

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins :
gemeinsames Publikationsorgan des Schweizerischen
Elektrotechnischen Vereins (SEV) und des Verbandes Schweizerischer
Elektrizitätswerke (VSE)

Band: 60 (1969)

Heft: 4

Artikel: Les possibilités et l'avenir du chemin de fer

Autor: Germanier, R.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-916127>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 19.11.2024

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

BULLETIN

DES SCHWEIZERISCHEN ELEKTROTECHNISCHEN VEREINS

Gemeinsames Publikationsorgan des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins (SEV)
und des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke (VSE)

Les possibilités et l'avenir du chemin de fer

Par R. Germanier, Genève

2614 - 2618

656.2"313"

Le développement des transports par route et des transports aériens que nous connaissons de nos jours pourrait faire conclure un observateur superficiel à la fin plus ou moins proche du chemin de fer. Le but du présent article, qui s'appuie sur des études d'organismes internationaux, est de montrer que le rail ne peut être remplacé pour les transports de masses — il est d'ailleurs le seul moyen d'accroître le potentiel des territoires en voie de développement — et qu'il est un moyen économique et sûr pour les transports des voyageurs à grande vitesse sur des distances atteignant 300 à 500 km. Les possibilités que l'attelage automatique, l'électronique et l'automatisation apportent aux transports ferroviaires sont évoquées quant à leurs effets sur les véhicules-moteurs et sur la conduite des trains. La part que prend l'industrie suisse à ce développement est mentionnée au passage. Enfin il est rappelé que l'on peut moderniser les réseaux ferroviaires avec des investissements bien inférieurs à ceux qui sont nécessités par les autres modes de transports.

Die heutige Entwicklung des Strassen- und des Luftverkehrs könnte bei oberflächlicher Betrachtung zum Schluss führen, dass das Ende der Eisenbahn mehr oder weniger nahe bevorstehe. Es ist das Ziel des vorliegenden Artikels, der sich auf Studien internationaler Organisationen stützt, zu zeigen, dass die Schiene für Massentransporte nicht ersetzt werden kann — sie ist übrigens das einzige Mittel zu Erhöhung des Industrie-Potentials der Entwicklungsländer, — und dass sie ein wirtschaftliches und sicheres Mittel für den Personentransport mit hohen Geschwindigkeiten auf Distanzen bis zu 300...500 km darstellt. Die Möglichkeiten, die die automatische Kupplung, die Elektronik und die Automatisierung dem Eisenbahnverkehr bringen, werden dargelegt, besonders hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die Triebfahrzeuge und die Führung der Züge. Dabei wird der Anteil der schweizerischen Industrie an dieser Entwicklung am Rande erwähnt. Schliesslich wird in Erinnerung gerufen, dass die Modernisierung von Eisenbahnnetzen mit viel geringeren Investitionen, als sie für die anderen Verkehrsmittel erforderlich sind, möglich ist.

Dans un monde en pleine expansion économique et démographique, les besoins de transports croissent régulièrement. Il faut déplacer toujours plus de personnes et de marchandises plus loin et plus vite. Jusqu'avant la dernière guerre mondiale, le chemin de fer a connu un monopole incontesté dans le domaine des transports autres que maritimes. Ce monopole a disparu progressivement après 1946 par suite du développement de l'automobile puis de l'aviation.

Toutefois, comme nul ne peut nier que le chemin de fer joue un rôle important dans l'évolution actuelle des moyens de transport, il nous semble intéressant d'exposer brièvement les possibilités du rail et les tendances du développement ferroviaire. La part que l'industrie suisse prend à ce développement sera mentionnée au passage. Les avantages considérables que présente cet outil puissant et concentré qu'est le chemin de fer résident dans sa capacité de pouvoir assurer des transports de masse dans des conditions de sécurité et de régularité exceptionnelles pratiquement indépendantes de l'importance du trafic, ce qui est loin d'être réalisé par l'automobile et l'aviation. Pensons en particulier aux déplacements journaliers des habitants des banlieues de grandes villes, aux départs de vacances ou de fêtes, aux relations rapides entre centres importants, aux transports par exprès de primeurs et de fruits de mer, aux transports de minerais et de combustibles dans les régions industrielles, enfin aux transports par containers en pleine extension.

