

Edition trimestrielle n° 53 • 3 NF

SCIENCE *et* VIE

CHEMINS DE FER

NUMÉRO HORS SÉRIE

WAGON type E.D.F.



CAPACITÉ : 38 m³ • POIDS TOTAL SUR RAILS : 40 t • CHARGE : 29,5 t • TARE : 10,5 t • INDICE TARIFAIRE A 9

- Wagon houiller à 2 trémies à déchargement par le fond.
- Les trappes à 2 vantaux sont commandées mécaniquement pour l'ouverture et rappelées à la fermeture par un système oléo-pneumatique breveté qui utilise l'énergie produite par la poussée du charbon sur les 4 portes au moment du déchargement.
- La tôle de caisse est galvanisée au trempé à chaud pour assurer une protection efficace contre l'oxydation.
- Le wagon est équipé d'un frein à air et, sur demande, d'un frein à vis.

PAUL MARTIAL - 257



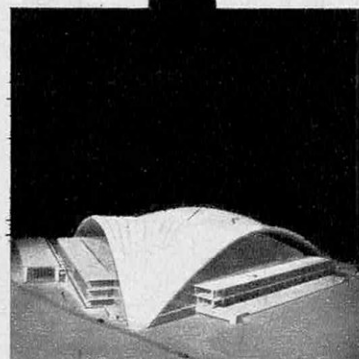
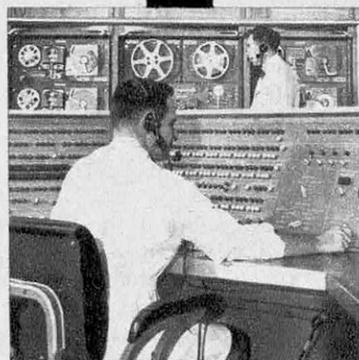
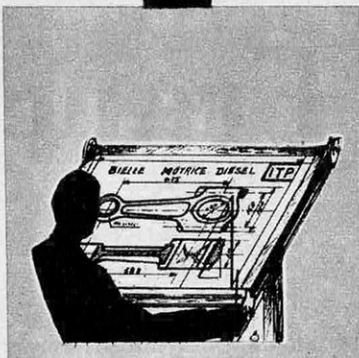
ARBEL

DOUAI
TEL. 88-74-50

jeunes gens

TECHNICIENS

BOUM



« l'École des cadres de l'Industrie, Institut Technique Professionnel, est l'une des plus sérieuses des Écoles par Correspondance. C'est pourquoi je lui ai apporté mon entière collaboration, sûr de servir ainsi tous les Jeunes et les Techniciens qui veulent « faire leur chemin » par le Savoir et le Vouloir. »

Maurice DENIS-PAPIN * O. I.

Ingenieur-expert I.E.G. Officier de l'Instruction Publique.
Directeur des Études de l'Institut Technique Professionnel.

Vous qui voulez gravir plus vite les échelons et accéder aux emplois supérieurs de maîtrise et de direction, demandez, sans engagement, l'un des programmes ci-dessous en précisant le numéro. Joindre deux timbres pour frais.

- N° 00 TECHNICIEN FRIGORISTE ET INGÉNIEUR**
Étude théorique et pratique de tous les appareils ménagers et industriels (systèmes à compresseur et à absorption), électriques, à gaz et dérivés.
- N° 01 DESSIN INDUSTRIEL**
Préparation à tous les C.A.P. et au Brevet Professionnel des Industries Mécaniques. Cours de tous degrés de Dessinateur-Calqueur à Sous-Ingenieur, Chef d'Études. Préparation au Baccalauréat Technique.
- N° 03 ÉLECTRICITÉ**
Préparation au C.A.P. de Monteur-Électricien. Formation de Chef Monteur-Électricien et de Sous-Ingenieur Électricien.
- N° 0ELN ÉLECTRONIQUE**
Cours de Sous-Ingenieur et d'Ingenieur spécialisé.
- N° 0EA ÉNERGIE ATOMIQUE**
Cours de Technicien et d'Ingenieur en Énergie atomique.
- N° 04 AUTOMOBILE**
Cours de Chef Électro-Mécanicien et de Sous-Ingenieur. Préparation à toutes les carrières de l'Automobile (S.N.C.F.-P.T.T.-Armée).
- N° 05 DIESEL**
Cours de Technicien et de Sous-Ingenieur spécialisé en moteurs Diesel. Étude des particularités techniques et de fonctionnement des moteurs Diesel de tous types (Stationnaires-Traction-Marine-Utilisation aux Colonies).
- N° 06 CONSTRUCTIONS MÉTALLIQUES**
Étude de la Statique Graphique et de la Résistance des Matériaux appliquée aux constructions métalliques. Calculs et tracés des fermes, charpentes, ponts, pylônes, etc. Préparation de Dessinateur spécialisé en Constructions Métalliques.
- N° 07 CHAUFFAGE ET VENTILATION**
Cours de Technicien spécialisé et Dessinateur d'Études. Cours s'adressant aussi aux Industriels et Artisans désirant mener eux-mêmes à bien les études des installations qui leur sont confiées.
- N° 08 BÉTON ARMÉ**
Préparation technique de Dessinateur et au C.A.P. de Constructeur en Ciment Armé. — Formation de Dessinateur d'Étude (Brevet Professionnel de dessinateur en Béton Armé. Formation d'Ingenieurs en B.A.).
- N° 09 INGÉNIEURS SPÉCIALISÉS** (Enseignement supérieur)
a) Mécanique Générale — b) Constructions Métalliques — c) Automobile — d) Moteurs Diesel — e) Chauffage Ventilation — f) Électricité — g) Froid — h) Béton Armé — i) Énergie Atomique — j) Électronique. Préciser la spécialité choisie.

NOS RÉFÉRENCES :

Notre École est homologuée :

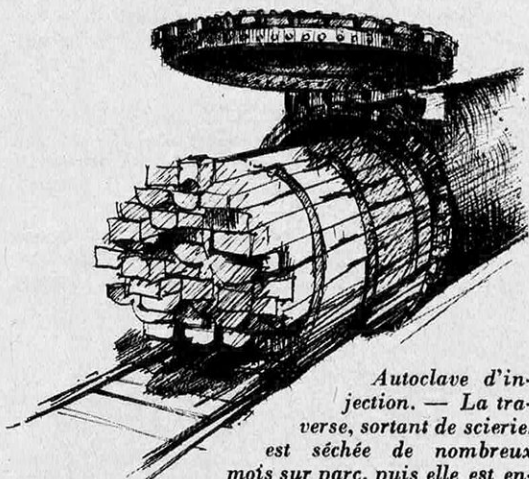
- 1° Par le Ministère de l'Éducation Nationale comme Établissement pouvant faire bénéficier ses élèves des prestations familiales prévues par la loi.
- 2° Par le Comité officiel de Contrôle des Cours et Examens par Correspondance en langue française pour tous les pays du Moyen-Orient.

INSTITUT TECHNIQUE PROFESSIONNEL
Ecole des Cadres de l'Industrie
69, rue de Chabrol, Bâtim. A - PARIS X'

pour la Belgique : I.T.P. Centre Administratif,

617 A, Bellevue, WEPION

La traverse en bois en France



Autoclave d'injection. — La traverse, sortant de scierie, est séchée de nombreux mois sur parc, puis elle est entaillée, percée et consolidée mécaniquement. Elle est enfin chargée sur lorries pour être injectée sous pression en autoclave à la créosote.

EN France, sur six traverses posées en voies de la S.N.C.F. et des embranchements industriels, cinq sont en bois créosoté.

Pourquoi ce long attachement à ce support de rail ? C'est que la traverse en bois reste toujours inégalée par l'ensemble des qualités qu'elle présente, tant sur les voies principales d'un grand réseau que sur les voies sommaires d'un chantier provisoire.

En voie principale la traverse en bois est le support des trafics importants, des grandes vitesses et lourdes charges par essieu. Son isolement électrique naturel la fait convenir, sans frais supplémentaires, aux systèmes modernes de signalisation par circuit de voie. Elle est souple et peu bruyante, donc confortable pour le voyageur, elle épargne le matériel roulant et l'infrastructure de la voie par son élasticité propre. Sa pose, son entretien sont aisés. Elle est économique à l'achat et à l'exploitation.

Souvent certains travaux, par exemple le renouvellement du rail, conduisent à remplacer les traverses, alors que leur état est encore satisfaisant. La traverse en bois peut, dans ce cas, être aisément récupérée moyennant certains travaux de régénération peu

coûteux. La S.N.C.F. a organisé cette régénération dans des installations industrielles, qui en réduisent encore le prix de revient.

Depuis plus de 100 ans qu'elle est utilisée, la traverse en bois n'a cessé d'être perfectionnée dans le détail et adaptée aux conditions d'exploitation les plus modernes. Le fretage des extrémités à l'aide d'un bandage métallique est pratiqué depuis la dernière guerre sur certaines pièces qui périraient prématurément par les fentes.

Le rail soudé est couramment employé sur traverses en bois grâce aux fixations élastiques, dont la mise au point la plus intéressante a été réalisée en France. C'est sur traverses en bois, enfin, que le record du monde de vitesse ferroviaire de 330 km/h a été réalisé. La traverse en bois est donc utilisée de nos jours avec une forte marge de sécurité ; elle garde un bel avenir devant elle, même pour des voies conçues suivant les dernières normes du progrès technique.



Voie principale à rails soudés sur traverses en bois avec fixations élastiques et pose sans selle.

créosoté sous pression et Outre-mer

En voie de chantier ou embranchement industriel la traverse en bois est remarquable par sa rusticité, sa robustesse. Elle s'adapte aux voies les plus mal établies dans les sols les plus divers. Elle redoute peu les chocs provoqués par les déraillements. Le rail est fixé aisément à tous écartements notamment dans les courbes. Elle est la moins exigeante et la plus économique.

En Afrique, la traverse en bois vient d'être choisie pour la construction de voies ferrées importantes en Mauritanie, Guinée et Togo. Elle a été préférée parce qu'elle n'est pas attaquée par l'air salin des régions côtières, sa légèreté la fait transporter aisément, elle est très durable et elle reste, là comme ailleurs, la plus économique.

En Mauritanie où le climat est sec, c'est le chêne créosoté et fretté aux extrémités qui a été choisi. Au Togo et en Guinée, où l'attaque des champignons et des termites est particulièrement à redouter pour le bois, l'on a opté pour le hêtre créosoté. Des traverses de ce type séjournent depuis quatorze ans dans deux champs d'essai de la Côte d'Ivoire sans avoir subi la moindre attaque, bien que le milieu biologique soit exceptionnellement agressif.

Certaines essences de bois tropicaux de l'Afrique conviennent aussi parfaitement pour la traverse, et la S.N.C.F. en utilise en France avec plein succès. Mais l'utilisation de ces essences tropicales dans leurs pays d'origine soulève certaines difficultés. Seul un bois imprégnable dans toute sa masse de créosote ou d'un produit protecteur similaire, peut convenir. Toute lacune dans l'injection profonde du bois risque d'être fatale à la traverse. Le hêtre, essence européenne, remplit parfaitement les conditions requises à ce point de vue. Les essences tropicales convenables se dégageront progressivement de la



Chemin de fer de la Compagnie togolaise des mines du Bénin.

pratique parmi celles qui seront à la fois valables en voie et pourront être exploitées en forêt à des conditions économiquement acceptables.

De même que le cadre européen est relayé peu à peu par des compétences locales dans les pays sous-développés, de même la traverse en bois d'origine française, dont les possibilités de production et la qualité sont éprouvées, servira quelque temps encore de relais dans la construction des voies ferrées utilisant les ressources forestières locales.

Les utilisateurs de traverses en bois trouveront une documentation sur la construction et l'entretien des voies ferrées en France et Outre-mer au Syndicat des fabricants de traverses en bois injecté (3, Rue d'Anjou, Paris 8^e).



