont fondamentales pour établir une programmation aussi exacte que possible des travaux de voie et pour fixer les priorités. Par ailleurs, le wagon de mesure permet de contrôler, selon des normes précises, l'exécution des travaux de maintenance.

Grâce à la connaissance de l'état de la voie avant et après les travaux, il est possible de procéder à des analyses déterminantes pour la politique future.

Le wagon de mesure actuel des CFF ne répond malheureusement plus à des exigences modernes. Certaines informations obtenues mécaniquement ne sont pas assez précises ; d'autres informations nécessaires à l'analyse complète des critères de qualité font défaut. De plus, sa vitesse de circulation en travail est trop lente : 50 km/h.

C'est la raison pour laquelle une nouvelle voiture a été étudiée par les CFF avec la collaboration de l'ITEPFL et de la maison Matisa, à Crissier. La construction de cette voiture est maintenant terminée, de sorte que les premières courses ont déjà eu lieu (fig. 121).¹

Nous donnons quelques brefs renseignements sur ce nouveau véhicule :

En plus des mesures déjà citées, qui seront relevées selon des dispositifs nouveaux, on cherchera à enregistrer le profil en long de la voie sur une base réelle de 15 m.

Toutes les mesures seront enregistrées sur un diagramme comme c'est déjà le cas dans la voiture actuelle (fig. 123).¹

L'analyse des défauts de la voie, problème très complexe, a été étudiée par l'Institut des transports de l'EPFL.

Cette analyse des défauts de la voie est basée sur la mesure des valeurs discrètes de chaque paramètre ; elle nécessite l'installation dans la voiture de mesure d'un mini-ordinateur capable de traiter immédiatement toutes les informations concernant l'état géométrique de la voie.

L'ordinateur est à même de fournir deux genres d'informations :

1. Une information condensée, utilisable en temps réel.
2. Une information beaucoup plus détaillée, utilisable en temps différé pour la gestion intégrée de la maintenance de la voie.

Cette voiture de mesure sera un outil très précieux tant pour la programmation précise des travaux d'entretien nécessaires à court terme que pour l'introduction de méthodes modernes de gestion.

5. Gestion de la maintenance des voies ferrées

Comme nous l'avons vu, afin de maintenir le niveau de qualité des réseaux ferroviaires, des moyens très importants en personnel, en machines et en matériel sont continuelle-

ment engagés pour entretenir la géométrie et le matériel de voie ainsi que pour renouveler celui-ci lorsqu'il a atteint un certain degré de fatigue et d'usure.

Les dépenses occasionnées par ces travaux pèsent lourdement dans les budgets ferroviaires et il convient de les diminuer ; c'est l'objectif de la gestion de la maintenance de la voie. Celle-ci consiste à déterminer, dans l'espace et dans le temps, quels sont les travaux à effectuer, à planifier minutieusement leur réalisation, à surveiller et à contrôler leur exécution.

Mais pour accomplir les nombreuses opérations techniques et administratives de la gestion de la maintenance des voies, il faut collecter et analyser périodiquement une masse considérable d'informations techniques et économiques. Le recours aux ordinateurs et aux méthodes modernes de gestion s'imposait donc pour traiter systématiquement ces informations, afin de livrer aux gestionnaires des données plus élaborées. C'est pourquoi un véritable système de gestion intégré de la maintenance de la voie est actuellement développé pour les CFF par l'Institut des transports de l'EPFL.

Ce système comprend douze éléments conçus pour recouvrir un vaste champ d'applications depuis la collecte et la mise en forme automatique de données de base (telles que celles qui caractérisent l'état géométrique des voies) jusqu'aux contrôles de gestion. Le processus de fonctionnement de ce système est en principe le suivant :

- toutes les informations nécessaires à la gestion sont collectées dès leur apparition et le plus près possible de leur source ; après leur vérification et leur mise en forme, elles sont stockées une seule fois et en un seul point, dans la banque d'informations où elles sont remises à jour en permanence à l'aide de programmes de gestion des informations ;
- les informations relatives à certaines activités de la gestion sont traitées, périodiquement ou sur demande, à l'aide de programmes livrant les éléments nécessaires aux décisions ;
- les responsables à chaque niveau reçoivent, sous une forme adaptée à leur utilisation, les éléments dont ils ont besoin pour préparer leurs décisions et pour en évaluer les conséquences ;
- ces décisions sont mises en œuvre grâce à des instructions qui sont exécutées ; le processus s'achève par le contrôle de l'exécution, par une collecte d'informations et leur traitement.

Un tel système permettra d'une part de confier à l'ordinateur certaines opérations fastidieuses d'analyse et d'autre part de tirer profit de méthodes nouvelles de gestion et d'ordonnement pour favoriser une utilisation optimale des moyens disponibles pour la maintenance des voies (fig. 122).¹

Cette transformation profonde du système de gestion a nécessité de nombreuses recherches scientifiques, techniques et économiques et les développements devront encore s'étendre sur quelques années pour compléter les éléments en cours d'introduction aux CFF.

Nous rappelons à ce sujet les publications suivantes faites dans le Bulletin technique de la Suisse romande :

6 mars 1971 : « L'état géométrique quantifié. Information indispensable à un système de gestion intégré de la maintenance des voies ferrées », par MM. T. Juillerat et R. Rivier.

5 août 1972 : « Algorithme d'analyse en temps réel des mesures de l'état géométrique des voies de chemin de fer », par M. R. Rivier.

Adresse de l'auteur :

Pierre Cavaleri, ing. dipl. EPF
Suppléant du chef de la division des travaux
du 1^{er} arrondissement des CFF
Lausanne

¹ Voir planches hors-texte au centre du numéro.