Quels sont donc les éléments de la technique moderne qui pourront influencer le développement du chemin de fer en face de la concurrence de la route et de l'avion tout en respectant sa vocation de transporteur de masses ?

La réponse à cette question est contenue dans les termes suivants :

sur le plan commercial :

- a) aménagement des gares (aspect, confort, aménagement intérieur, possibilités de parage et d'accès, exemple: la nouvelle gare de Berne);
- b) coordination des horaires de desserte des banlieues entre les chemins de fer et les transports publics locaux;
- c) construction de nouvelles lignes et d'ouvrages d'art (par exemple: le tunnel sous la Manche);
- d) relations internationales rapides et confortables (TEE);
- e) transport des automobiles et de leurs passagers (trains auto-couchettes, train auto à travers les tunnels alpins — St. Gothard, Lötschberg, Albula, Simplon, etc.).

sur le plan technique :

- f) l'attelage automatique;
- g) les grandes vitesses;
- h) la cybernétique;

qui vont être successivement passés en revue.

L'attelage automatique (fig. 1 et 2) est un dispositif destiné à relier deux véhicules ferroviaires entre eux, «l'accrochage» s'effectuant à basse vitesse sans intervention manuelle. Ce dispositif remplacera les tampons, les crochets et les vis d'attelage utilisés depuis les débuts du chemin de fer pour assurer la liaison mécanique et la transmission des efforts de

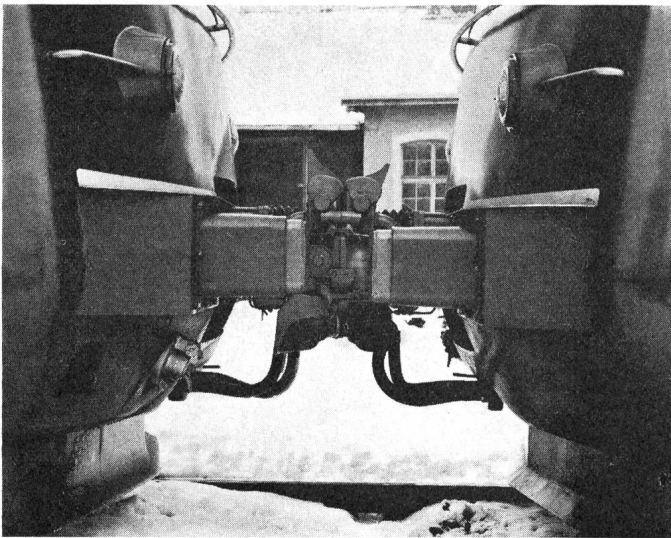


Fig. 1
Attelage automatique reliant deux rames de banlieue CFF

traction et de retenue. L'attelage automatique assurera en plus le raccordement pneumatique nécessaire au passage de l'air comprimé actionnant les freins, et la connexion des circuits électriques de commande et de chauffage.

L'attelage automatique, source d'importantes augmentations du rendement des gares de triage, permettra d'accroître considérablement le tonnage des convois «marchandises» limité actuellement par la résistance de l'attelage à vis. Cette augmentation de tonnage devient une nécessité en face de l'accroissement de la demande de transport qui est aujourd'hui trois fois supérieure à ce qu'elle était en 1900. Sa valeur actuelle est de 1300 tonnes-kilomètre par habitant et par an en Europe, soit 5000 kg par habitant, transportés à 260 km. La valeur correspondante aux Etats-Unis est égale à 8000 kg par habitant, transportés à 720 km. Avec le développement économique et l'abaissement des barrières douanières, la demande de tonnage transporté tendra à se rapprocher de celle des Etats-Unis, la distance moyenne de transport restant toutefois inférieure¹⁾. Par suite de l'encombrement croissant des routes, la coexistence du trafic routier des marchandises et des voitures particulières devient de plus en plus difficile. Il est donc souhaitable d'utiliser au maximum les possibilités du rail pour dégager les routes, ce qui coûtera de toute façon beaucoup moins cher que de construire des autoroutes réservées au trafic marchandises.