ROBUSTESSE PROUVÉE CHAQUE JOUR SOUS TOUS LES CLIMATS
par des milliers de batteries d'éclairage de trains



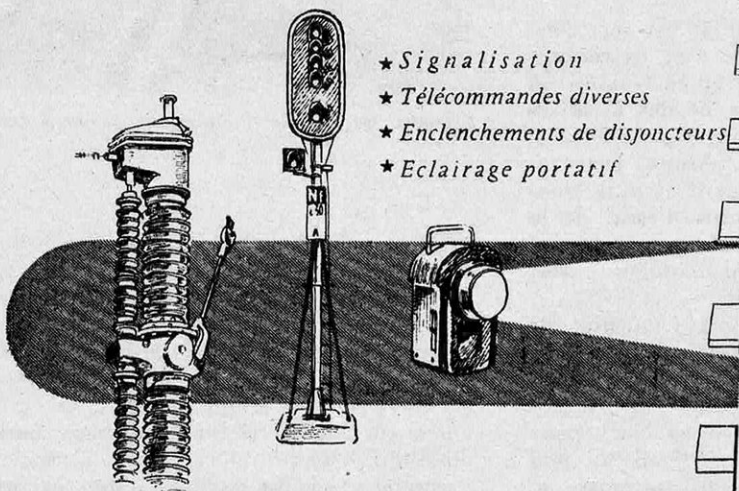
LA TECHNIQUE DES PLAQUES FRITTÉES
s'est imposée par tous les démarrages
de Locomotives Diesel assurés chaque
jour dans de nombreux pays

SAFT apporte une nouvelle contribution à l'Exploitation du Rail avec le :

VOLTABLOC

**accumulateur cadmium-nickel
à plaques frittées minces**

Le VOLTABLOC libère l'Exploitant
des sujétions de l'entretien



- ★ Signalisation
- ★ Télécommandes diverses
- ★ Enclenchements de disjoncteurs
- ★ Eclairage portatif

ADEP PUB.

SOCIÉTÉ DES ACCUMULATEURS FIXES ET DE TRACTION

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 13 160 000 NOUVEAUX FRANCS

156, AVENUE DE METZ - ROMAINVILLE (SEINE) - TÉL. : VIL 83-47
USINES A ROMAINVILLE - ANGOULÊME - BORDEAUX

SAFT

CHEMINS DE FER

SOMMAIRE

• ÉDITORIAL	6
• LE CHEMIN DE FER ARTISAN DE L'INTÉGRATION EUROPÉENNE	8
• LES GRANDES ÉTAPES DE L'HISTOIRE DU RAIL	20
• LA VOIE	57
• L'AUTOMATISME AU SERVICE DE LA SÉCURITÉ	69
• LA TRACTION ÉLECTRIQUE	79
• SOUS-STATIONS ET TÉLÉCOMMANDE	105
• LA TRACTION DIESEL	110
• TRANSPORT VOYAGEURS, TRAFIC MARCHANDISES	128
• GESTION ÉLECTRONIQUE A LA S.N.C.F.	138
• LE MÉTROPOLITAIN	142

Directeur général :
Jacques Dupuy

Directeur :
Jean de Montulé

Rédacteur en chef :
Jean Bodet

Direction, Administration, Rédaction : 5, rue de La Baume, Paris-8°. Tél. : Balzac 57-61. Chèque postal 91-07 PARIS. Adresse télégr. : SIENVIE PARIS.

Publicité : 2, rue de La Baume, Paris-8°. Tél. : Elysées 87-46.

New York : Arsène Okun, 64-33, 99th Street Forest Hills, 74 N. Y. Tél. : Twining 7.3381.

Londres : Louis Bloncourt, 17 Clifford Street, London W. 1. Tél. : Regent 52-52

Washington : Science Service, 1719 N Street N.W. Washington 6, D.C. (U.S.A.)

TARIF DES ABONNEMENTS

POUR UN AN :	France et Union Franc	Étranger
12 parutions	15, — NF	20, — NF
12 parutions (envoi recommandé)	22,50 NF	28, — NF
12 parutions plus 4 numéros hors série	24, — NF	32, — NF
12 parutions plus 4 numéros hors série (envoi recdé)	34, — NF	42, — NF

Règlement des abonnements : SCIENCE ET VIE, 5, rue de La Baume-Paris. C.C.P. PARIS 91-07 ou chèque bancaire. Pour l'Étranger par mandat international ou chèque payable à Paris. Changement d'adresse : poster la dernière bande et 0,30 NF en timbres-poste.

Belgique et Grand-Duché (1 an) Service ordinaire	FB 180
Service combiné	FB 330
Hollande (1 an) Service ordinaire	FB 200
Service combiné	FB 375

Règlement à Édimonde, 10, boulevard Sauvenière, CCP. 283.76, P.I.M. service Liège

Editorial

LE chemin de fer est un des grands traits d'union entre la science, qui lui apporte le progrès, la modernisation, et la vie économique du pays qu'il contribue, si puissamment, à alimenter. Ainsi s'explique que « Science et Vie » lui ait consacré un numéro hors-série qui nous donne l'occasion, en cette fin d'année 1960, d'exposer à des lecteurs avertis nos dernières réalisations ainsi que les perspectives ouvertes à nos recherches ; je remercie « Science et Vie » de nous permettre ainsi de faire, en quelque sorte, le point des techniques ferroviaires.

Il suffit de feuilleter le précédent numéro de « Science et Vie » sur les chemins de fer, celui de 1952, pour voir combien, en peu d'années, la technique ferroviaire a pu évoluer, non pas certes par l'effet de mutations brusques qui seraient anormales dans une industrie aussi ancienne, mais au contraire par une rénovation continue. En tirant parti, sans cesse, des possibilités que lui offre le développement des techniques, le chemin de fer réalise peu à peu de profondes transformations.

Les changements les plus caractéristiques, comme on le verra, concernent le matériel moteur. Les avantages économiques et techniques de la locomotive électrique sont bien connus, et depuis longtemps. La S.N.C.F., pour sa part, les a notablement accrus en mettant au point un nouveau courant de traction, le courant monophasé à fréquence industrielle, dont le prix de revient est inférieur de 30 % à celui du courant continu (à 1 500 volts). C'est en 1954 qu'il a commencé d'équiper une des grandes lignes du Nord-Est de la France, la ligne Valenciennes-Thionville, et depuis lors plus de 2 000 km de lignes ont été électrifiées selon cette nouvelle technique que beaucoup de chemins de fer étrangers ont maintenant adoptée.

L'équipement électrique des grandes artères progresse à raison de 300 km de lignes en moyenne par an et il semble que dans un délai de l'ordre de dix ans, si le rythme actuel se poursuit, toutes les lignes pour lesquelles la traction électrique est avantageuse seront électrifiées.

Sur les autres, c'est la traction diesel qui remplace peu à peu la locomotive à vapeur. D'abord réservé aux engins de manœuvres et aux autorails, le moteur diesel a beaucoup gagné en puissance — à cet égard ses progrès sont loin d'être arrivés à leur terme — et il peut maintenant équiper des locomotives remorquant des trains de voyageurs et de marchandises sur des lignes importantes. Ainsi prépare-t-on l'élimination de la locomotive à vapeur qui fut l'engin ferroviaire caractéristique du XIX^e siècle et du premier tiers du XX^e siècle, mais que l'évolution des techniques et l'utilisation intensive des nouvelles formes d'énergie condamnent définitivement. La frontière délimitant les domaines respectifs des tractions électrique et diesel est encore difficile à fixer : elle dépend en partie des progrès de l'une et de l'autre. Quoiqu'il en soit, la S.N.C.F., en les développant, fera appel de plus en plus à des sources d'énergie dont l'avenir est prometteur : c'est par l'intermédiaire de l'électricité que le chemin de fer deviendra consommateur d'énergie nucléaire, en même temps qu'il consommera des carburants que la France n'aura plus besoin d'importer.

Par ailleurs, le chemin de fer, au cours des dernières années, a multiplié les dispositifs automatiques, que ce soit dans les installations de sécurité ou dans les opérations de triage des wagons.

Les applications toutes récentes de l'électronique, en particulier, ont abouti, depuis deux ou trois ans, à des solutions particulièrement intéressantes dans le domaine de la sécurité : ainsi, la « commande centralisée », à Mouchard, des aiguilles et signaux de la ligne Mouchard-Frasne, où l'aiguilleur peut, grâce à un programmeur, enregistrer à l'avance un certain nombre de commandes (une installation analogue est en cours à Reims pour les postes de la ligne Épernay-Reims). Diverses études et expérimentations sur la télécommande des locomotives sans conducteur, poursuivies depuis 1955, ont abouti en 1960 à la mise en service dans de grandes gares de triage de locomotives de manœuvres télécommandées.

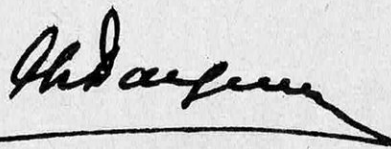
L'électronique nous a permis également de mettre au point un dispositif de radiotéléphone à l'usage du public depuis 1959 sur Paris-Lille.

L'électronique encore vient de nous donner, sous la forme d'un « ensemble électronique de gestion », la possibilité de faire à grande vitesse et haut rendement une masse énorme de travaux statistiques et comptables ainsi que des calculs de tous ordres. Cet ensemble constituera en particulier l'outil indispensable à notre équipe de « recherche opérationnelle » et, dans ce domaine, le champ des applications défie toute prévision.

L'extension du courant de traction à fréquence industrielle, l'accroissement de puissance des engins à moteur diesel, les applications de l'électronique, toutes innovations ou transformations des quatre ou cinq dernières années, sont autant d'aspects d'un chemin de fer nouveau que les lecteurs de « Science et Vie » trouveront ici décrits en détail.

Il est assez remarquable qu'une technique née au début du XIX^e siècle puisse, après plus d'un siècle, s'adapter avec autant d'aisance aux nouvelles conjonctures. Mais il va de soi que cet effort de rénovation continu, s'il se fait en fonction de l'évolution des techniques, a pour but, en définitive, de satisfaire les besoins d'une économie en constante progression.

Le chemin de fer est, en vérité, une industrie en expansion qui s'efforce de comprimer ses prix de revient et d'offrir des services sans cesse améliorés. Son souci de recherche et de perfectionnement systématiques ne peut donc s'apprécier que dans un cadre économique ; il s'agit d'en faire un instrument toujours plus efficace et moins coûteux au service de l'activité nationale.



Philippe DARGEOU
Directeur Général de la S.N.C.F.

LE CHEMIN DE FER ARTISAN DE

JAMAIS, dans le passé, les problèmes de coopération et de communauté internationales n'ont retenu autant l'attention.

Sur le plan européen notamment, des initiatives audacieuses ont, pendant ces dernières années, fait surgir la Communauté européenne du charbon et de l'acier, l'Euratom, le Marché commun et bien d'autres organismes encore, dont la plupart se basent sur l'intérêt que pourrait présenter, pour l'Europe, la constitution d'une entité économique très étendue susceptible de vivre de ses propres ressources.

En méditant sur les espoirs que font naître toutes ces réalisations, il paraît intéressant de constater que, par son organisation, la voie ferrée s'est préparée depuis longtemps aux idées de communauté internationale.

Bien mieux, on peut dire que le chemin de fer a été, dans une certaine mesure, un précurseur à cet égard et il suffit, pour s'en convaincre, d'évoquer les instruments ou organismes qu'il a édifiés, notamment pour rendre possible l'exécution des prestations à fournir dans le domaine des transports internationaux de voyageurs et de marchandises.

C'est donc en procédant à un examen sommaire de ces instruments et organes que nous essayerons de mettre en évidence le rôle joué par le rail dans le merveilleux essor et la poussée civilisatrice de l'Europe occidentale, depuis plus d'un siècle.

Il est à peine besoin de dire que ce rôle a été immense. Supplantant d'une manière radicale les anciens moyens de locomotion, le chemin de fer a contribué largement à changer

L'INTÉGRATION

la façon de vivre des pays traversés, à augmenter leur potentiel industriel et commercial, à transformer le mode et les possibilités de travail de leurs populations laborieuses, les échanges économiques et culturels, les relations entre les nations.

Aussi, au moment où l'Europe prend conscience d'elle-même et où les ententes particulières se rassemblent dans une intégration générale, les chemins de fer ne voient, dans les nouveaux développements qui les attendent, qu'un couronnement normal de leur longue œuvre de coopération.

