

Zeitschrift: Revue économique et sociale : bulletin de la Société d'Etudes Economiques et Sociales
Herausgeber: Société d'Etudes Economiques et Sociales
Band: 33 (1975)
Heft: 4

Artikel: De quelques préoccupations techniques des réseaux de chemins de fer européens
Autor: Desponds, Roger
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-137478>

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: 18.01.2026

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

De quelques préoccupations techniques des réseaux de chemins de fer européens

Roger Desponds,
directeur général
des Chemins de fer fédéraux suisses,
Berne.

INTRODUCTION

Ce fut une chance pour ce qui allait devenir le chemin de fer, que dans la première moitié du XIX^e siècle, l'Angleterre ait eu quelque quinze ans d'avance sur les pays du Continent européen dans le domaine de l'industrie et de la technique. Ces quinze ans ont vu une évolution si extraordinaire et si rapide, à la fois dans la technique de la construction du matériel roulant (locomotives, wagons, voitures) et dans le domaine de l'infrastructure et de la superstructure des lignes, que — lorsque les Continentaux se mirent à projeter des lignes de chemins de fer, dans les années 1840 — ce fut, sans convention et tout naturellement la technique de Stephenson qui s'imposa.

Appelés comme experts, les Anglais proposèrent, c'est bien normal, leur écartement de 1435 mm, écartement qui fut adopté partout, à l'exception de la Russie — pour des raisons stratégiques — et de l'Espagne, sans raisons connues. C'est probablement parce que les débuts du chemin de fer y furent si modestes que les ingénieurs madrilènes avaient peine à entrevoir qu'on irait un jour, sur le rail, de Berlin à Rome et de Calais à Bagdad.

En revanche, le chemin de fer n'a pas su faire l'unification des installations de sécurité, ni celle des courants lorsque les réseaux furent électrifiés. Pourtant, on peut aujourd'hui affirmer, sans hésitation, que dans le domaine ferroviaire la collaboration au niveau européen est très poussée.

Cette collaboration se développe, grâce à de nombreux, peut-être de trop nombreux organismes. Les citer tous serait fastidieux, mais il convient de citer cependant, et au premier rang :

L'Union internationale des chemins de fer (UIC)

L'UIC est une association qui groupe tous les réseaux européens, y compris ceux de l'Est, à l'exception de celui de l'Union soviétique. S'y retrouvent également, quelques réseaux du Moyen-Orient (Iran), quelques réseaux d'outre-mer (Japon, Canada).

C'est au sein de cette organisation supérieure que sont examinés et traités en commun tous les grands problèmes qui préoccupent les réseaux membres. On s'y occupe aussi bien de questions de personnel que de questions de politique de

transports, de problèmes commerciaux que de problèmes économiques. Et c'est au sein de l'UIC qu'a été élaboré le Plan directeur d'un chemin de fer européen de l'avenir.

On y traite également des problèmes techniques évidemment, et pour ce faire, l'UIC dispose d'un Office de recherches et d'essais (ORE) à Utrecht, à l'actif duquel on doit mettre notamment l'unification de la plupart des wagons du parc EUROP, ainsi que celle des wagons plats et des wagons spéciaux.

L'ORE également a mis au point une voiture internationale unifiée. Il dispose à Vienne d'un laboratoire où sont étudiés l'efficacité et le fonctionnement des installations de climatisation et de chauffage, des systèmes d'isolation, etc.

Il convient de mentionner également ce que nous appelons dans notre monde ferroviaire, le « Groupe des Neuf ». Il s'agit en l'espèce d'un organisme de concertation et d'échange d'idées où se retrouvent les directeurs généraux des neuf réseaux des pays membres de la Communauté européenne et au sein duquel les représentants des chemins de fer suisses et autrichiens ont été invités, étant donné la position géographique centrale qu'ils occupent en Europe.

L'excellente coopération des réseaux de notre continent est devenue toute naturelle avec les années. En 1872 déjà se réunissait une première Conférence européenne des horaires (CEH), dont la présidence est assurée aujourd'hui par les Chemins de fer fédéraux suisses. Quant aux règlements internationaux de véhicules (RIV, RIC), c'est sur la base de ces règlements que se font, entre réseaux, les échanges de matériel roulant (voitures et wagons) en vertu du principe des compensations en nature pour les voitures ou de celui des redevances à partir d'un certain délai pour les wagons.

Notre énumération serait incomplète, si nous ne mentionnions pas les vastes et nombreux travaux entrepris dans le cadre de l'Office central des transports internationaux par chemin de fer (OCTI), pour créer un véritable droit international des transports, qui est d'une importance toute particulière pour les expéditeurs et les destinataires en trafic marchandises. Ainsi virent le jour les Conventions internationales marchandises (CIM) et voyageurs (CIV), qui, plusieurs fois révisées, sont en vigueur, et constituent la base essentielle du droit international des transports pour toute l'Europe. Sur la base de ces conventions a été créé en 1902 le Comité international des transports par chemin de fer (CIT) qui, sous la gérance des CFF, s'est chargé d'adapter constamment les prescriptions d'exécution aux besoins de la pratique.

Au niveau gouvernemental, la coopération en matière de transport se fait dans le cadre de la Conférence européenne des ministres des transports (CEMT).

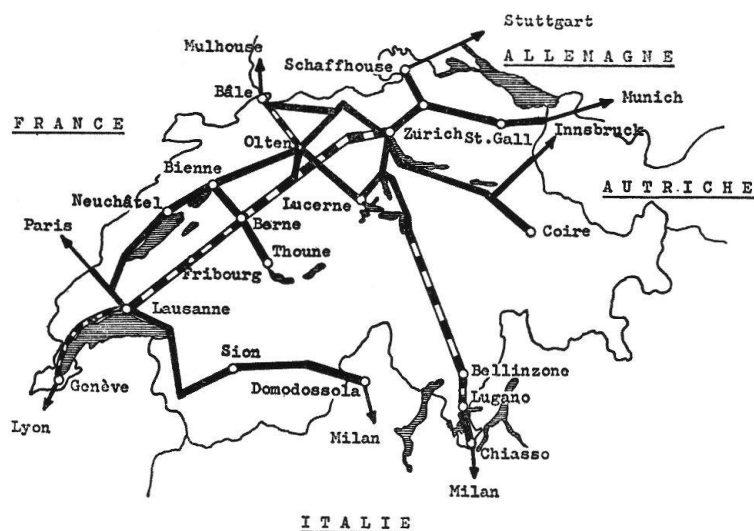
On peut constater, au vu de cette énumération, que les Chemins de fer fédéraux suisses, dont le réseau est exigu mais placé au centre de l'Europe, dans un Etat neutre, jouent un rôle très important dans la collaboration internationale. Pour s'en convaincre, il suffirait de relever la place qu'occupent les CFF dans divers organismes ferroviaires très spécialisés, tels Eurofima, Interfrigo, Intercontainer, TEE, etc. Mais, il serait fastidieux d'exposer avec plus de détails tout ce qui s'est fait et tout ce qui se fait encore chaque jour pour améliorer la collaboration internationale.

Il faut dire aussi que cette collaboration internationale, bien rodée quant au fonctionnement de ses structures, connaît actuellement une phase difficile du fait de

la récession qui frappe durement les économies européennes et partant les transports, et surtout le chemin de fer. Aujourd'hui, tous les réseaux européens sont fortement déficitaires, et de ce fait, très tributaires de leurs gouvernements, auxquels incombe en fin de compte d'accepter les grandes options de la politique des entreprises nationales de transports.

Après les années enthousiasmantes de 1955 à 1970, qui virent la collaboration internationale menée bon train (n'allait-on pas jusqu'à parler de « Société européenne des chemins de fer » par le grand Européen que fut Louis Armand, secrétaire général de l'UIC, appuyé par les grands du monde ferroviaire européen, les Français Boyaux et Guibert, l'Allemand Oeftering, le Belge Lataire et le Suisse Wichser), vint la période d'un certain essoufflement.

Aujourd'hui, la collaboration piétine, surtout après le coup très dur qu'elle a reçu du fait de l'abandon par les Anglais du projet du tunnel sous la Manche. Car ce tunnel devait être la pièce maîtresse d'un futur réseau européen de chemins de fer à grandes vitesses, une réalisation qui devait rappeler le fameux Tokaïdo japonais dont la vitesse maximale est de 210 km/h.



Futures lignes suisses de chemin de fer à grandes vitesses.

----- à 200 km/h et plus
 ————— à 140 km/h.