Enfin l'attelage automatique permettra de supprimer le travail pénible et dangereux des attelers qui sont de plus en plus difficiles à recruter.

En attendant son introduction généralisée qui occasionnera des dépenses élevées aux administrations ferroviaires, mentionnons une solution intermédiaire en cours d'expérimentation à la SNCF. Il s'agit d'un essai de télécommande par voie hertzienne — qui se poursuit dans le nord de la France — permettant la circulation, sur des parcours communs, de trains-cargos constitués par l'assemblage de trains «normaux» en une seule composition, les locomotives réparties à l'intérieur du convoi étant pilotées par radio depuis la machine de tête. Cette solution représente un progrès dans l'immédiat, puis-

¹⁾ Chiffres mentionnés dans une étude du CELTE (Comité Européen des constructeurs de Locomotives Thermo-Electriques) sur l'avenir du chemin de fer en Europe.

qu'elle est applicable à peu de frais sans modification des attelages.

En Suisse, une première application de l'attelage automatique a été réalisée par les CFF sur les 20 rames de banlieue circulant au départ de Zurich. Cela permet de modifier très rapidement la longueur des convois pour l'adapter aux variations journalières du trafic de banlieue.

Les 126 nouveaux trams articulés de Zurich sont munis de cet attelage automatique qui sera également utilisé à partir de 1968 sur les 30 rames automotrices de banlieue des chemins de fer finlandais.

Les grandes vitesses (200 et 250 km/h) que l'on commence à pratiquer régulièrement sur quelques réseaux européens (France, Allemagne), ainsi que le relèvement progressif des niveaux inférieurs actuels permettront d'augmenter notablement les vitesses moyennes sur les parcours intervilles de 300 à 500 km, où les temps nécessaires pour aller du centre d'une cité au centre d'une autre cité sont en passe de devenir inférieurs aux temps que permet l'avion²⁾. Actuellement on va plus rapidement, plus facilement et plus régulièrement de Paris à Bruxelles en train que par voie aérienne.

Les vitesses supérieures à 150 km/h, auxquelles circulent quelques trains européens, peuvent être pratiquées sans modification de l'infrastructure (voie — ligne de contact — signalisation), moyennant simplement l'installation de quelques équipements supplémentaires — relativement peu coûteux — sur le matériel roulant, tels que dispositif de répétition des signaux à bord de la locomotive et régulateur automatique de vitesse.