Pas de frontières pour les chemins de fer

Dès l'origine, les voies ferrées ont étendu leurs tentacules d'acier à travers les limites territoriales des divers pays; délibérément, les trains ont franchi les frontières que des siècles de routine avaient érigées en redoutables barrières.

Grâce aux recherches, aux inventions mises en commun d'hommes tels que Georges et Robert Stephenson, Marc Séguin, Wal-schärts et bien d'autres, la coopération technique entre les premiers réseaux ferrés a reçu d'emblée une orientation fondamentale: les premières locomotives ont été « européennes » et, malgré plusieurs essais d'écartements différents, la même largeur de voies finit par être adoptée partout sur notre continent, sauf en Russie, en Espagne et au Portugal.

L'utilisation d'un écartement uniforme était évidemment de nature à rendre possible

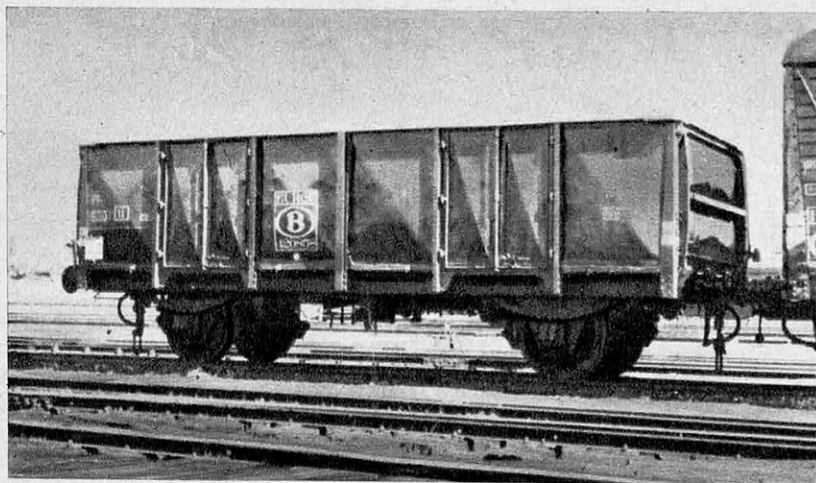
la soudure des réseaux aux frontières et partant le passage des voyageurs et des marchandises sans transbordement. Considérant que même aujourd'hui ce n'est qu'au prix de dispositifs techniques complexes que l'on peut surmonter l'obstacle constitué par le changement d'écartement aux frontières russe et espagnole, on peut mesurer aisément la valeur de l'unification initiale.

Mais les conditions techniques nécessaires au passage de véhicules d'un réseau à l'autre ne se limitaient pas au seul problème de l'écartement de la voie; d'autres normes devaient être unifiées, en particulier le gabarit, les organes de choc et de traction, le freinage. Ce fut l'œuvre de la *Conférence pour l'unité technique des chemins de fer* qui se tint à Berne en 1882 et qui édicta le *Règlement de l'unité technique*, dont la rédaction fut révisée à diverses reprises pour donner lieu finalement à l'édition de 1938, toujours en vigueur.

Dès 1872, la *Conférence européenne des horaires* avait fixé les horaires et la composition des trains de voyageurs internationaux. Cette conférence réunit tous les ans la totalité des réseaux européens dans un esprit de complète coopération technique, en vue d'assurer la rapidité et la régularité dans les transports internationaux des personnes. Parallèlement, une *Conférence européenne des trains de marchandises*, appelée Conférence L.I.M., étudie depuis 1919 les correspondances entre les trains de marchandises.

La fondation, par Georges Nagelmakers, de la *Compagnie internationale des wagons-lits* date de 1876 et l'on ne peut oublier que, dès

EUROPÉENNE



Deux wagons belges, l'un appartenant au parc de la

1906, son domaine s'étendait de l'Atlantique à Vladivostok.

En 1885, un fait nouveau important dans le domaine de la coopération européenne et même mondiale est à retenir : la fondation de l'*Association internationale du congrès des chemins de fer*. Cette organisation — autre initiative belge — a pris naissance au sein d'un véritable congrès scientifique réuni à Bruxelles pour fêter le cinquantième anniversaire de l'inauguration du premier railway belge. Groupant actuellement plus de cent administrations ferroviaires du monde entier et gérée par une commission permanente ayant son siège à Bruxelles, elle s'est donné pour but de favoriser les progrès des chemins de fer et de rechercher les améliorations à apporter dans leur construction et leur exploitation. A cet effet, elle tient régulièrement

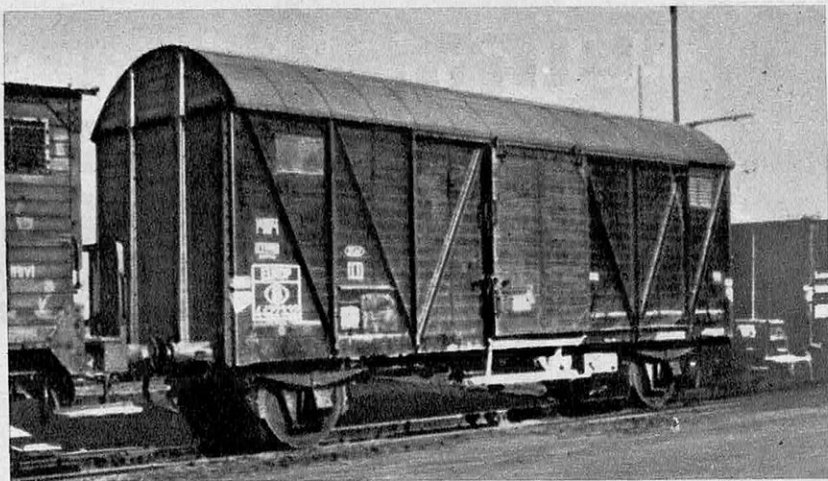
des congrès généraux tous les quatre ans et publie un bulletin mensuel reproduisant notamment les études et les articles les plus intéressants parus dans le monde entier.

Cinq ans plus tard (Berne, 1890), ce fut la signature par la plupart des pays de l'Europe continentale de la *Convention internationale pour le transport des marchandises* (C.I.M.) qui marqua une étape fondamentale dans l'histoire de la coopération européenne. Véritable traité intergouvernemental — car, pour la première fois, une législation internationale s'était substituée à l'ensemble des législations nationales intéressées — la C.I.M. avait pour but d'éliminer les entraves juridiques apportées au développement du trafic international du fait de la territorialité des lois. C'est ainsi que cette convention a permis de régler des litiges survenus sur le territoire



Un autocar de l'organisme international « Europabus ».

ouvert, l'autre fermé, ap-
Communauté « Europ ».



d'un pays par les tribunaux d'un autre pays, en jugeant en vertu d'une loi commune.

La C.I.M., qui a été complétée en 1923 par une convention analogue pour les voyageurs et les bagages — la C.I.V. — constamment révisée et adaptée à l'évolution des besoins, reste aujourd'hui la base fondamentale du droit en matière de transport international dans toute l'Europe. Un organisme permanent, l'Office central des transports, à Berne, assure l'exécution de ces deux conventions, dont les effets favorables sur le développement des échanges internationaux ont été considérables.

Rendue possible par l'unité technique dont nous avons déjà parlé plus haut, la libre circulation des véhicules sur les réseaux étrangers s'est développée rapidement. Mais elle posait des problèmes comme ceux du rapa-

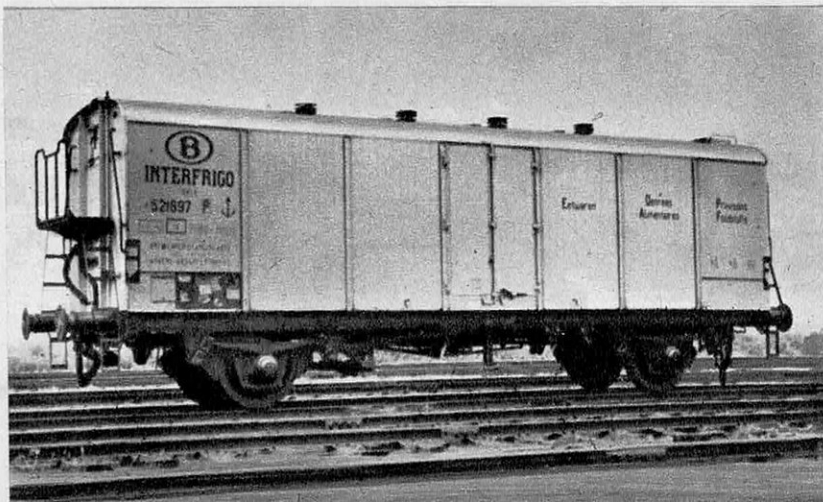
trierement des véhicules vides, de la réparation des avaries et du règlement des prestations mutuelles des administrations ferroviaires.

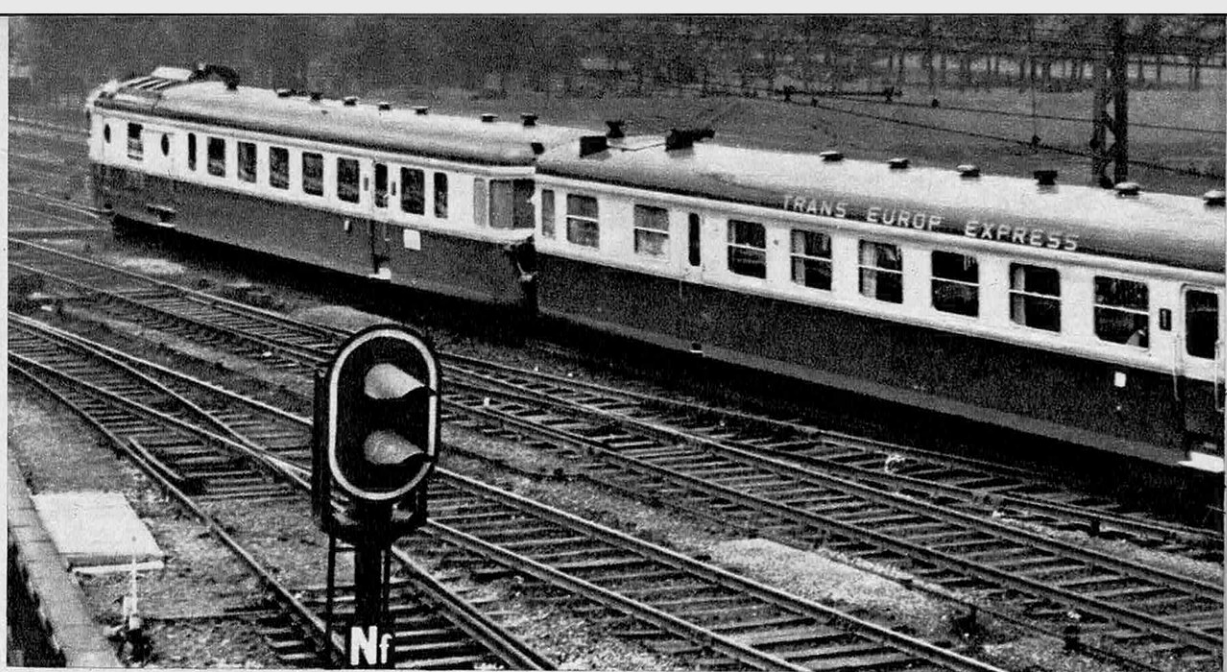
Pour résoudre ces problèmes, de grandes unions furent fondées dès 1868. La plus importante parmi celles-ci était l'*Union internationale pour l'échange du matériel*, constituée en 1875 à Bruxelles entre les chemins de fer belges, hollandais, allemands, autrichiens, suisses et français. Grâce aux règlements mis en vigueur par les unions, les intérêts des administrations qui se confiaient mutuellement et journellement au-delà des frontières nationales l'usage d'un matériel représentant un capital énorme, se trouvaient ainsi harmonieusement réglés et sauvegardés.

Mais la diversité des conventions existantes rendant leur application difficile, les chemins de fer continentaux qui, sauf les réseaux rus-

SUITE PAGE 14

Wagon frigorifique
de la Société coopérative «Interfrigo».





La rame française.