Un groupe, dit de l'« Europolitain », composé des chemins de fer français, allemands, belges, néerlandais, luxembourgeois et suisses, étudiait déjà les liaisons rapides de l'avenir, de Paris, Francfort, Amsterdam et Bruxelles, avec Londres. Las...

maintenant tout, ou presque est à recommencer. Mais quand ? Dans cinq ans, dans dix ans ? Il est bien difficile de le dire.

Les problèmes techniques ferroviaires actuels sont les mêmes dans toute l'Europe et les progrès accomplis dans un pays sont toujours accélérés par les travaux réalisés dans les autres réseaux. Cette interaction, cette saine émulation se manifeste tout particulièrement dans le monde ferroviaire, car là, les échanges de connaissances sont organisés systématiquement et nombreuses sont les études entreprises et menées en commun. Les quelques problèmes techniques qui seront exposés maintenant ne peuvent que corroborer cette affirmation, même si certains choix qui ont été faits en son temps (courant de traction, type d'installation de sécurité) sont pratiquement irréversibles.

Le rapport d'une roue sur un rail, tous deux en acier, constitue l'atout majeur du chemin de fer, parce que de ce rapport découlent ses avantages spécifiques, à savoir d'une part une faible résistance à l'avancement, d'où une économie d'énergie, et d'autre part la possibilité de guidage des véhicules, avec pour corollaires la faculté de former de longs convois, de pousser l'automatisation des transports jusque dans le domaine de la cybernétique. Ces avantages se paient, il est vrai d'un certain manque de souplesse du système, ce qui a permis à la route de s'imposer au niveau des transports individuels.

CONSOMMATION D'ÉNERGIE

L'avantage matériel du train sur les véhicules routiers réside surtout dans la *faible résistance au roulement* d'une roue en acier sur un rail du même métal. En palier, on peut remorquer un véhicule de chemin de fer de 10 t avec un effort de traction de l'ordre de 20 kg, tandis que la même masse sur pneus demande un effort de l'ordre de 140 kg, compte tenu de l'important coefficient de déformation des roues.

Ce rapport de 1 à 7 est valable aussi bien pour le travail nécessité par le transport que pour la consommation d'énergie. Ce phénomène physique a d'ailleurs été la raison principale de l'abandon, sauf pour quelques applications spéciales, des voitures chemins de fer sur pneus, lancées avec beaucoup d'espoir il y a vingt-cinq ans.

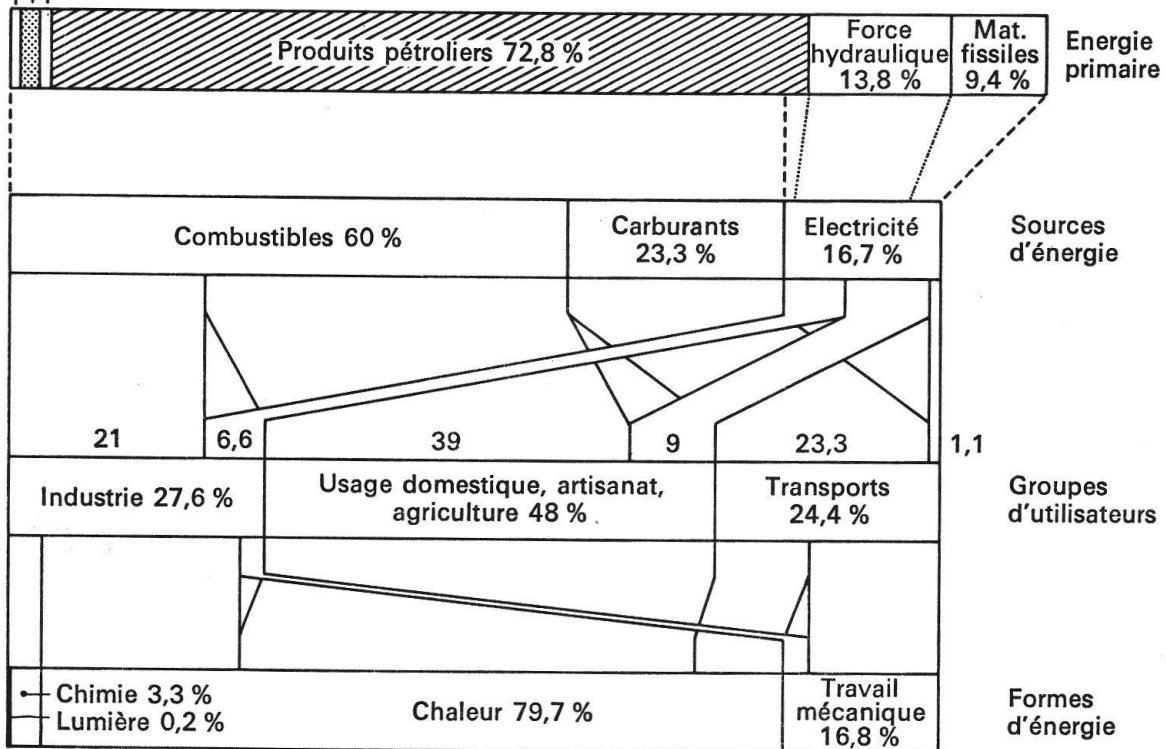
Moins prononcée, mais toujours sensible, est la *différence des résistances aérodynamiques* d'un train marchandises long et d'un nombre équivalent de véhicules routiers isolés. A la vitesse de 80 km/h, le rapport est de l'ordre de 1 à 3.

La résistance à vaincre dans une rampe est la même pour chaque masse, indépendamment du système de roues. Elle est proportionnelle à l'inclinaison et correspond à 1 kg/t par ‰ de rampe. Mais, en descente, seule la traction électrique permet de récupérer une partie (10 à 15 %) de l'énergie potentielle investie à la montée. Les locomotives diesel et les camions consomment même à la descente.

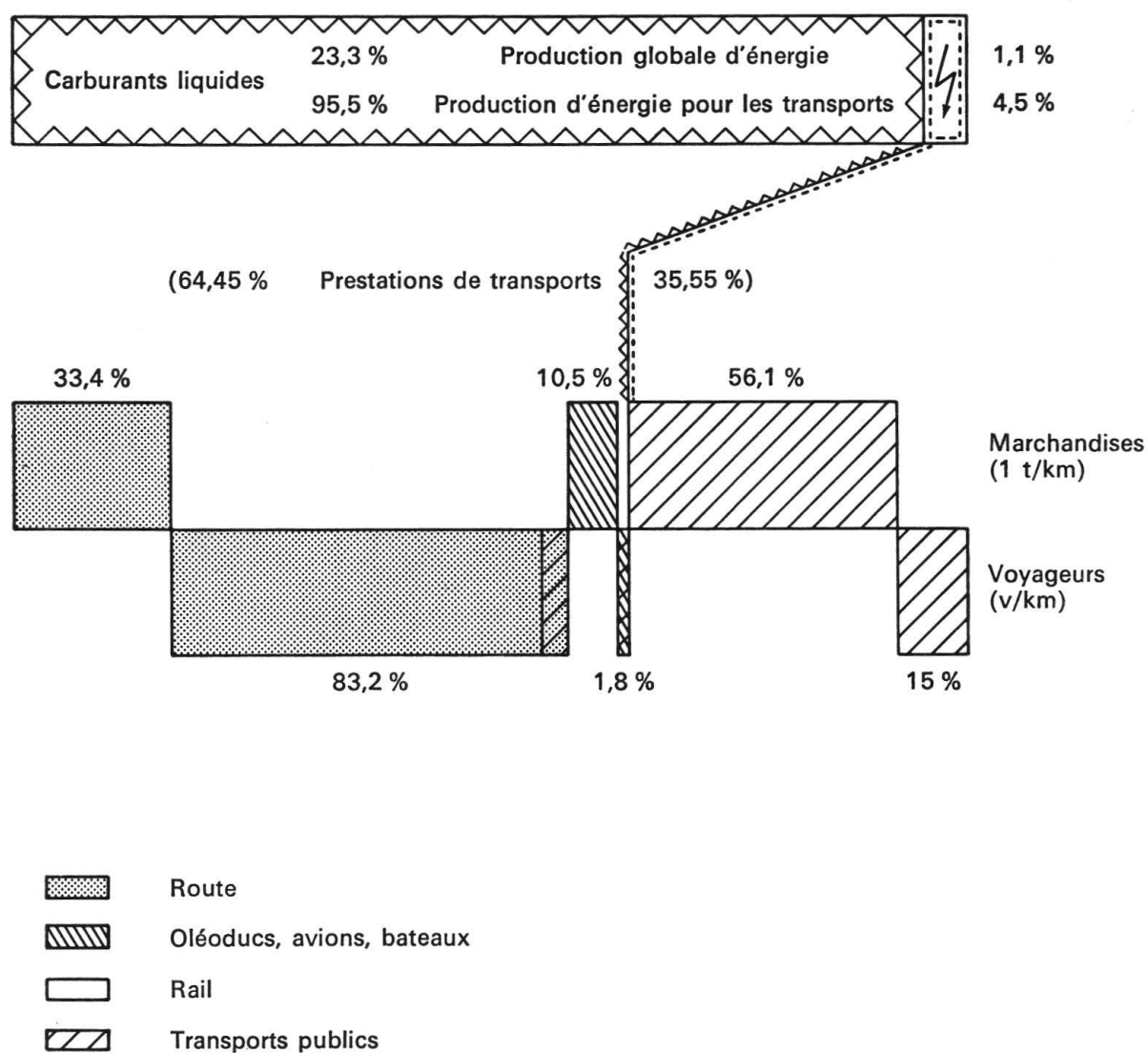
Le rapport charge utile/tare est aussi un élément important de l'économie d'un système de transport, en particulier en ce qui concerne la consommation d'énergie relativement à la charge nette transportée. Si l'on fait abstraction des très fortes rampes, le chemin de fer peut offrir un rapport atteignant 2 à 1 pour un train complet, y compris la locomotive. Pour les camions lourds, cette relation est de l'ordre de 1 à 1 seulement.