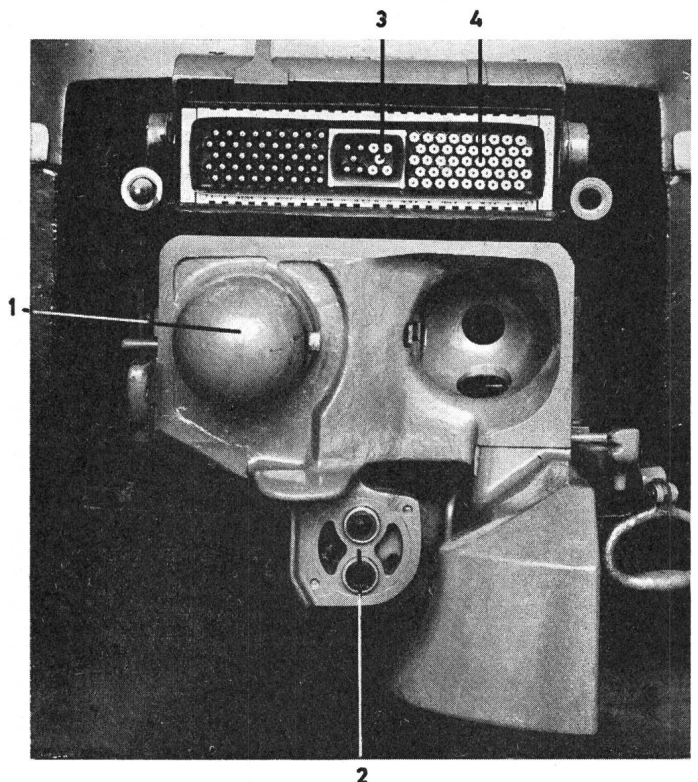


Fig. 2
Vue frontale de l'attelage automatique G + F

1 partie de l'attelage mécanique; 2 couplage de l'air comprimé; 3 prises pour le couplage de la conduite haute tension pour le chauffage du train; 4 prises pour le couplage des circuits basse tension de commande

²⁾ Voir les conclusions du Symposium des Grandes Vitesses tenu à Vienne en juin 1968 et publiées dans le Bulletin de l'Association du Congrès des chemins de fer.

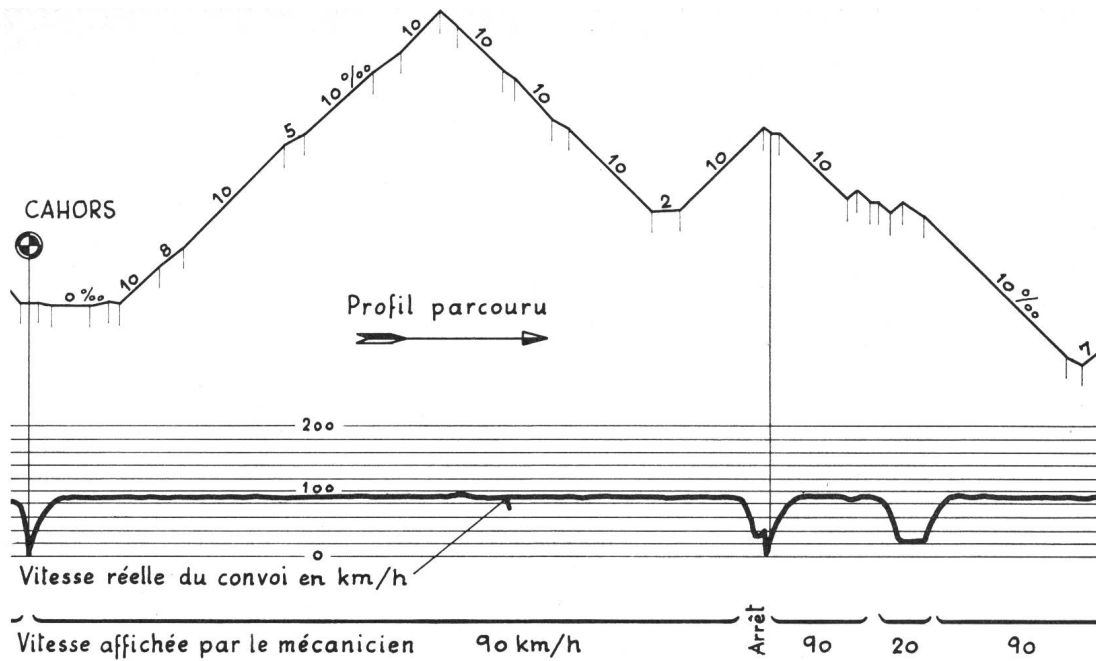


Fig. 3
Réglage automatique de vitesse

Extrait de la bande enregistreuse du tachygraphe de la locomotive SNCF BB 9292 munie d'un dispositif de vitesse affichée, remorquant le train «Le Capitole» (356 t remorquées) le 6. 12. 1967

Cependant, la grande vitesse est coûteuse puisqu'elle nécessite, par exemple, quatre fois plus de puissance à 200 km/h qu'à 150 km/h, et que les accélérations qu'il faut soutenir exigent des surplus de puissance momentanés élevés, si l'on veut tirer un profit maximum des plafonds supérieurs de vitesse.