Les Trans-Europ-

L E groupement «Trans Europ Express» a été constitué par les chemins de fer allemands, belges, français, italiens, luxembourgeois, néerlandais et suisses pour créer un système de rames diesels rapides et de grand confort pour améliorer les relations internationales entre les capitales et les grands centres des pays du groupement. Quatre types de rames, répondant à des caractéristiques minimums communes, sont en service. Celles de la

S.N.C.F. sont identiques à ses rames automotrices de Grands Parours, avec des aménagements plus luxueux et desservent Paris-Amsterdam, Paris-Dortmund, Paris-Zurich et Lyon-Milan. Les chemins de fer italiens d'État ont adopté un matériel voisin du nôtre sur Milan-Marseille, Milan-Munich, Milan-Genève. Les rames hollando-suisse (Amsterdam-Zurich, Amsterdam-Paris, Bruxelles-Paris) et allemande (Francfort- Amsterdam, Dortmund-Ostende,

La rame hollando-suisse.

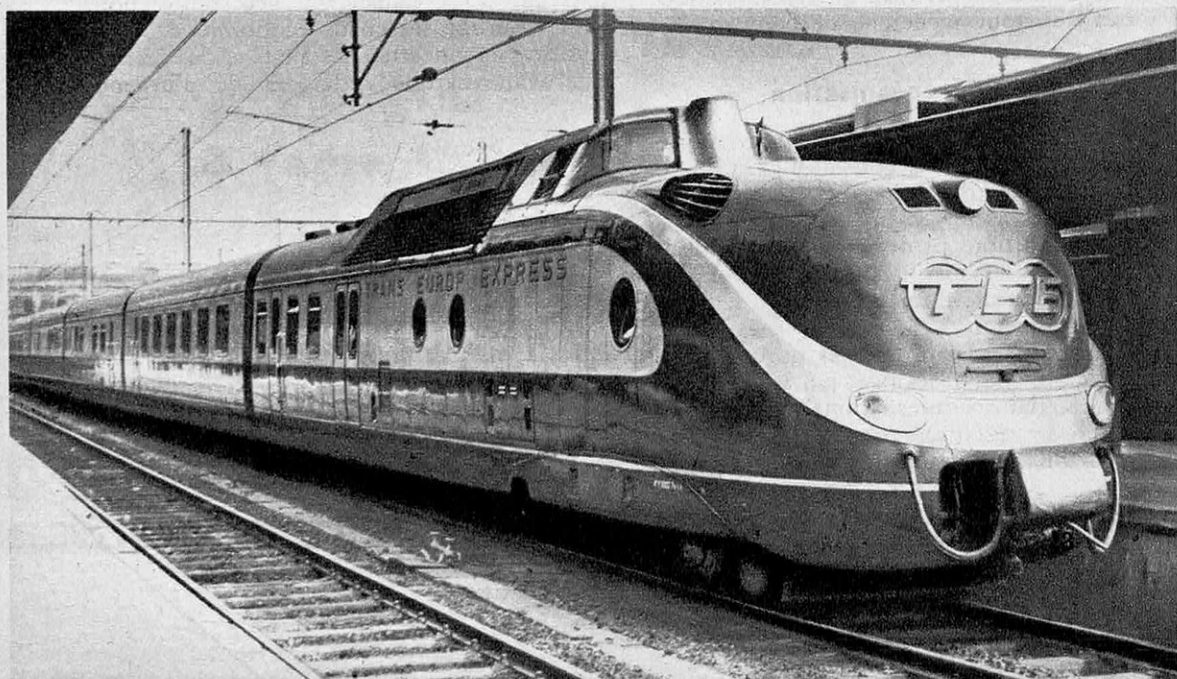
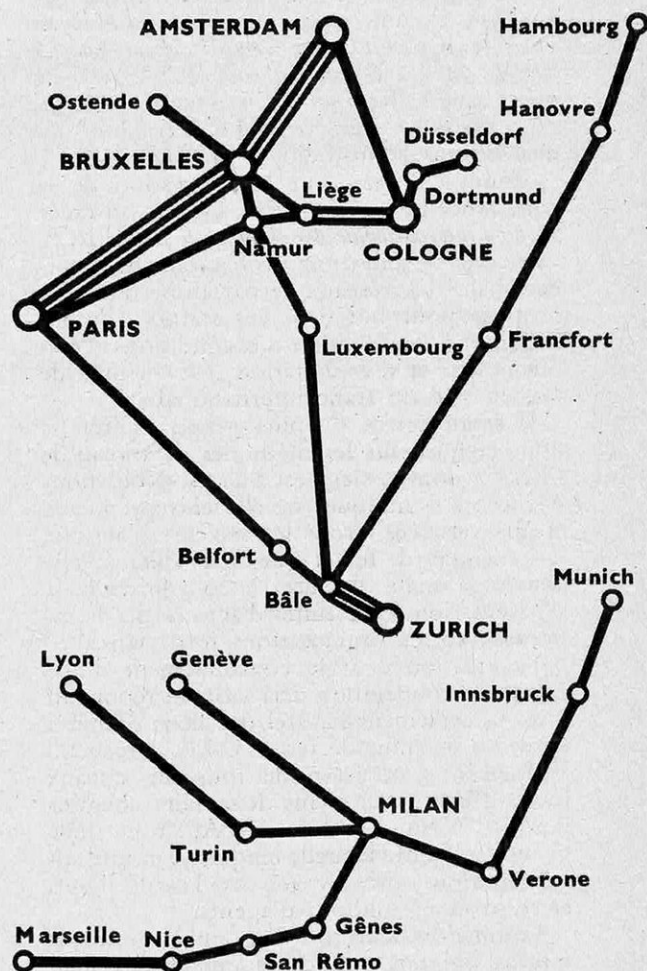




Express

Dortmund-Paris, Hambourg-Zurich) en diffèrent profondément : unités motrices séparées, aménagement mixte (voitures coach et voitures à compartiments), salle à manger spécialisée, conditionnement d'air complet. Ces rames ont été baptisées et leur désignation va de « l'Edelweiss » au chevalier « Parsifal », en passant par « l'Arbalète » l'« Oiseau bleu », l'« Étoile du Nord » et les rames italiennes « Ligure », « Lemano », « Mediolanum », etc.

La rame allemande.



ses, espagnols et portugais s'étaient groupés en 1919 en une seule union, adoptèrent en 1921 le *Règlement pour l'emploi réciproque des wagons en trafic international* (R.I.V.)⁽¹⁾ de même que le *Règlement pour l'emploi réciproque des voitures et fourgons* (R.I.C.)⁽²⁾, dont les dispositions sont toujours en vigueur.

Enfin, en 1922, sur la suggestion de la conférence internationale de Gênes, fut créée l'*Union internationale des chemins de fer* (U.I.C.), véritable organisation professionnelle internationale des réseaux ferroviaires, qui s'est proposé pour but dans ses statuts « l'unification et l'amélioration des conditions d'établissement et d'exploitation des chemins de fer, en vue du trafic international ».

Il serait certes du plus grand intérêt de nous étendre sur les méthodes de travail de l'U.I.C., dont le siège est à Paris. Nous nous bornerons à indiquer qu'elle entreprend des études relatives à tous les secteurs d'activité des chemins de fer et que, par ailleurs, elle assume la tâche d'assurer la coordination, la représentation et l'unité d'action de nombreuses autres organisations ferroviaires.

Sa création était le couronnement d'une œuvre de coopération déjà vaste et répondait à un resserrement naturel des liens d'intérêt entre les chemins de fer. L'U.I.C. a recueilli rapidement l'adhésion de tous les réseaux ferrés d'Europe et même de certains chemins de fer d'Afrique, d'Asie et d'Amérique; elle groupe à l'heure actuelle cinquante et une administrations, près de 400 000 km de lignes et environ 15 millions d'agents.

Comme on peut voir, l'ensemble des réalisations qui ont précédé la guerre de 1939-1945 avait un caractère plus international qu'eupéen et ne relevait pas essentiellement de l'intégration proprement dite. Jusqu'alors, il y avait surtout recherche de compromis.

Vers l'Européanisation

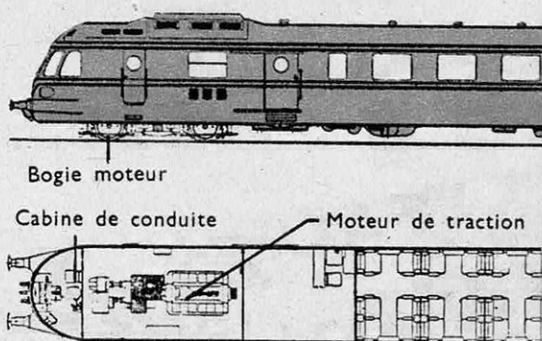
Au lendemain de la deuxième guerre mondiale existaient donc, à côté de l'U.I.C., un certain nombre d'associations ferroviaires internationales à buts bien définis.

Les modifications profondes de la situation générale après les hostilités firent bientôt apparaître la nécessité d'une adaptation de l'organisation générale.

La multiplicité des problèmes posés par la reconstruction des réseaux et par le rétablissement des relations internationales conduisit tout d'abord à restaurer, resserrer les liaisons entre les différentes administrations.

(1) R. I. V. = Regolamento Internazionale Veicoli.

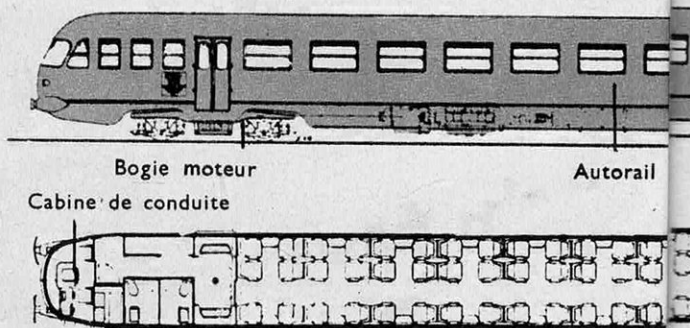
(2) R. I. C. = Regolamento Internazionale Carozze.



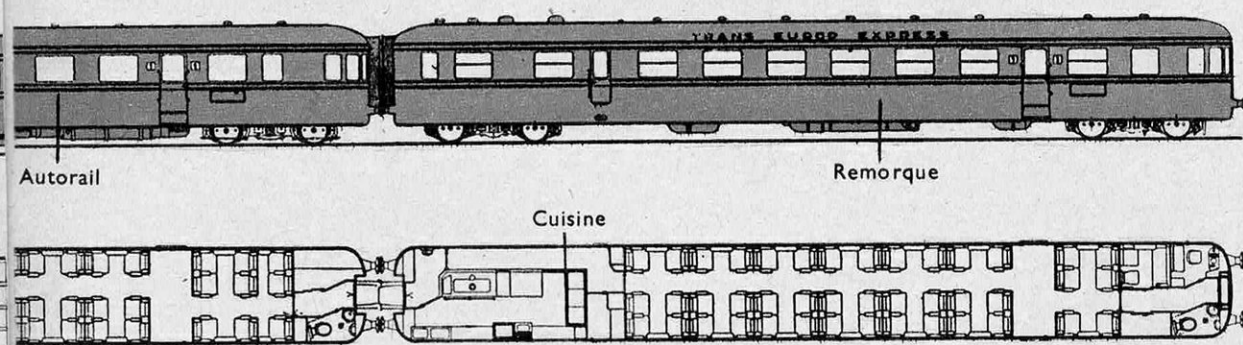
La guerre de 1939-1945 avait détruit, endommagé et dispersé une grande partie du matériel ferroviaire; c'est pourquoi un effort international fut indispensable pour le reconstituer, le rassembler.

C'est un organisme provisoire, l'*European Central Inland Transport Organisation* (E.C.I.T.O.), mis sur pied par les gouvernements des pays alliés, qui s'attela à cette tâche ingrate mais nécessaire et qui, de 1946 à 1947, a inspiré et coordonné une vaste opération consistant, pour les réseaux, à recenser et à identifier quelque 1 200 000 véhicules et à en remettre en place près de 500 000. L'E.C.I.T.O. a joué également un rôle de premier plan dans l'organisation d'une répartition numérique permanente des wagons, en créant une « Commission internationale d'échange des wagons » qui, pendant deux ans et demi, a assuré la répartition de 2,5 millions de wagons à marchandises, permettant ainsi d'exécuter les transports nécessaires pour tirer l'Europe du chaos économique.