1,2 % bois
1,9 % charbon
0,9 % gaz naturel

Répartition en pour cent des sources d'énergie entre les groupes d'utilisateurs, 1973



Consommation d'énergie par rapport aux prestations de transport, 1973



Voyons maintenant les taux de rendement des moteurs des divers modes de traction :

- une locomotive diesel atteint 30 % ;
- un camion à moteur diesel se situe aux environs de 26 % ;
- une locomotive à turbine à gaz aurait près de 21 % ;
- une locomotive électrique, par contre, atteint 85 % à 88 % et le rendement total calculé des bornes de l'alternateur de l'usine électrique à la jante de la locomotive est de l'ordre de 70 %.

Cette comparaison montre clairement l'économie que la traction électrique permet de réaliser dans la consommation d'énergie.

Dans ce qui précède, nous n'avons pris en considération ni le mode de production de l'électricité, ni les pertes d'énergie causées par le transport et la manutention du mazout jusqu'au réservoir du véhicule. Ces données, très variables, influencent évidemment beaucoup le « rendement global » effectif.

Après avoir dégagé les éléments de base, illustrons à l'aide de quelques exemples pratiques la comparaison limitée aux seuls modes de traction électrique et diesel.

Ces dernières années, les CFF, avec leur réseau presque entièrement électrifié, ont consommé environ 1,4 milliard de kWh (à la sortie des sous-stations) par an pour produire 35 milliards de tkm brutes remorquées. Pour le même travail en traction diesel, il aurait fallu 320 000 t de gas-oil, ce qui représente un convoi de quelque 5000 wagons-citernes à 4 essieux, d'une longueur totale de 70 km. Il occuperait la voie, par exemple, de Lausanne au-delà de Martigny en Valais.

La consommation de gas-oil de la Suisse s'en serait trouvée accrue de 30 % par rapport à la consommation réelle de 1973. Cette année-là, le chiffre des importations de produits pétroliers aurait ainsi augmenté de 2,2 %.

L'énergie électrique consommée pour la traction nous a coûté 115 millions de francs, tout compris, jusqu'au pantographe, c'est-à-dire compte tenu des amortissements, des intérêts et de l'entretien des caténaires.

La quantité de gas-oil correspondante aurait entraîné en 1974 une dépense de 166 millions de francs, tout compris jusqu'au réservoir de la locomotive.

On voit que l'électrification quasi totale de notre réseau est à l'origine d'une économie de 51 millions par an sur les seuls frais d'énergie. Et tout porte à croire que ce résultat s'améliorera encore à l'avenir.

Mais, pour compléter le bilan comparatif, il faudrait tenir compte des frais d'entretien des engins moteurs qui, pour une locomotive diesel s'élèvent pratiquement au double de ceux d'une locomotive électrique. Un parc de locomotives diesel devrait en outre être plus important que le parc électrique actuel. Cela s'explique par le fait qu'une locomotive diesel emporte sa propre centrale thermique. A poids égal, elle est dès lors moins puissante qu'une locomotive électrique. De plus, le moteur réclame beaucoup d'entretien.

Une estimation très approximative des économies résultant de ce qui précède donne les chiffres suivants :

- intérêts et amortissements d'un nombre supplémentaire de locomotives diesel : 43 millions de francs par an ;
- entretien supplémentaire : 61 millions de francs par an.

L'électrification de notre réseau nous fait donc économiser annuellement environ 150 millions de francs, mais il faut tout de suite ajouter qu'avec la traction diesel, il ne serait pas possible d'exploiter nos lignes aussi intensément que nous le faisons à l'heure actuelle, de sorte que l'économie réelle est encore beaucoup plus grande.

Prenons enfin l'exemple concret d'un train de 830 t franchissant la rampe du Simplon :

En traction électrique, *une* locomotive Re6/6 suffit. Elle peut atteindre la vitesse de 90 km/h autorisée sur la majeure partie de cette ligne et le trajet Domodossola-Iselle dure 17 minutes. Ce train consomme 1700 kWh, dont le prix s'élève à 153 francs. Le même train en traction diesel peut être tiré par *une* locomotive à faible vitesse ou par *trois* locomotives à une vitesse comparable à celle de la machine électrique.

Prenons d'abord le cas d'une seule locomotive diesel de grande puissance, c'est-à-dire avec un moteur diesel de 4000 CV. Remorqué par cet engin, le train de 830 t pourrait atteindre la vitesse de 27 km/h. Le trajet Domo-Iselle durerait par conséquent 45 minutes. Etant donné que le temps d'occupation d'un canton entre deux signaux serait triple avec ce mode de traction, la capacité de la ligne s'en trouverait fortement réduite. Ce train consommerait d'ailleurs 560 litres de combustible valant 252 francs.

Le même convoi remorqué par *trois* locomotives diesel du même type de 4000 CV pourrait franchir la rampe à la vitesse moyenne de 70 km/h. Le trajet durerait environ 21 minutes et 700 litres de gas-oil coûtant 315 francs seraient nécessaires. Cet accroissement de la consommation pour la remorque du même train s'explique par le triplement de la masse des engins moteurs. Le rapport charge utile/tare s'altérerait donc sensiblement.

QUELQUES CONSIDÉRATIONS SUR LA VITESSE

En 1955, deux locomotives électriques de la SNCF ont atteint lors d'un essai dans les Landes la vitesse de 331 km/h. Ce record du monde sur rail n'a été battu que tout récemment, le 14 août 1974, par un véhicule expérimental qui a roulé à 402 km/h au centre d'essais de Pueblo, aux Etats-Unis.

Une première application pratique des grandes vitesses a été réalisée en 1964 au Japon. La nouvelle ligne du Tokaido, longue de 515 km, relie Tokio à Osaka. Les convois peuvent s'y déplacer à 210 km/h, si bien que la vitesse commerciale est d'environ 170 km/h. En dix ans, près de 700 millions de voyageurs ont été transportés sur cette artère, sans aucun accident. Aujourd'hui, la cadence des circulations est d'un train de 1000 places toutes les six minutes ! D'autres lignes à grande vitesse sont en construction au Japon, où elles doivent constituer un important réseau.

Au cours des années soixante, on voyait l'avenir, en matière de vitesse terrestre, dans des systèmes de transport faisant appel à des techniques nouvelles et abandon-

nant la roue au profit du coussin d'air ou de la sustentation magnétique. Ces moyens de transport non conventionnels présentent l'inconvénient d'être incompatibles avec le réseau ferroviaire existant. Ils exigent dès lors la construction de lignes entièrement nouvelles, avec leurs pénétrations dans les villes. En outre, la consommation d'énergie est considérable, car il ne suffit pas de propulser l'engin ; il faut encore en assurer la sustentation. Il n'y a donc pas lieu de s'étonner de la décision prise tout récemment par les Chemins de fer fédéraux allemands de renoncer aux techniques futuristes pour concentrer leurs efforts sur la réalisation de nouvelles lignes de chemin de fer classique. En France également, le projet d'aérotrain a été partiellement abandonné, mais une nouvelle voie ferrée conçue pour une vitesse maximale de 260 km/h sera mise en service en 1981 entre Paris et Lyon. En Italie, la « direttissima » Rome-Florence est en construction ; elle permettra de circuler à 250 km/h.