Toutefois si la grande vitesse est coûteuse, elle est également rentable. Rappelons-nous pour cela, la réalisation japonaise de la ligne du Tokaido, construite entre 1962 et 1964, et destinée à relier Tokyo et Osaka (515 km) en 3 h.

Le taux d'occupation moyen des convois est de 75 % et si les recettes se maintiennent à leur rythme actuel, les installations seront amorties en 20 ans. Mentionnons accessoirement que la mise en service de cette ligne a fait baisser de 30 % (comparaison entre novembre 1963 et novembre 1965) le taux d'utilisation des avions assurant la liaison entre Tokyo et Osaka.

L'industrie suisse participe à la réalisation des véhicules «à grande vitesse» en livrant des dispositifs électroniques qui règlent automatiquement la vitesse du train. Ces équipements, connus sous la désignation d'appareillage «à vitesse affichée», agissent sur les circuits de commande à la place du mécanicien qui peut concentrer son attention sur l'observation des signaux.

Ces équipements sont installés sur les locomotives CC quadri-courant de 5100 ch de la SNCF (10 équipements) et sur les locomotives BB à courant continu de cette même Administration (6 équipements destinés, entre autre, aux locomotives remorquant le train «Capitole» qui circulent à 200 km/h sur le tronçon Vierzon — Les Aubrais).

La fig. 3 montre un extrait de la bande enregistreuse du tachygraphe de la locomotive SNCF BB 9292 remorquant le train «Capitole» à travers le massif central (entre Montauban et Brive). On remarque la régularité de marche obtenue par le maintien automatique de la vitesse sur un profil difficile.

Le relèvement possible des plafonds de vitesse sans intervention — toujours très coûteuse — sur le tracé de lignes dépend dans une mesure très importante des réactions produites par les véhicules-moteurs sur les rails lors du franchissement des courbes³⁾. Une fabrique suisse a réalisé des bogies donnant lieu à des réactions limitées, permettant d'augmenter sensiblement les vitesses de circulation en courbe (voir la nouvelle locomotive BB 6600 ch des CFF, série Re 4/4 II).

³⁾ Voir à ce sujet la remarquable thèse de M. H. H. Weber, Dr. ing., chef de section à la Direction Générale des CFF.