L'action concertée des États et des réseaux qui avait marqué cette période d'urgence



La rame Trans-Europ-Express française



devait, par la suite, s'orienter davantage dans des voies « européennes ».

En 1947, une prise de position définitive se manifestait du côté gouvernemental en faveur de la création d'institutions permanentes s'occupant des transports. L'organisation des Nations Unies, en créant, en 1947, sa *Commission économique pour l'Europe* (C.E.E.) dont le siège était fixé à Genève, plaçait dans le sein de cette commission un *comité des transports intérieurs*, dont les travaux allaient très vite prendre la suite de ceux de l'E.C.I.T.O. sur le plan européen, avec une orientation plus concrète que ceux de la « commission des transports » de l'O.N.U., siégeant à New York avec une compétence mondiale.

Peu de temps après, en 1953, dix-sept pays mettaient en place la *Conférence européenne des ministres des transports*, qui devait permettre aux responsables des politiques nationales des transports de rapprocher leurs vues.

Entre-temps, et face à ce développement de l'activité inter-gouvernementale ou supranationale, l'U.I.C. avait reconnu la nécessité

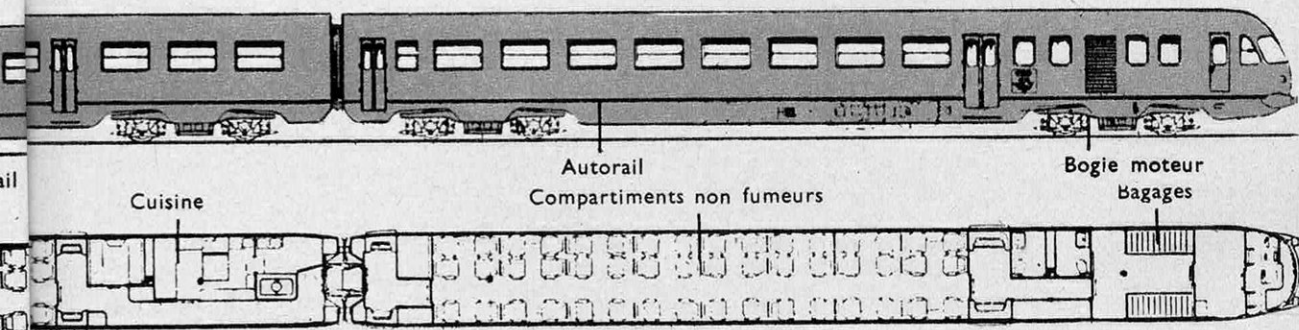
de renforcer son organisation et ses méthodes de travail, notamment par la création, dès 1950, d'organismes spécifiques tels que :

— l'*Office de recherches et d'essais* (O.R.E.) chargé d'effectuer pour le compte des réseaux, et avec leur collaboration, des recherches et essais présentant un intérêt commun et s'étendant à tous les domaines: matériel roulant, voie, signalisation et autres installations, électrification, manutention, problèmes d'organisation, etc. L'O.R.E. ouvre la voie à une entente permanente entre le chemin de fer et l'industrie du matériel roulant, à une rationalisation de cette industrie dans un cadre européen, et à l'institution d'un marché commun pour les achats de matériel ;

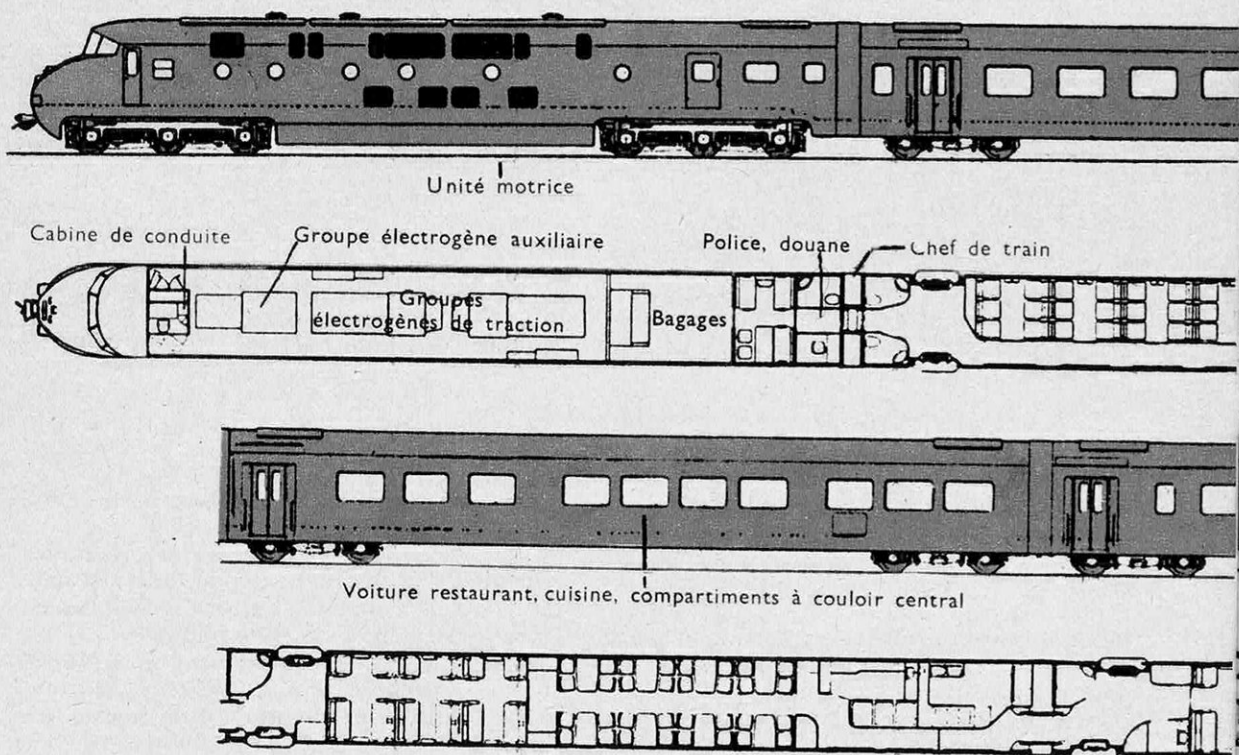
— le *Centre d'information des chemins de fer européens* (C.I.C.E.) dont la tâche essentielle est de coordonner l'action de ses membres en ce qui concerne leur publicité et leurs « public relations » sur le plan international ;

— le *Bureau international de documentation* (B.D.C.), chargé de rassembler et de fournir des informations ferroviaires dans le domaine

La rame TEE des chemins de fer italiens



La rame hollando-suisse



de la documentation, ainsi que dans celui de la terminologie et de la lexicologie.

Les « pools » de wagons

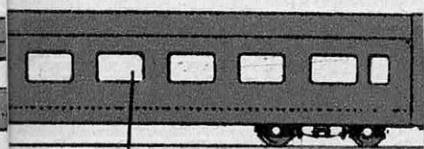
Les problèmes auxquels les réseaux se sont attachés ces dernières années concernent principalement le matériel roulant, outil fondamental du trafic international. Dans cet ordre d'idées, il faut citer d'abord les dispositions adoptées pour constituer progressivement un parc européen de matériel roulant, un parc de wagons à marchandises standardisés.

Une première initiative remarquable dans ce domaine, bien que se situant dans un cadre tout à fait spécialisé, a été la création, en 1949, de la Société Coopérative « Interfrigo » (siège à Bruxelles), dont le but est de promouvoir et d'améliorer le trafic international par fer des marchandises périssables. A cet effet, la Société utilise en « pool » international des wagons pourvus d'une isolation thermique et appartenant soit à elle-même, soit aux réseaux-membres, soit à des firmes privées. Interfrigo groupe actuellement 12 administrations de chemins de fer et, avec 8 autres, elle a

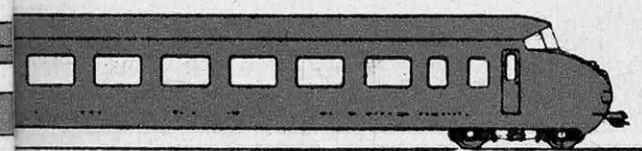
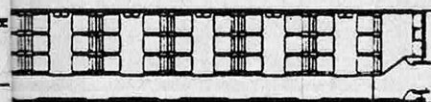
conclu un accord de trafic. Son succès, qui ne fait que s'accroître, confirme les avantages du système : mise à disposition d'un matériel adéquat, parcours à vide réduits au strict minimum, possibilité de faire face aux pointes de trafic, essentiellement saisonnières et très différentes d'un pays à l'autre, etc.

Le pool « Interfrigo » fut bientôt suivi par un autre, beaucoup plus important : celui des wagons « Europ ». Créé, en 1951, par la Société nationale des chemins de fer français et la Deutsche Bundesbahn, il groupe actuellement neuf réseaux et exploite, en banalité complète, près de 200 000 wagons ordinaires (couverts et tombereaux) de types voisins.

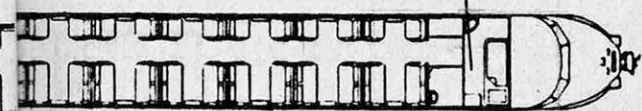
L'accord signé entre ces 9 réseaux porte le nom de « Convention Europ ». Suivant le principe de base de cette convention, le renvoi systématique des wagons à leurs administrations propriétaires — comme c'est le cas en régime R.I.V. — n'est plus imposé et tout réseau adhérent peut utiliser comme les siens propres les wagons « Europ » des autres membres de la convention. Un système de compensation en wagons, complété par l'application d'une redevance lorsque les mou-



Compartiments séparés, couloir latéral



Cabine de conduite



vements compensatoires en nature sont insuffisants, tend à éviter que les oscillations journalières des trafics internationaux ne provoquent un trop grand déséquilibre dans les effectifs « Europ » attribués aux différents réseaux-membres.

Le pool « Europ » apporte, au bénéfice de tous, des économies importantes de parcours à vide, un meilleur rendement des wagons et, corrélativement, une diminution du nombre total de wagons à construire et à entretenir sur l'ensemble des réseaux.

L'unification du matériel

Aussi l'étude de l'unification du matériel a-t-elle été stimulée considérablement par ce premier succès. En même temps que le travail accompli par les commissions spéciales de l'U.I.C. dans le domaine de la standardisation des wagons en vue de leur « emploi » (charges, dimensions principales, etc.), l'O.R.E. s'est préoccupé de l'unification de la « construction », tant du wagon entier que de ses éléments les plus importants. Six types standard de wagons « ordinaires » ont ainsi

été mis au point et d'autres, correspondant à des besoins spéciaux, sont à l'étude.

L'unification et la standardisation — qui sont également à l'étude pour le matériel à voyageurs et les engins de traction — ne manqueront évidemment pas de revêtir un intérêt capital au fur et à mesure que le Marché commun étendra ses effets dans le secteur de la construction de matériel ferroviaire. Pour profiter de l'ampleur du marché qui va s'ouvrir devant eux, les constructeurs ont intérêt, comme les chemins de fer, à ce que ceux-ci unifient leurs spécifications techniques et présentent à l'ensemble de l'industrie européenne des programmes rationnellement regroupés et échelonnés. On peut en attendre une réduction des coûts, grâce à une concentration et une spécialisation appropriées.

En corrélation avec les efforts entrepris pour unifier les parcs de matériel, il faut citer l'activité de la société « Eurofima », dont les statuts ont été approuvés en 1955 par les 14 gouvernements intéressés. Il s'agit d'un organisme de financement international pour l'acquisition de matériel standardisé. Inspiré du système américain de l'« equipment trust », Eurofima fournit aux réseaux membres la possibilité financière de renouveler plus facilement leur matériel, celui-ci étant payé par annuités suivant la formule de location-vente.