En Suisse, l'effort porte essentiellement sur l'amélioration du réseau actuel, mais il est également prévu de créer des lignes à grande vitesse sur les axes ouest-est et nord-sud. La section Berne-Olten serait réalisée en première étape, notamment pour accroître la capacité de transport vers la ligne du Loetschberg, qui doit être équipée de la double voie.

SÉCURITÉ ACCRUE

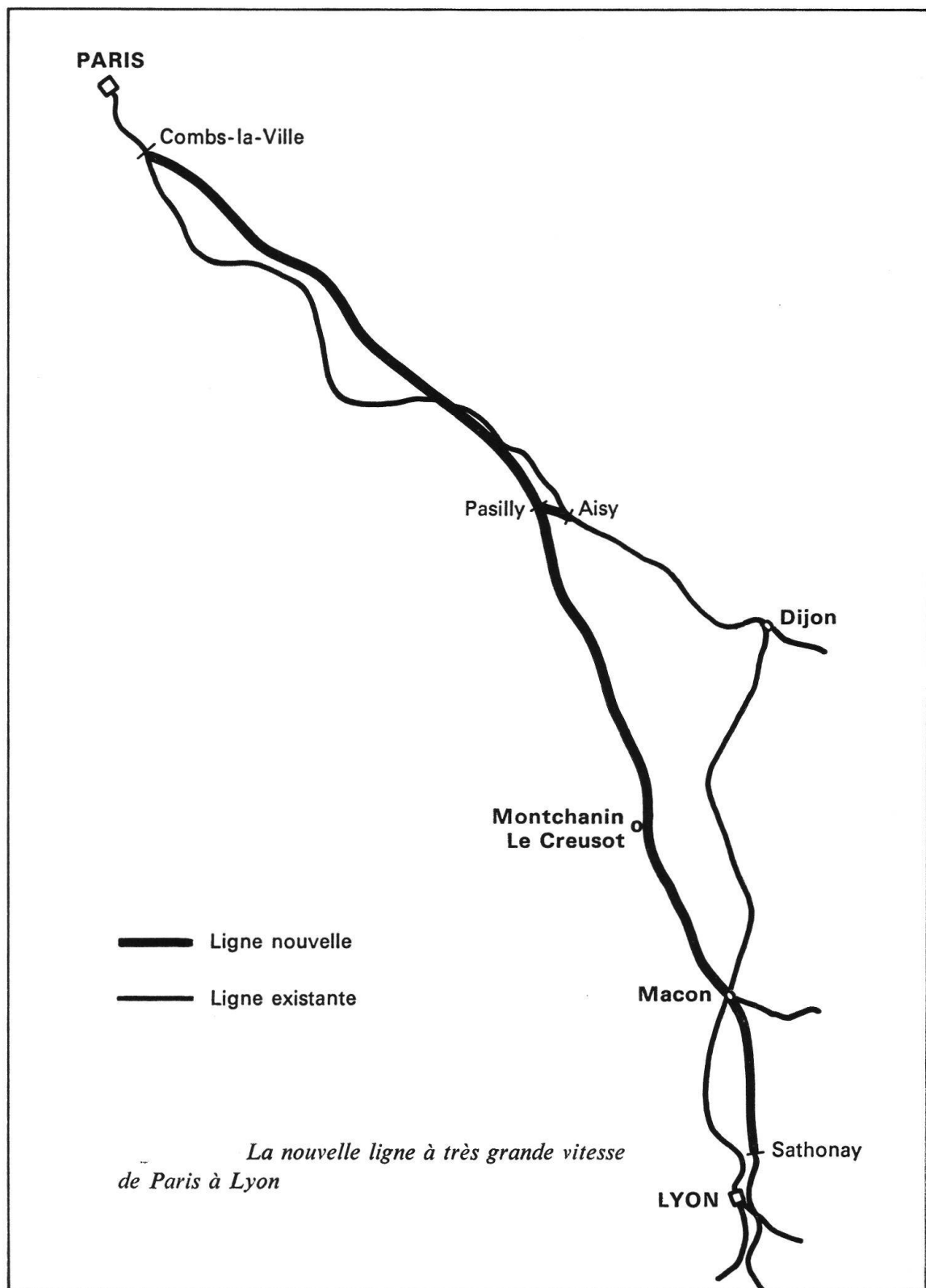
Les installations de sécurité actuelles

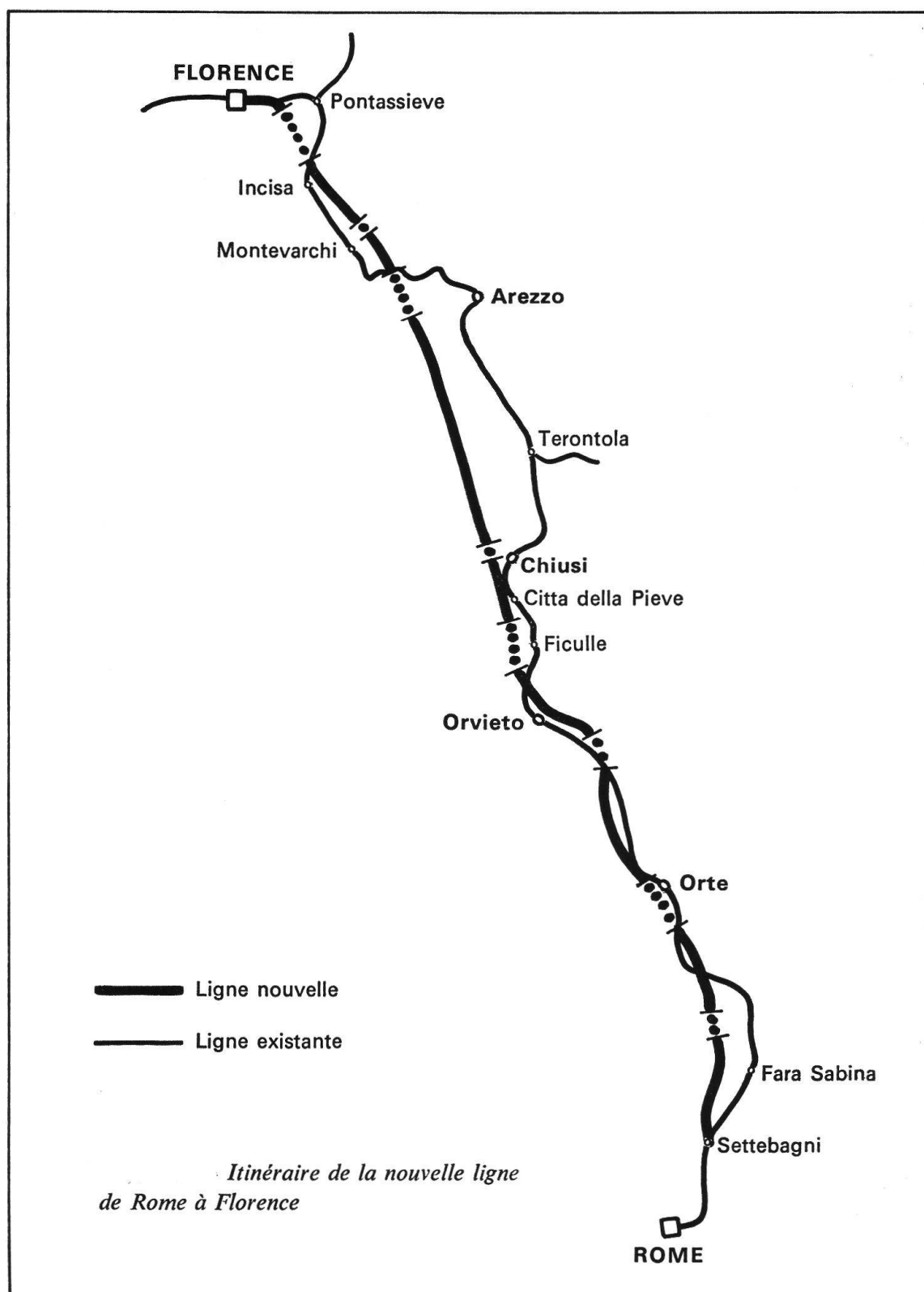
Le premier dispositif de sécurité sur les véhicules moteurs était celui de « l'homme mort », qui a été mis en service progressivement de 1927 à 1937. Il a pour effet d'immobiliser le train par un freinage rapide dès que le mécanicien cesse d'appuyer sur une pédale. Le grave accident survenu le 13 décembre 1932 dans le tunnel de Gütsch (Lucerne) a fait hâter la mise en place d'une installation complémentaire destinée à exclure, dans la plupart des cas, le franchissement de signaux en position d'arrêt. C'est le *dispositif d'arrêt automatique des trains* dont l'emploi s'est aussi généralisé peu à peu. Lorsque le signal est en position d'avertissement ou d'arrêt, un champ magnétique continu est émis du sol par l'intermédiaire d'un aimant de voie. Au passage de l'aimant récepteur du véhicule moteur dans ce champ, il se produit une tension induite qui provoque le même résultat qu'au lâcher de la pédale de l'homme mort.