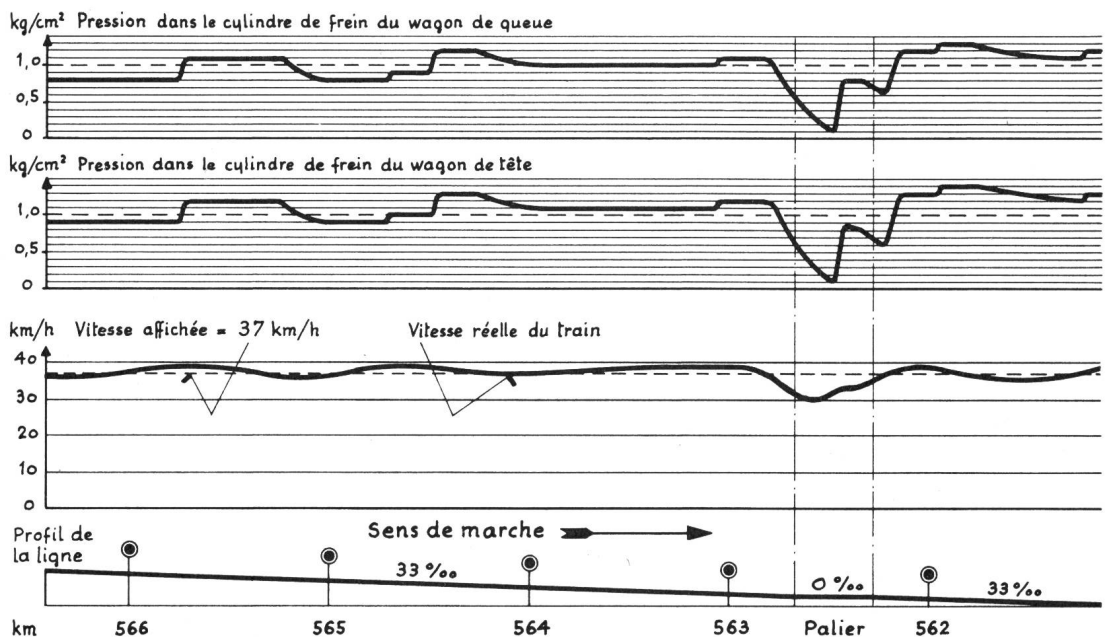


Fig. 4
Freinage automatique d'un train sur forte pente
Extrait de la bande enregistreuse d'un oscillographe lors d'un essai de freinage automatique d'un train de env. 450 t sur une pente de 33 % par la locomotive SNCF BB 9535 équipée d'un dispositif de vitesse affichée avec réglage automatique du frein pneumatique

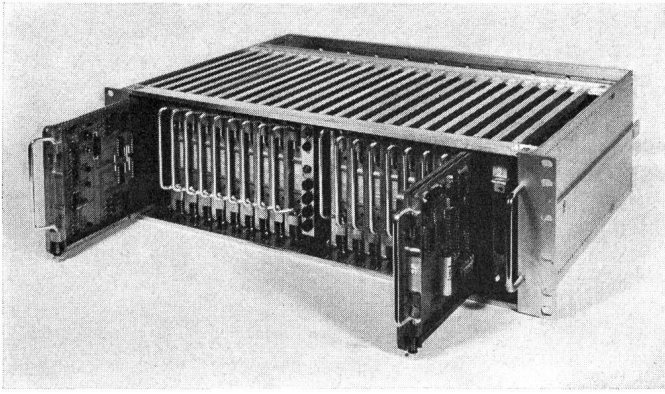


Fig. 5
Dispositif de marche automatique

Cet ensemble de circuits intégrés assemblés dans un tiroir de conception «ferroviaire» peut fournir soit les consignes de limitation automatique de vitesse pour 5000 km de parcours de grandes lignes, soit les ordres de couper le courant de traction en fonction du retard — ou de l'avance — d'un convoi pour tous les trains de banlieue d'une grande ville

L'application de la *cybernétique* en plus de ses applications à la gestion financière ou à l'exploitation générale des entreprises ferroviaires, trouve un terrain particulièrement favorable dans le chemin de fer, grâce à une infrastructure indépendante combinée au guidage par le rail, d'où un mouvement à un seul degré de liberté.

La première étape qu'il faut franchir pour pouvoir «cybernétiser» la marche des trains consiste à mettre au point un dispositif de conduite semi-automatique assurant le démarrage, la marche à vitesse constante, le ralentissement et l'arrêt d'un convoi à partir d'un signal qui est donné, pour le moment, par le mécanicien. Par la suite, ce signal de référence sera transmis du sol au véhicule en mouvement.

Le choix du paramètre «vitesse» comme grandeur de référence appliquée à l'entrée d'une commande automatique s'impose par le fait que la vitesse est la grandeur physique essentielle qui permet de caractériser la marche d'un train.

De tels équipements électroniques ont été développés par l'industrie suisse depuis 1960. Ils ont fait leur apparition sur des rames de banlieue en 1962 et sont actuellement en fonction sur plus de cent véhicules-moteurs en France, en Italie et en Suisse. Cinquante autres exemplaires sont en cours de fabrication.