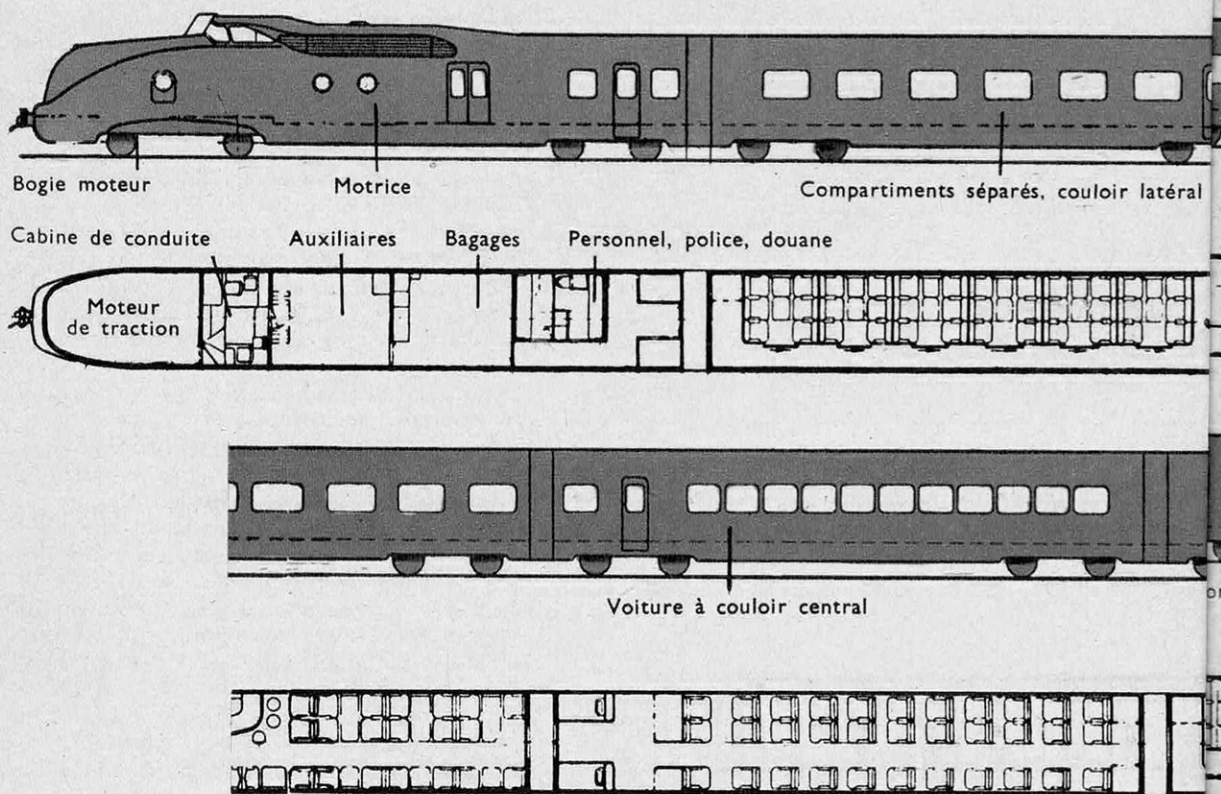
Europabus et T.E.E.

Dans le domaine du transport des voyageurs, il faut surtout citer deux initiatives importantes.

La première est la création, en 1951, d'un organisme appelé « Europabus », groupant sous une direction unique l'ensemble des services routiers touristiques internationaux exploités par quatorze administrations ferroviaires. Il s'agit de services d'autocars conçus de manière à pouvoir être utilisés en complément au service des trains.

La deuxième réalisation importante est la fondation, en 1957, du groupement « Trans Europ Express » (T.E.E.), au sein duquel l'Allemagne (Deutsche Bundesbahn), la Belgique, la France, l'Italie, le Luxembourg, les Pays-Bas et la Suisse ont organisé et exploitent, en communauté, un ensemble de relations internationales rapides, assurées avec un matériel de luxe adapté aux besoins d'une clientèle exigeante.

On ne saurait enfin passer sous silence les progrès énormes qui, grâce à l'étroite collaboration des réseaux, ont été réalisés ces dernières années dans le domaine de la *sécurité*, de la *rapidité* et du *confort* des trains de



voyageurs. En effet, la moyenne des accidents ferroviaires, déjà très faible, est en régression constante et les statistiques montrent que, plus que jamais, le rail est le plus sûr des moyens de transport. Sur tous les réseaux européens, de nombreux trains roulant à 100 km/h de vitesse commerciale assurent avec une régularité incomparable des services fréquents et rapides. Quant au confort offert dans les trains, celui-ci bénéficie à tous les points de vue (roulement, suspension, sièges, chauffage, ventilation, éclairage, insonorisation, décoration intérieure, etc.) de tous les perfectionnements autorisés par les techniques les plus modernes, tandis que des commodités de toutes sortes (services de lits, couchettes, restaurant et buffet, etc.) sont de nature à rendre plus agréables les longs voyages.

Perspectives d'avenir

Malgré les attaques injustifiées dont ils sont parfois l'objet, on peut affirmer que les chemins de fer répondent à un impératif besoin que les autres moyens de transport ne pour-

raient satisfaire aussi complètement et aussi bien qu'eux; et cela vaut autant pour le transport de millions de voyageurs que pour celui des produits nécessaires à l'activité économique générale.

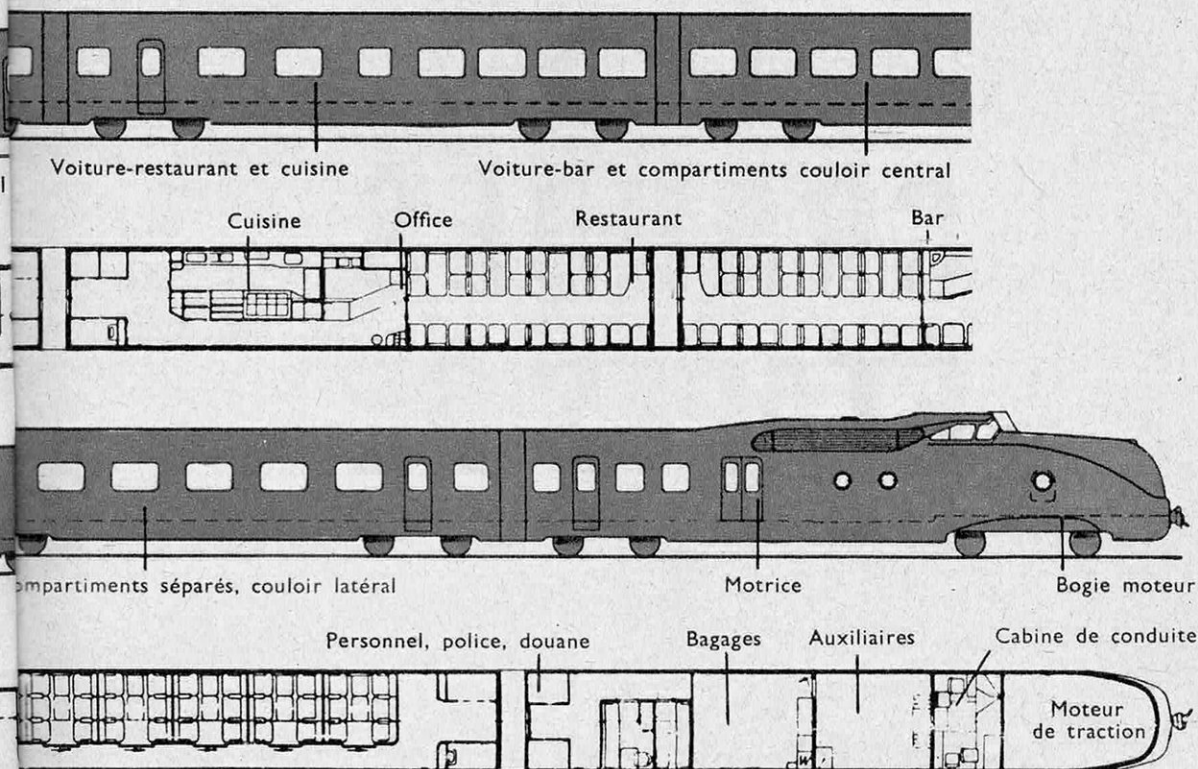
Pour ne pas se voir distancé par l'avion et les transports routiers, le rail est obligé de s'adapter continuellement aux exigences modernes et de réaliser plus de vitesse, d'exactitude et de sécurité.

Même quand les intempéries paralysent les voies d'eau et les routes, les chemins de fer doivent fonctionner normalement, avec un minimum de risques d'accidents et d'avaries, et garantir la continuité de la vie économique dont ils sont le levier et le régulateur indispensables.

Les transformations profondes, économiques et politiques que subit une Europe renouvelée, ne manqueront pas d'avoir de très sensibles répercussions sur les différents réseaux ferroviaires.

Ainsi, quoique les courants de trafic eussent une nette tendance à la hausse ces dernières années, l'avènement de la communauté Charbon-Acier a eu pour effet, du fait de la

La rame de l'Allemagne Fédérale



libération complète du marché et de la suppression des entraves douanières, d'intensifier dans une notable mesure les échanges des produits entre les pays relevant de la C.E.C.A.

Le chemin de fer a participé très activement à ce développement.

Maintenant que le traité instituant la Communauté économique européenne (Marché commun) a été mis en vigueur, il est certain que la mission du chemin de fer verra croître son importance.

Dans ce nouveau cadre, le chemin de fer trouvera à s'employer plus que tout autre moyen de transport. Instrument puissant, fortement organisé, disposant d'une grande réserve de capacité et pouvant s'adapter rapidement aux techniques les plus modernes, il réunit toutes les conditions pour faire face aux besoins nouveaux qui peuvent être créés sur le marché européen des transports.

Certes, les dernières décades ont enlevé au rail une partie des moyens qui, jusqu'au début de ce siècle, lui avaient permis de remplir pleinement sa tâche; privé par une concurrence de fraîche date, de ses transports les

plus rémunérateurs, il s'est trouvé confronté avec un grave problème de gestion.

Pour résoudre celui-ci, on devra nécessairement avoir recours à des solutions structurelles, faisant du chemin de fer une entreprise à caractère industriel et commercial, jouissant dans tous les domaines de l'égalité de traitement avec ses concurrents.

Ce sera sans doute l'œuvre de demain, une œuvre qui permettra au chemin de fer de continuer sa mission historique d'assurer les échanges indispensables au progrès économique et social.

On a pu juger par l'exposé qui précède de la foi qui l'anime, des résultats déjà atteints, des espoirs qu'il place encore dans l'avenir.

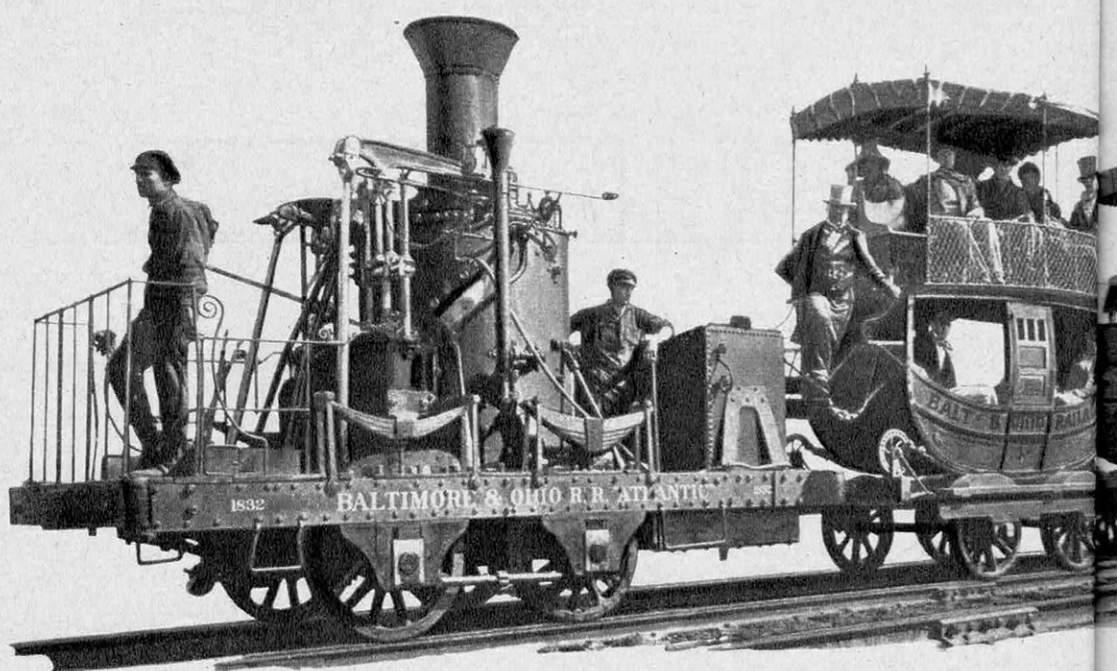
Puissent ces efforts et ces espoirs ne pas être rendus vains par de nouvelles détériorations de sa position.