Lorsque les véhicules moteurs modernes furent prévus pour la conduite par un mécanicien assis, cet équipement a été complété par le « *contrôle de vigilance* ». Il ne suffit plus au mécanicien d'appuyer sur la pédale, il doit encore prouver constamment son activité. Tous ces appareillages ont permis de généraliser la conduite à un seul homme sur les locomotives des CFF.

Aujourd'hui, nous sommes au seuil d'une nouvelle étape. Certes, le dispositif d'arrêt automatique des trains constitue toujours une aide précieuse pour le mécanicien, mais n'offre qu'une seule possibilité et ne peut pas distinguer si l'information concerne un arrêt, ou annonce soit une limitation de vitesse, soit un prochain signal à l'arrêt.

Le système actuel présente en outre une certaine lacune dans son application : quand le dispositif transmet un avertissement, le mécanicien doit empêcher le





déclenchement automatique du freinage d'urgence en actionnant une *touche de rappel*. Il doit ensuite procéder à un freinage normal. Le dispositif de sécurité n'est alors plus en mesure de vérifier si ce freinage est vraiment exécuté.

Certes une amélioration du système actuel est possible ; elle est d'ailleurs en cours de réalisation sur trois lignes aux caractéristiques bien différentes : celle de la Broye, celle de Berne à Lucerne et celle de Zurich à Rapperswil. Le principe repose sur la possibilité d'inverser par le croisement des connexions des circuits électriques, la polarité du champ magnétique émis par les aimants de voie. Il est dès lors possible d'obtenir deux informations. L'une est l'« avertissement » pour les signaux avancés et de ralentissement, l'autre est l'« arrêt absolu » devant les signaux principaux. Cette amélioration ne constitue pourtant qu'une solution transitoire, car elle est loin de résoudre tous les problèmes. L'arrêt absolu, par exemple, n'est déclenché automatiquement qu'après le franchissement du signal au rouge ; il pourrait pourtant arriver qu'un obstacle se trouve déjà à une distance inférieure à celle du chemin de freinage.

En outre, ce système reste nettement insuffisant, parce qu'il est trop localisé ; il ne fonctionne qu'aux endroits dotés d'aimants de voie.

Le contrôle linéaire des trains

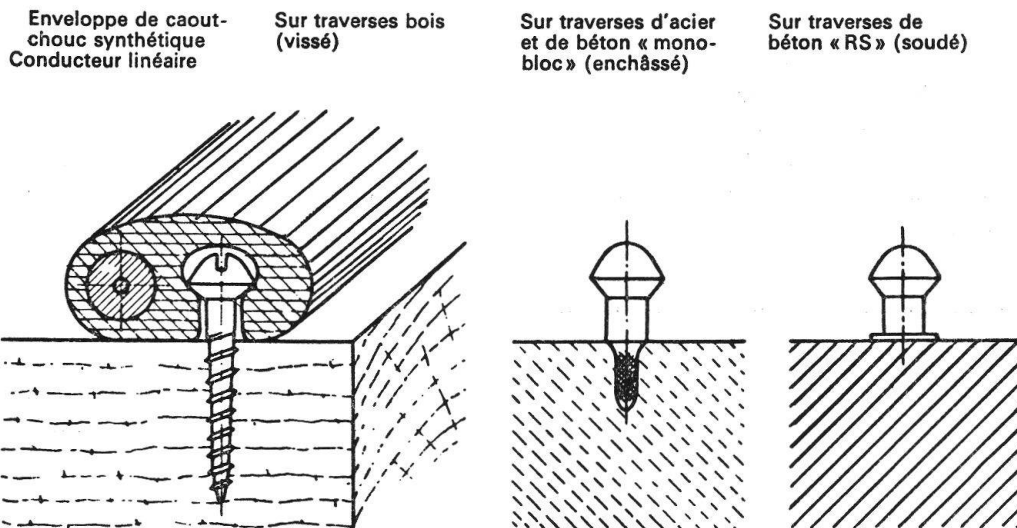
Une exploitation moderne exige d'un nouveau système de sécurité les caractéristiques suivantes :

- sécurité des trains assurée sans interruption, de manière à provoquer l'arrêt sans dépasser un signal au rouge et sans que le mécanicien puisse empêcher un freinage d'urgence ;
- garantie du respect des limitations de vitesse pour travaux, courbes ou déclivités ;
- possibilité de transmettre un signal d'alarme du véhicule moteur aux gares et inversement, par exemple lors de l'engagement du gabarit par des véhicules qui auraient déraillé sur une voie adjacente ;
- transmission de messages de service des gares aux véhicules moteurs, par exemple quand l'ordre est donné de circuler plus lentement ou, au contraire, plus vite.

Même si la sécurité n'a pas de prix, une transmission des informations moderne et relativement coûteuse ne peut se justifier que si elle permet aussi d'*augmenter la capacité de la ligne*, donc d'accroître la rentabilité. Cet objectif peut être atteint par l'augmentation du nombre des cantons block. Selon la technique classique de la signalisation, il faudrait dresser des signaux à des distances très rapprochées, c'est-à-dire environ tous les 160 m dans un cas extrême, qui pourrait se produire dans un trafic de banlieue. Pour éviter de compliquer la signalisation existante, des indicateurs adéquats, placés dans la cabine du mécanicien, doivent dès lors mettre ce dernier en état de conduire le convoi en toute sécurité, même sans la présence de signaux visibles sur la voie.

Pour résoudre les problèmes posés par ce nouveau système de sécurité, il est nécessaire de pouvoir transmettre un plus grand nombre d'informations entre la voie et le véhicule moteur. Ce problème préoccupe aussi maints réseaux étrangers, si bien que les recherches se poursuivent dans le cadre de l'UIC. Après plus de dix ans d'études et d'essais partiels, il apparaît que seul un système de transmission linéaire offre le maximum de possibilités.

Dans le projet retenu, l'échange permanent des informations avec les trains est assuré par des boucles de conducteurs de ligne qui sont posées sans discontinuité dans la voie. Ces boucles dont la longueur peut atteindre 6 km rayonnent ou reçoivent un champ à haute fréquence qui constitue le porteur de l'information à transmettre. Elles sont constituées par un câble posé dans l'axe de la voie et d'une file de rail de roulement qui est mise à la terre. Le câble est logé dans une enveloppe de matière synthétique, rainurée en queue d'hirondelle et fixée aux traverses par des pointes à tête de champignon, selon le principe des boutons à pression.



Fixation du conducteur linéaire aux traverses de la voie.

Les informations de la voie telles que les vitesses prescrites par les signaux, les réductions de vitesse dans les courbes et les chantiers, etc., arrivent par fil dans les postes de commande installés dans les gares d'une certaine importance, distantes les unes des autres de 30 à 40 km. Les informations du véhicule moteur concernant son emplacement, la vitesse réelle instantanée, la nature du train, les caractéristiques de freinage et la longueur du convoi arrivent d'autre part par les boucles du conducteur linéaire. Ces données, traitées électroniquement, aboutissent à l'élaboration d'un ordre de marche transmis au véhicule moteur au moyen d'un télégramme. Cela constitue une régulation en circuit fermé qui travaille à une cadence de trois secondes au plus.

La récapitulation de toutes les informations en un seul télégramme pour chaque direction est propre à ce système ; c'est pourquoi on l'appelle « système intégré ».

Sur l'engin moteur, l'ordre de marche reçu surveille la vitesse de manière continue. A n'importe quel point de la voie, un signal acoustique d'avertissement retentit dès que la vitesse prescrite est dépassée ; si le mécanicien ne réagit pas immédiatement ou si la vitesse est fortement dépassée, un freinage d'urgence est déclenché. Les deux vitesses, soit la vitesse réelle et la vitesse prescrite, apparaissent de manière bien visible sur l'indicateur dans la cabine du mécanicien. Ce dernier peut y lire d'avance, jusqu'à

une distance de 2000 m, la prochaine réduction de vitesse et prendre les mesures que cela implique pour la conduite du train.