Le réglage automatique de la vitesse appliqué aux automotrices ne représente qu'une première étape en direction d'un automatisme plus poussé. En effet, les problèmes posés par le réglage de la vitesse d'une locomotive appelée à remorquer des convois de tonnages très différents et de composition variée (voyageurs ou marchandises) sont rendus beaucoup plus complexes par les temps de réaction très variables du frein pneumatique qui doit être actionné par le régulateur électronique lors des ralentissements. Ce dernier doit réagir différemment selon la longueur du train et la composition du convoi. Une fabrique suisse a étudié ce problème de façon théorique, à l'aide d'un calculateur analogique. Une autre fabrique suisse a mis au point, entre autre, un dispositif d'arrêt automatique de précision, appelé «arrêt au but» qui permet d'arrêter une composition ferroviaire en un point précis d'une gare sans l'intervention du mécanicien. Un dispositif de commande automatique de frein pneumatique des trains est en cours d'expérimentation à la SNCF. Ce dispositif, muni d'une mémoire de cor-

rection, adapte automatiquement l'action du frein aux caractéristiques du train (voyageurs ou marchandises, train long ou court) et permet de stabiliser la vitesse des convois sur les fortes pentes rencontrées sur les lignes de montagne. La fig. 4 montre un enregistrement réalisé sur le parcours Aumont — Millau lors du freinage d'un train de marchandises sur une pente de 33‰ longue de 10 km. Il y a lieu de remarquer la régularité du maintien de la vitesse à la valeur affichée par le mécanicien. A partir du moment où l'on dispose d'un régulateur de vitesse à bord d'un véhicule moteur, il est possible de transmettre des ordres de marche et de freinage soit à partir d'un système de télécommande fixe (au sol) utilisant une transmission par câbles placés sur le ballast entre les deux rails («Linienleiter») ou utilisant la caténaire comme guide-onde, soit à partir d'un calculateur placé sur le véhicule. La première solution, que l'on pourrait qualifier de «centralisatrice», permet une vue d'ensemble de la circulation des convois sur tout ou partie d'un réseau. La seconde solution, de caractère plus «libéral» ne permet pas d'avoir cette vue d'ensemble. Elle a, par contre, l'avantage d'être beaucoup moins coûteuse — puisqu'elle ne demande aucune modification de l'infrastructure — et de permettre une application plus progressive puisque l'on peut en équiper les véhicules moteurs par catégories successives (par exemple: rames de banlieue puis locomotives de ligne pour trains voyageurs, etc.). L'utilisation des circuits intégrés (fig. 5) permet de constituer des ensembles de calcul relativement complets sous un volume réduit compatible avec la place limitée disponible à bord d'un véhicule. Dans ce domaine également, l'industrie suisse participe aux réalisations nouvelles en cours d'expérimentation.

Ces dispositifs électroniques auraient théoriquement pu être réalisés depuis longtemps au moyen d'amplificateurs à lampes. La fragilité de ces appareils a empêché leur emploi sur les véhicules-moteurs qui sont soumis à des vibrations et à des chocs importants. C'est pourquoi il a fallu attendre la production industrielle du semi-conducteur pour pouvoir développer «l'automatique» sur les véhicules de traction et c'est ce qui explique l'apparition tardive — elle date de 6 ou 8 ans — de dispositifs automatiques complexes (mais robustes) dans le chemin de fer.

L'industrie suisse, en collaboration avec les CFF, la SNCF et d'autres Administrations étrangères, participe activement au développement ferroviaire et s'est acquise un renom international dans ce domaine. Toutefois, pour maintenir sa position, il lui est nécessaire de promouvoir la recherche appliquée, car elle seule lui permettra d'augmenter le volume de ses exportations de spécialités à haute densité de matière grise.

En guise de conclusion, rappelons que le chemin de fer est encore loin d'avoir donné toute la mesure de ses possibilités et qu'il semble seul capable d'absorber l'augmentation des besoins de transports que l'on prévoit pour ces 20 prochaines années. Il faut également garder en mémoire le fait que le chemin de fer est un moyen de transport qui peut être modernisé à peu de frais. Comme exemple, il nous suffira de rappeler que l'électrification des 40 km du réseau reliant Wil à Kreuzlingen (Mittelthurgau-Bahn) réalisée en 1964 et l'acquisition de tout le matériel roulant moderne nécessaire n'ont coûté que l'équivalent de la construction de 1 km d'autoroute.

Adresse de l'auteur:
R. Germanier, Chef de la Division Traction, S. A. des Ateliers de Sécheron,
Case postale 40, 1211 Genève 21.