Puisse la communauté reconnaître ce qu'elle doit aux chemins de fer et favoriser le rétablissement de leur équilibre pour le plus grand profit d'une Europe unifiée.

M. DE VOS

Directeur Général de la Société Nationale des Chemins de fer belges

LES GRANDES ÉTAPES DE



L'HISTOIRE DU RAIL



L'« Atlantic » de 1830.

DANS un numéro qui présente le chemin de fer en son stade le plus évolué, il nous a paru utile d'inclure une évocation de son passé. Les quelques pages qui suivent seraient bien insuffisantes pour en retracer toute l'histoire comme ont tenté de le faire des ouvrages très volumineux. Il a donc fallu condenser au maximum une documentation extrêmement abondante. Nous avons cependant écarté la forme du résumé qui aurait conservé les classifications habituelles où chaque branche ferroviaire, voie, engins de traction, matériel roulant, signalisation, etc., est présentée tour à tour d'un bout à l'autre de son évolution.

La formule retenue ici est celle d'une chronologie commentée. Les faits, quelle que soit leur appartenance, s'y succèdent dans l'ordre que le temps leur a imposé. Le passé retrouve ainsi le rythme qui l'a animé et l'éphéméride fait ressortir l'origine, beaucoup plus lointaine qu'on ne l'imagine ordinairement, de certaines techniques. Le rapprochement des événements dans le temps montre aussi, d'autre part, l'incidence qu'ils ont pu avoir les uns sur les autres.

L'année 1550 a été prise comme point de départ, car c'est à cette date qu'a paru le premier document qui nous soit parvenu figurant un rail. Mais sans doute aurions nous pu remonter beaucoup plus haut, à cette époque vieille de plusieurs millénaires où la première roue creusa l'ornière, forme la plus primitive du rail. Dans l'antiquité grecque et romaine, quelques voies, dont des vestiges ont résisté à l'épreuve du temps, notamment près de Syracuse, reçurent deux lignes parallèles de dalles creusées d'une ornière intentionnelle où cheminaient paisiblement les chars. Mais il ne sera vraiment question de rails que le jour où des mineurs feront rouler leurs wagons sur deux files de madriers remplacés deux siècles plus tard par des barres de fonte, en attendant que le génie de Trevithick leur apporte en 1804 le complément indispensable de la locomotive à vapeur dont l'apparition marque la véritable naissance du chemin de fer.

Chaque année pratiquement, à partir de 1823, va apporter une contribution au chemin de fer pour l'affirmer dans le monde. Les passer en revue, même en ne retenant que les principales, c'est apporter la meilleure preuve de la vitalité d'une technique dont l'essor ne se dément pas.

VOIR PAGES SUIVANTES



1550

La plus ancienne image de rails connue, une gravure sur bois de la **Cosmographie Universelle** de Sébastien Munster, parue à Bâle en 1550, montrant l'équipement des mines alsaciennes de Leberthal. Il est certain qu'un tel système fut utilisé aussi dans les mines britanniques.

1738 Des plaques de fonte commencent à recouvrir les rails de bois pour les protéger d'une usure prématurée sous le passage fréquent des wagons. Les charbonnages anglais de Whitehaven renforcent ainsi leurs voies.

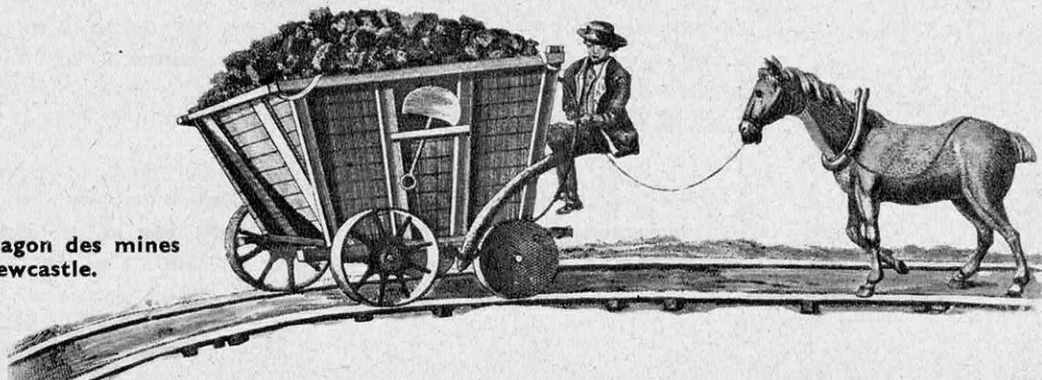
1763 Richard Reynolds supprime le bois et introduit dans la région de Coalbrookdale (Grande-Bretagne) les premiers rails métalliques. Ceux-ci sont en fonte et mesurent 1,828 m de long, 0,095 m de large sur 0,031 d'épaisseur.

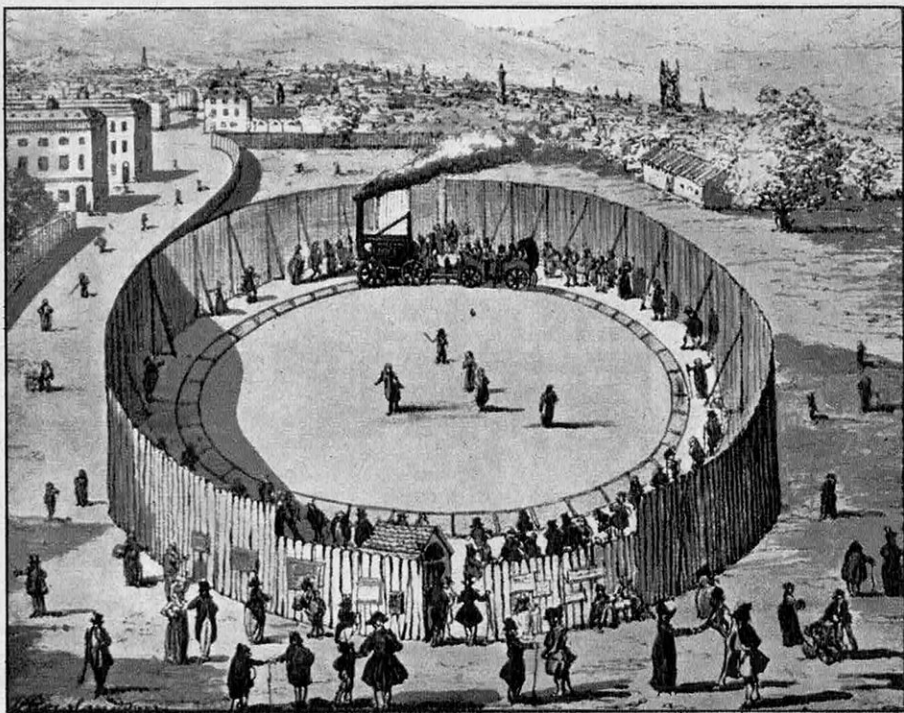
1789 William Jessop invente un rail en saillie ou **edge-rail**, et remet en usage la roue à mentonnet qui avait déjà été employée sur certains rails en bois si l'on se réfère au « Cours de Physique expérimentale » de Désaguliers, paru en 1734. Le rail de Jessop, renflé en son milieu sous la surface de roulement, valut le nom imagé de **rail en ventre de poisson** à cette poutre d'égale résistance qui, déjà, préfigure le pont métallique à arc inversé qui nous est aujourd'hui familier.

1796 John Curr pose une voie dont le principe rappelle l'ornièrre. Elle se compose de rails en fonte comportant un rebord pour diriger les roues sans boudin. Le rebord est disposé vers l'intérieur de la voie. Les roues ordinaires des véhicules s'adaptent aussi bien sur ce **tram-road** que sur une quelconque route. Il est donc possible de charger les marchandises chez l'expéditeur pour les amener jusqu'au destinataire. Mais l'avantage est plus apparent que réel, car la voie ferrée est imparfaite avec de tels rebords qui causent des frottements latéraux sur des roues dont le diamètre restreint et la constitution massive conviennent mal à la route.

1800 Benjamin Outram, dans le nom duquel certains ont voulu voir l'étymologie du mot **tramway**, remplace les traverses par des dés en pierre. Les dés ne devaient toutefois pas faire disparaître les traverses et leur emploi resta localisé. On pouvait encore en voir sous quelques voies en Europe centrale au début du présent siècle.

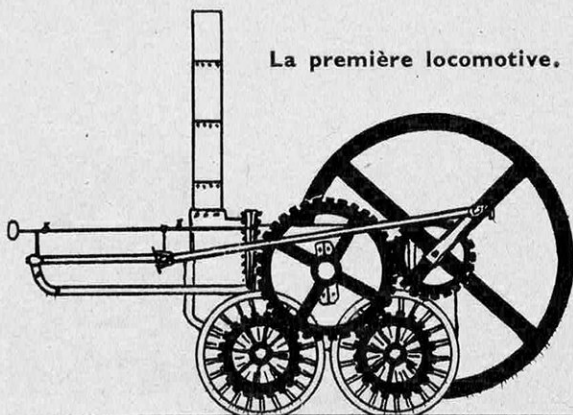
Un wagon des mines de Newcastle.





Le « Catch me who can » de Trevithick.

1804 Le 24 février, la première locomotive du monde, conçue par Richard Trevithick, accomplit son premier trajet. Le train remorqué par la machine comporte cinq wagons que chargent dix tonnes de fer et dans lesquels ont pris place en outre soixante-dix hommes. La voie parcourue, longue d'un peu plus de 9 miles (15 kilomètres) relie les forges de Penydarran dans le Pays de Galles à Abercynon, localité située sur le canal du Clamorganshite. La locomotive, déjà essayée le 13 février sur la voie du type tram-road, fonctionne sous la pression alors énorme de 10 atmosphères. Son cylindre unique et horizontal actionne par bielle en retour et jeu d'engrenages les deux roues de gauche, celles de droite n'étant pas motrices. Elle a le mérite d'avoir l'échappement dans la cheminée. On ne saurait trop insister sur la première application de ce dispositif qui proportionne automatiquement le tirage et l'activité du feu à l'effort demandé à la locomotive. Richard Trevithick, qui a réalisé cette machine avec la collaboration de son cousin Andrew Vivian, a le génie de la mécanique. Il a d'abord cherché à adapter la machine à vapeur à la route, puis, encouragé par les résultats obtenus sur rails, il fait construire deux autres locomotives. L'une, en 1805, est très proche de la première avec son mécanisme inversé par la disposition du cylindre à l'arrière. L'autre, en 1808, est le **Catch me who can** (M' attrape qui peut) et sert d'attraction foraine. Sur une voie circulaire, la machine promène dans une voiture les audacieux qui, pour une somme modique, reçoivent ainsi le baptême du rail. Ainsi, au début même du XIX^e siècle,



La première locomotive.

l'apparition de la locomotive à vapeur apporte au rail le complément indispensable qui marque véritablement la naissance des chemins de fer.

1812

John Blenkinsop, directeur du chemin de fer houiller de Middleton à Leeds, met en service une locomotive dont le déplacement est assuré par une roue dentée qui s'accroche sur une crémaillère parallèle mais extérieure à la voie.

1813

William Brunton réalise son **Steam horse**, surprenant «robot» qui «marche» grâce à deux béquilles alternativement appuyées sur le sol. Brunton, comme Blenkinsop et beaucoup de leurs contemporains, pensait que l'adhérence des roues sur l'étroite bande de métal que constitue le rail serait insuffisante pour que la machine tire des fardeaux commercialement intéressants.