Avec ce système de transmission entre la voie et le véhicule moteur, il a déjà été tenu compte des besoins d'un avenir encore éloigné : un ordinateur placé dans le central de régulation pourra influencer la vitesse prescrite à l'engin moteur selon le déroulement instantané de l'horaire. Une telle commande automatique de la circulation des trains ne semble être aujourd'hui applicable qu'à une circulation très dense de convois de même nature, par exemple dans un service de banlieue obéissant à un horaire cadencé.

Alors qu'en Allemagne les essais concernent uniquement des applications particulières telles que la sécurité des trains à grande vitesse circulant entre 160 et 200 km/h et le trafic de banlieue des grandes agglomérations, les expériences en cours sur notre réseau tendent à une application généralisée. Elles se déroulent entre Lavorgo et Bodio, sur la rampe sud du Saint-Gothard, ainsi qu'entre Turgi et Koblenz. L'ensemble du système devrait avoir été testé à fond vers 1977, en vue du lancement de la fabrication en série.

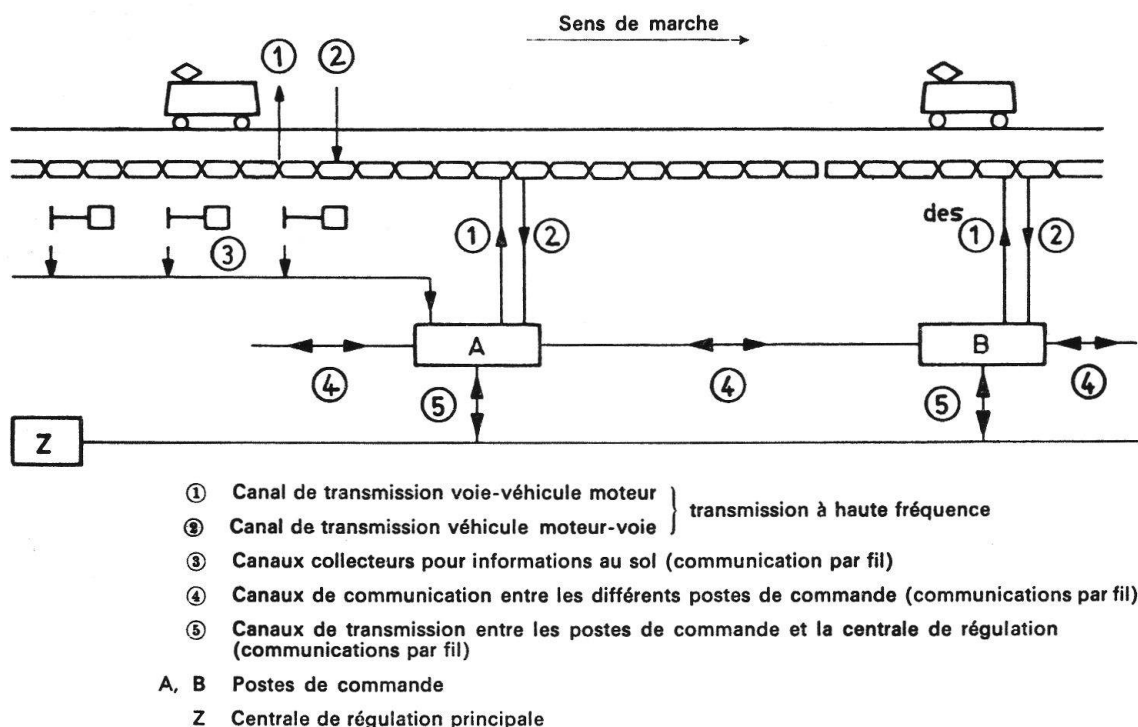
Dispositifs de contrôle des trains en marche

Différentes raisons ont conduit à l'étude, à l'essai puis à l'application de tels dispositifs qui concernent essentiellement les trains de marchandises. La première de ces raisons est la sollicitation accrue des wagons due d'une part, à l'élévation de 60 à 80 km/h, provisoirement même à 100 km/h pour les TEEM, de la vitesse admissible pour les wagons de marchandises, d'autre part à l'augmentation progressive de la charge nette par wagon. Il en résulte, entre autres effets, une plus forte sollicitation mécanique et thermique des boîtes d'essieux. Simultanément, les contrôles visuels diminuent avec l'extension de la commande centralisée de la circulation qui se traduit par une multiplication des gares sans personnel. En outre, plus de la moitié des trains de marchandises ne sont plus accompagnés et l'accélération de la rotation des wagons a fait aussi réduire la durée des arrêts pour les contrôles à la frontière et à l'intérieur du pays. Le manque de personnel a encore d'autres incidences. Dans les gares de triage, les wagons sont traités de façon plus rude lors des manœuvres, et l'insuffisance des effectifs de visiteurs (agents chargés du contrôle technique du matériel roulant) a aussi des répercussions.

Les dispositifs de contrôle des trains en marche sont au nombre de six.

1. Installations de télévision

Ces installations ont pour but essentiellement de déceler les irrégularités qui se manifestent pendant la marche du convoi sur les wagons et leurs chargements. Il peut s'agir par exemple de paquets de ferraille qui rebondissent au rythme des trépidations, de rondins de bois mal arrimés qui roulent de long en large, de bâches flottantes, de portes battantes. La télévision permet en outre de renoncer à l'inspection de tout ou partie du convoi à l'arrivée, par un visiteur longeant les véhicules un à un. La télévision ne sera cependant jamais en mesure de se substituer à une révision minutieuse des convois en partance à la gare de formation.



Représentation simplifiée de l'échange des informations

Les caméras se trouvent aux entrées des gares de triage. Les prises de vues sont enregistrées sur bandes magnétiques et projetées au ralenti devant les visiteurs dans un poste central.

2. Détecteurs de boîtes chaudes

Une boîte d'essieu qui chauffe et n'est pas détectée à temps peut conduire à la rupture d'une fusée et au déraillement. Certes, le nombre des boîtes chaudes a fortement diminué maintenant que les paliers lisses ont été remplacés sur la majorité des wagons européens par des paliers à roulement. Certes, ces derniers peuvent aussi s'échauffer, mais dans une faible proportion : les statistiques indiquent que huit boîtes d'essieux à rouleaux sur 100 000 sont sujettes chaque année à échauffement. Mais prévenir vaut mieux que guérir !

Des détecteurs sont prévus soit en aval du point de jonction de plusieurs artères, soit avant un parcours critique. Une installation expérimentale a été mise en service le 23 avril 1974 entre Fluelen et Altdorf ; elle signale les boîtes chaudes à la gare d'Erstfeld, qui est située au pied de la forte rampe du Saint-Gothard.

La technique utilisée repose à la fois sur la réception et l'interprétation des signaux émis sous forme de rayons infrarouges par les boîtes chaudes et sur le comptage des essieux.

3. Détecteurs de freins serrés

Depuis la mise en service de locomotives de grande puissance, la détection des freins non desserrés revêt une importance accrue. Quand les roues patinent, des méplats se forment sur leurs bandages et les sabots de frein serrés provoquent un échauffement rapide de la roue. Un bandage échauffé se dilate et peut se détacher du corps de roue ou se rompre. Sur les roues monobloc, les hautes températures donnent lieu à des tensions excessives conduisant également à la rupture. La conséquence en est souvent un déraillement, sans parler du danger d'incendie. De 1965 à 1972, sur les lignes du II^e arrondissement des CFF, 22 wagons ont pris feu dans ces circonstances, malgré la présence de tôles pare-étincelles.

La technique mise en œuvre, identique à celle des détecteurs de boîtes chaudes, fait aussi appel aux rayons infrarouges. Le capteur, placé horizontalement juste au-dessus du niveau du rail, est dirigé sur les bandages, dans un sens oblique par rapport à l'axe de la voie.

Des détecteurs de freins serrés seront situés à une distance convenable des gares où n'a lieu qu'un essai partiel des freins (après un changement de locomotive, par exemple) ou bien à l'extrémité des longues pentes. A titre d'essai, le détecteur de boîtes chaudes installé entre Fluelen et Altdorf sera complété par un détecteur de freins serrés. Les organes de dépouillement et d'annonce des signaux captés seront utilisés en commun par les deux dispositifs.

4. Dispositif de contrôle du gabarit

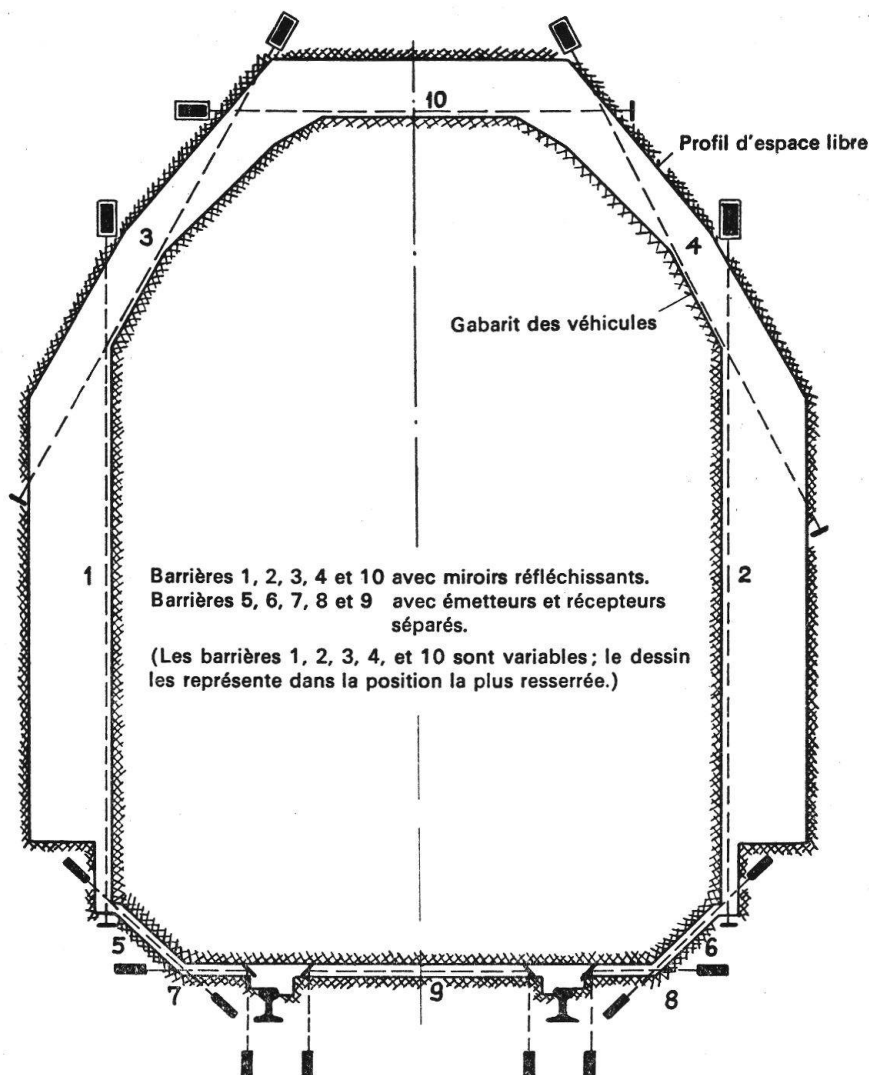
Ces appareils servent à surveiller le gabarit de chargement des véhicules de telle sorte que toute pénétration dans le profil d'espace libre puisse être détectée et éliminée à temps.

La technique utilisée consiste à envoyer sur des miroirs réfléchissants des rayons lumineux invisibles, dans la gamme des ondes infrarouges de 0,9 m de longueur. Ce procédé est dû à une firme suisse. Il s'agit de rayons à l'arséniure de gallium. L'appareillage réagit quand un de ces rayons est effectivement intercepté. La sensibilité maximum produit une réaction lorsque la trajectoire du rayon est coupée pendant un millième de seconde par une surface de 4 cm². Il va de soi que la sensibilité de la barrière supérieure doit être moindre, à cause du passage des pantographes. Le mode d'interprétation et d'annonce des signaux captés ressemble à celui dont fait usage le détecteur de boîtes chaudes ; toutefois, la transmission ne se fait pas à l'aide d'un système à fréquence porteuse, car le nombre des conducteurs disponibles dans le câble suffit pour l'instant.

Ces dispositifs de contrôle du gabarit seront placés en des points analogues à ceux des détecteurs de boîtes chaudes, donc à la suite des points de jonction de plusieurs artères ou avant les parcours critiques. Une installation expérimentale est en place entre Sisikon et Fluelen.

5. Dispositifs de mesure de la charge par roue

Les chargements déplacés rendent inégale la répartition des charges entre les roues, ce qui peut faire dérailler le wagon. Cinq cas se sont produits sur notre réseau de mai 1973 à février 1974 ; il en est résulté de graves perturbations et d'énormes



Principe du contrôle de gabarit. Les émetteurs, les récepteurs et les miroirs réfléchissants peuvent être légèrement chauffés à l'électricité.

dommages. Les véhicules qui dérailent sont très souvent des wagons spécialisés du type récent, dont le châssis est d'une grande rigidité et n'épouse pas les gauches de la voie lors de circulations à vide.

La pesée des trains en marche doit se dérouler très rapidement, et ses résultats doivent être connus immédiatement. L'électronique permet seule d'atteindre ces objectifs. Les installations de pesage doivent être capables de détecter et d'enregistrer sur les trains dont la vitesse est comprise entre 40 et 60 km/h les inégalités de charge entre roues du même essieu ainsi que les charges par essieu excessives.

Cette pesée devrait intervenir à l'entrée et à la sortie des gares de triage, où il est possible de retenir les véhicules repérés, mais où les chargements peuvent aussi

se déplacer dangereusement sous l'effet des tamponnements qui se produisent au cours de la manœuvre. Elle serait aussi nécessaire en des points situés avant un long parcours qui, tel que le futur tunnel de base du Saint-Gothard, exclut toute possibilité d'observation.

Actuellement, le problème du pesage électronique proprement dit est résolu, mais la méthode et l'appareillage à utiliser pour le dépouillement du résultat des pesées et pour le déclenchement de l'alarme sont encore à l'étude.

6. Détecteurs de méplats

Les méplats ne présentent pas un danger immédiat, mais ils exercent une action néfaste sur le véhicule, sur son chargement et sur la voie. Le problème n'est donc traité qu'en seconde urgence. Diverses méthodes sont possibles :

- détection acoustique, combinée avec le contrôle télévisé du train en marche. Du fait des influences extérieures qui risquent d'en perturber le fonctionnement, cette solution est aléatoire ;
- détection électrique, d'après le système d'une firme suédoise. Les sauts que le méplat imprime à la roue se traduisent par une augmentation périodique de la résistance dans un circuit de contrôle. Le procédé repose sur la mesure et l'interprétation de ce phénomène.

Conclusions

Le chemin de fer est réputé pour sa sécurité. Certes, les accidents sont relativement rares, mais ils ont toujours de graves conséquences. En voici un exemple : le 11 janvier 1974, la ligne du Saint-Gothard a été coupée pendant 17 heures par suite d'un déraillement et les dommages s'élevèrent à 543 000 francs. Par bonheur, il n'y eut aucune victime. Le détecteur de boîtes chaudes se trouvait encore à l'essai, mais sans pouvoir donner l'alarme. Comme devait le prouver plus tard la bande enregistreuse, il avait bien détecté un début de boîte chaude sur le 33^e véhicule de ce train de marchandises. Aujourd'hui, il déclencherait l'alarme. Si le détecteur permet d'éviter à l'avenir un seul cas de ce genre, son coût d'acquisition et de montage, qui est de quelque 200 000 francs, sera largement amorti.

A longue échéance, il est prévu d'intégrer ces dispositifs de contrôle dans les installations de sécurité proprement dites. Tout convoi dont un véhicule présentera des défauts sera alors arrêté automatiquement dans la gare prévue à cet effet, où des mesures seront prises pour écarter le danger.

L'INTRODUCTION DE L'ATTELAGE AUTOMATIQUE

Dès 1925, la question de l'attelage automatique a préoccupé les administrations européennes de chemins de fer (Russie exceptée). Les travaux et les espoirs d'alors furent anéantis par la conjoncture défavorable qui régna dans la troisième décennie du siècle et par la Seconde Guerre mondiale, qui éclata aussitôt après. Les études furent reprises en 1956 par l'UIC (Union internationale des chemins de fer), après que l'on eût paré aux conséquences les plus fâcheuses de la guerre. Un cahier des

charges élaboré à ce moment fixait exactement toutes les caractéristiques techniques et les conditions d'exploitation du futur attelage automatique. Ce document servit de base aux travaux d'un comité d'experts de l'ORE (Office de recherches et d'essais de l'UIC) œuvrant en étroite liaison avec l'industrie. Parmi les différentes propositions des constructeurs, dont celle de Georges Fischer, à Schaffhouse, c'est finalement une synthèse des solutions des établissements Knorr (Allemagne), Boirault-Sambre et Meuse (France) et Willison (USA) qui fut retenue. Le nouvel appareil, qui a fait l'objet de nombreux essais et améliorations, est représenté par la société internationale UNICUPLER, dont le siège est à Glaris.

Le nouvel attelage européen devait être compatible avec l'attelage « SA 3 » des chemins de fer de l'URSS, ce qui constituait une lourde servitude. Il fut nécessaire d'accepter une pareille condition, malgré la voie plus large des chemins de fer soviétiques, car l'avis de Moscou prévalut dans tout le bloc oriental des chemins de fer à voie normale. C'est pourquoi on peut parler de difficultés, car les têtes d'attelage soviétiques sont libres dans le sens vertical.

Dans un attelage moderne, tel qu'il a été choisi, la jonction automatique des conduites pneumatiques et électriques est indispensable pour réaliser une entière automatisation des manœuvres dans les gares de triage. A cet effet, un attelage « rigide » articulé est nécessaire.

Type

Le type d'attelage automatique accepté par toutes les administrations européennes de chemins de fer accouple automatiquement les véhicules dès leur entrée en contact et transmet tous les efforts de traction et de compression. D'où la suppression des tampons latéraux. Sa structure extrêmement robuste est formée principalement de pièces brutes en fonte d'acier.

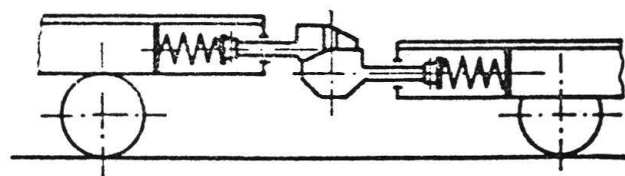
Sa grande résistance à la traction (150 t au lieu de 85 t) permettra de remorquer des trains de 1600 t, c'est-à-dire les plus lourds sur les fortes rampes du Saint-Gothard et du Simplon avec deux locomotives Re 6/6 placées en tête du convoi et fonctionnant en commande multiple. Il ne sera donc plus nécessaire de scinder le train pour intercaler une ou plusieurs locomotives.

Fonctionnement

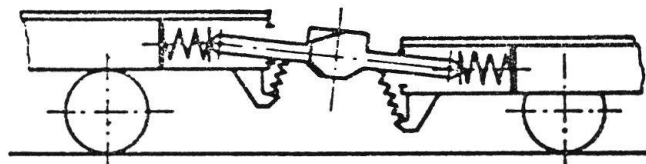
Lorsque deux véhicules entrent en contact, les cornes de guidage placent les deux attelages bien en face l'un de l'autre. Ils glissent alors l'un dans l'autre jusqu'à une butée, ce qui abaisse le verrou destiné à maintenir ensemble les attelages. Cette opération réalise donc d'un seul coup l'accouplement proprement dit et la liaison des conduites d'air comprimé et d'électricité.

Pour dételer, il suffit de relever le verrou au moyen du levier de désaccouplement. Ce levier peut être immobilisé par une simple translation si l'on désire procéder à une manœuvre au lancer.

A l'état désaccouplé, l'orifice des conduites d'air et d'électricité est protégé par un couvercle automatique contre les poussières et les précipitations atmosphériques.



Attelage libre
(SA 3)



Attelage rigide
(unicoupleur)

Principe de l'attelage « libre » fixé dans le châssis
(SA 3) comparé à l'attelage « rigide » articulé (unicoupleur).

Mise en service du nouvel attelage

Le type d'attelage automatique étant choisi, l'une des plus grandes difficultés qui retardait sa mise en service a ainsi pu être surmontée. Des études étendues furent encore nécessaires pour résoudre les questions relatives à la structure des véhicules et au passage de l'attelage manuel à l'attelage automatique.

N'oublions pas que dans le cas d'un attelage reprenant uniquement la compression et la traction tel qu'il est prévu pour les wagons, les efforts après la suppression des tampons latéraux, sont transmis seulement par le centre des traverses de tête des châssis. Il est donc nécessaire d'aménager à cet endroit un bâti convenablement entretoisé pour fixer le bras d'attelage et loger le dispositif élastique de compression et de traction.

On envisage de laisser subsister les tampons latéraux sur les voitures à voyageurs pour des raisons de stabilité. La possibilité d'accrocher des wagons aux voitures devant être maintenue, on utilisera en principe, comme pour les véhicules moteurs, la méthode de montage décrite ci-dessus. Le plan de montage et de passage à l'attelage automatique est le suivant :

- a) La première phase comporte la création de l'enceinte nécessaire à l'attelage. Ce travail est en cours sur les wagons, dont 9700 sur un parc de 26 000 sont susceptibles d'être modifiés.

Selon un programme accéléré, 9000 wagons doivent être commandés jusqu'en 1980. Il s'agit principalement de wagons à bogies.

A ce jour, la transformation des deux tiers des wagons à aménager aura été exécutée dans les ateliers principaux des CFF. A partir de 1966, les

nouveaux wagons ont été construits en vue du montage ultérieur de l'attelage automatique.

Des mesures semblables sont prises en ce qui concerne le matériel à voyageurs et les véhicules moteurs, à la différence près que cette opération n'a été exécutée que sur quelques prototypes seulement.

Lors de l'établissement des programmes, on a pris soin de déterminer les cas où l'adaptation est justifiée et où la formation de trains blocs — rames navettes comprises — permet le maintien de l'attelage à vis.

- b) En deuxième phase, les appareils élastiques, les conduites pneumatiques, les dispositifs de verrouillage et leurs supports seront installés pour autant que l'attelage à vis qui doit être maintenu le permette.
- c) La troisième phase consistera à fixer l'attelage automatique. Tant que tous les véhicules circulant à l'intérieur de la même association ne seront pas équipés, les tampons latéraux subsisteront. Pour l'accrochage des wagons avec attelages à vis, des organes intermédiaires (attelages mixtes) sont nécessaires.

Les administrations de chemins de fer ont tout intérêt à monter l'attelage automatique sur les wagons le plus rapidement possible, afin de rationaliser au mieux les opérations de triage. A l'heure actuelle, cette réalisation est envisagée pour 1985.

Pour les wagons de particuliers, l'adaptation devrait aller de pair avec celle des wagons d'administration. Les démarches sont en cours auprès des propriétaires.

Coût

La préparation du châssis d'un wagon revient à environ 5500 francs. Pour les équipements complémentaires ainsi que pour les attelages eux-mêmes, il faut compter 12 500 francs, ce qui donne un total d'environ 18 000 francs pour l'aménagement complet d'un wagon. Les dépenses sont sensiblement plus élevées pour les engins moteurs et le matériel à voyageurs, car les travaux nécessaires sur les faces frontales sont plus étendus.

L'opération qui portera sur plus de 36 000 véhicules, se chiffrera globalement par quelque 490 millions de francs (coût total européen : + 12 milliards DM).

L'acquisition de nouveau matériel roulant est étroitement liée à ce plan. Si l'introduction de l'attelage automatique devait être retardée, les besoins financiers seraient aussi plus grands. En conséquence, il faut envisager les priorités suivantes :

- le renouvellement et le complètement du parc moteur doivent être poursuivis indépendamment de la mise en service de l'attelage automatique ;
- le renouvellement du parc des wagons doit en tout cas être accéléré, car il est lié à une augmentation de la capacité de production et ce sont les trains de marchandises qui ont le plus besoin de l'attelage automatique ;
- il faut plutôt s'attendre à voir différer le montage de l'attelage automatique sur le matériel à voyageurs. On peut d'ailleurs envisager de mettre en circulation de nouveaux véhicules dans le trafic intérieur — dans les trains navettes entre autres — avec l'attelage à vis. C'est là qu'un ajournement paraît le plus justifié.

Conclusions

Cela suffit pour montrer à quel point la voie qui, conduisant à l'application de l'attelage automatique, est hérissée de difficultés. En ce moment, le développement du type adopté marque le terme d'une étape importante. Une nouvelle phase a débuté : depuis 1966, les nouveaux véhicules sont construits avec des traverses de tête prêtes à recevoir l'attelage automatique et la transformation des véhicules existants avance rapidement dans les ateliers principaux.

La division de la traction et des ateliers des CFF a constitué un organisme spécial qui a pour mission de coordonner les travaux des établissements intéressés.

La mise en service de l'attelage automatique marquera une étape importante vers l'automatisation de l'exploitation ferroviaire ; elle présentera aussi des avantages sur le plan humain en supprimant le dangereux travail manuel de l'attaleur.