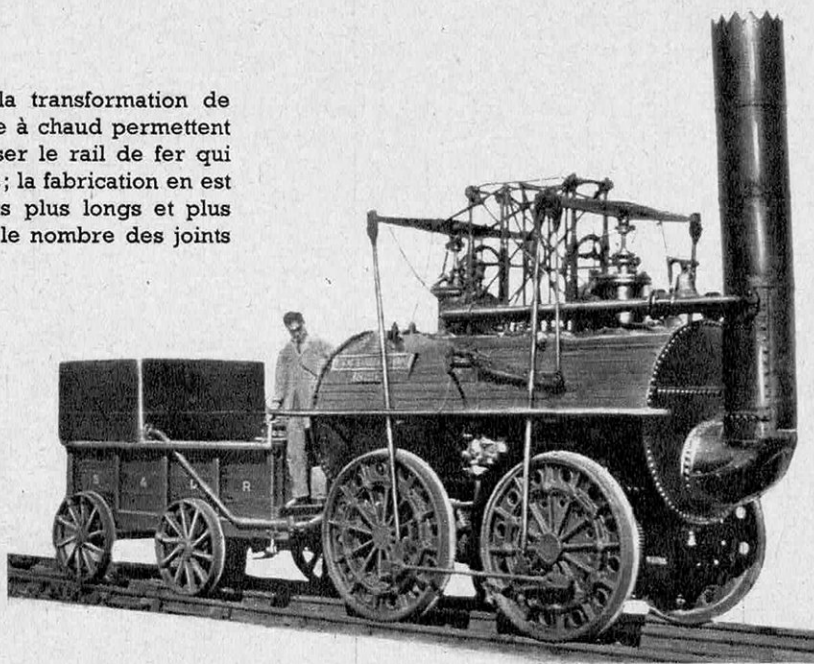
1814

Christopher Blackett et William Hedley construisent des locomotives qui démontrent que l'adhérence des roues permet la traction des trains. Les noms de Jonathan Foster et de Timothy Hackworth sont attachés à ces réalisations dont la plus célèbre, la **Puffing Billy**, existe encore. Cette année marque aussi le début de la construction des locomotives de George Stephenson.

1820

Le puddlage, c'est-à-dire la transformation de fonte en fer, et le laminage à chaud permettent à John Birkinshaw de réaliser le rail de fer qui marque un sérieux progrès; la fabrication en est plus rapide et les éléments plus longs et plus solides diminuent d'autant le nombre des joints et des appuis sur le sol.

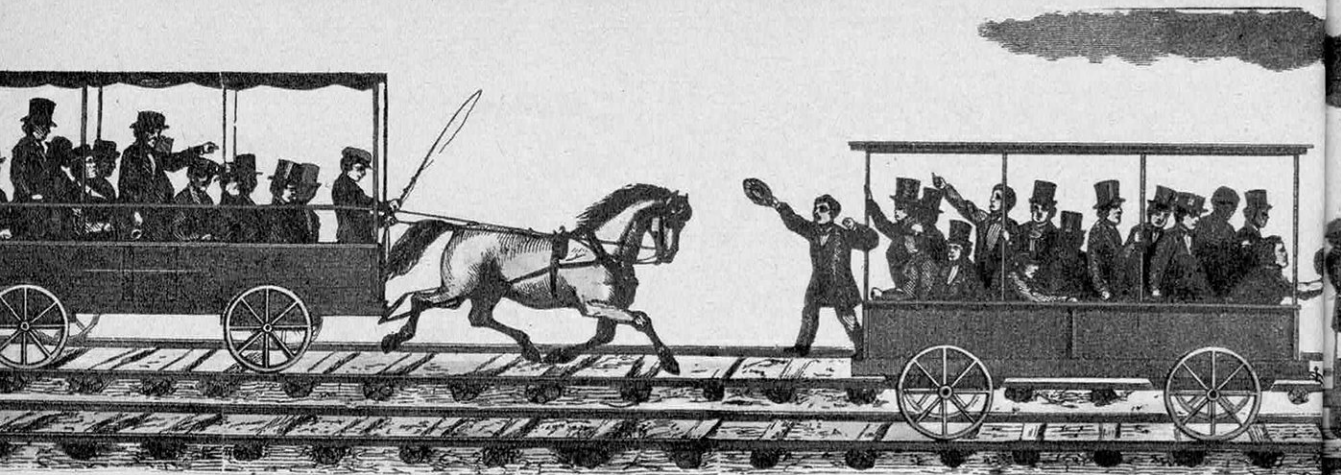
La « Locomotion »
de la ligne de
Stockton à Darlington.





Inauguration du chemin de fer de Stockton à Darlington, premier transport de voyageurs par la vapeur.

- 1823** George et Robert Stephenson fondent à Newcastle la première usine de construction de locomotives, tandis qu'en France, le 26 février de cette même année, une ordonnance royale concède le premier chemin de fer pour joindre Andrézieux à Saint-Étienne. La ligne, établie avec des rails de fonte de 1,20 m de long et pesant 17 kg au mètre courant, ouvrira cinq ans plus tard, le 1^{er} octobre 1828.
- 1825** Timothy Hackworth perfectionne, grâce à l'emploi de la tuyère d'échappement, l'injection de la vapeur dans la cheminée. Le 27 septembre a lieu, toujours en Angleterre, l'inauguration du chemin de fer de Stockton à Darlington. C'est la première ligne ouverte aux voyageurs avec traction à vapeur.
- 1827** Tandis que Timothy Hackworth achève la **Royal George**, la plus puissante machine de son temps et la première machine à six roues couplées par des bielles extérieures (030), (elle devait fonctionner jusqu'en 1842), le premier signal fixe de chemin de fer fait son apparition sur la ligne de Stockton à Darlington. L'année se termine par une demande de brevet au nom de Marc Séguin, le 12 décembre, pour l'invention de la chaudière tubulaire, brevet délivré le 22 février 1828.

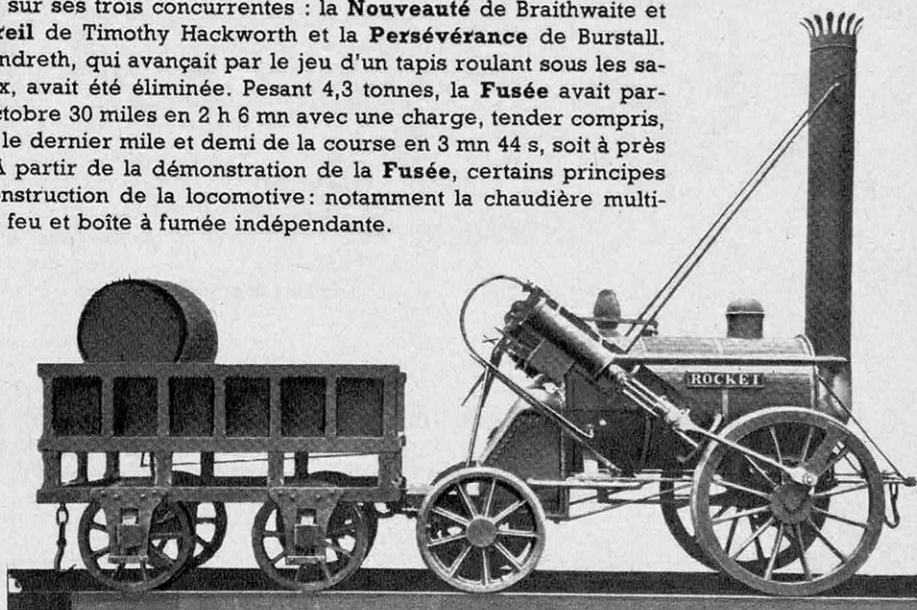


La Tom Thumb triomphe de la traction animale sur le Baltimore and Ohio Railroad.

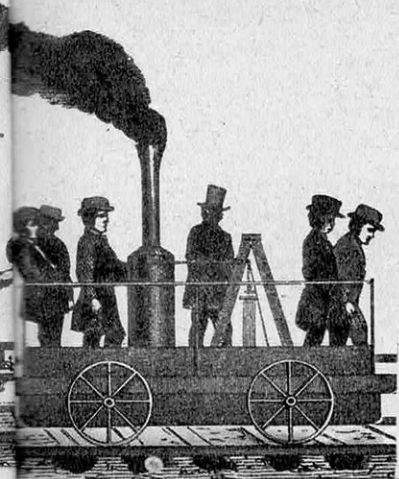
1829

Du 6 au 14 octobre se tient à Rainhill, en Angleterre, un mémorable concours de locomotives. Cette compétition a pour objet de déterminer si la traction mécanique est au point et de choisir le meilleur type de locomotive. La **Fusée** de Robert Stephenson l'emporte sur ses trois concurrentes : la **Nouveauté** de Braithwaite et Ericsson; la **Sans-Pareil** de Timothy Hackworth et la **Persévérance** de Burstall. La **Cyclopède** de Brandreth, qui avançait par le jeu d'un tapis roulant sous les sabots de deux chevaux, avait été éliminée. Pesant 4,3 tonnes, la **Fusée** avait parcouru à l'essai du 8 octobre 30 miles en 2 h 6 mn avec une charge, tender compris, de 12,6 t. Elle franchit le dernier mile et demi de la course en 3 mn 44 s, soit à près de 39 km à l'heure. A partir de la démonstration de la **Fusée**, certains principes s'imposent dans la construction de la locomotive : notamment la chaudière multitubulaire avec boîte à feu et boîte à fumée indépendante.

La Fusée de Robert Stephenson.



L'année 1829 est marquée en Amérique par les essais, le 8 août, de la première locomotive ayant roulé sur ce continent, la **Stourbridge Lion** construite en Angleterre par Rastrick et, en septembre, par la mise en service de la **Tom Thumb**, première locomotive construite aux États-Unis. Avant que l'année ne s'achève, elle gagne, sur le Baltimore and Ohio, une lutte qui la met aux prises avec un cheval attelé à un wagon identique à celui qu'elle remorque. En France, Paulin Talabot excursionne à cheval aux mines de la Grand-Combe pour l'exploitation desquelles il conçoit l'idée d'un chemin de fer d'Alès au Rhône. Les 7 et 12 novembre, Marc Séguin procède aux essais officiels de sa locomotive. C'est une machine établie avec retour de flamme et dont le foyer reçoit le souffle de deux ventilateurs.



1830

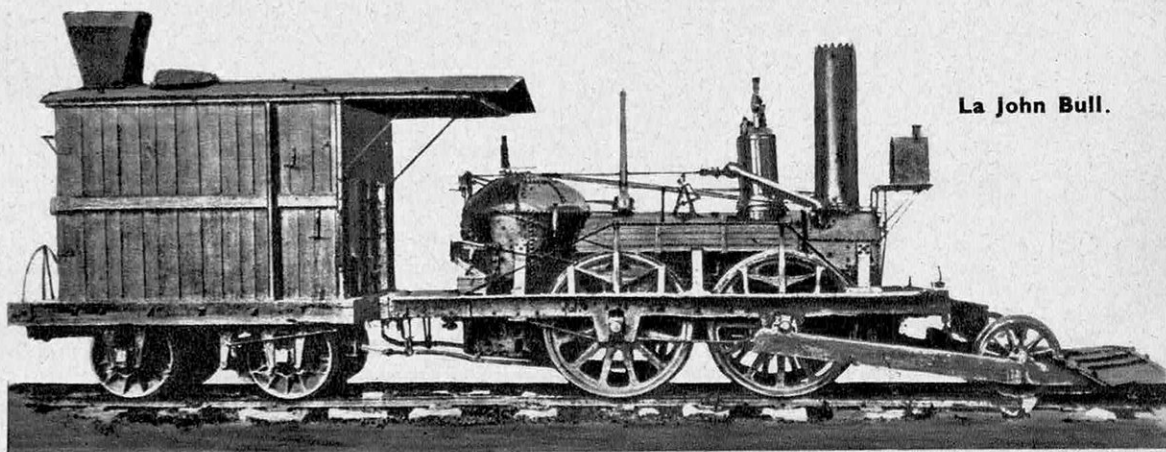
L'Américain Stevens imagine le rail à patin, improprement appelé par la suite **rail Vignole**, du nom de l'ingénieur anglais qui allait l'introduire en Europe vers 1836. Dans des types calculés et dessinés en fonction de l'évolution du matériel roulant, le rail Vignole est resté celui de la voie moderne. Isaac Dripps, mécanicien sur le Camden and Amboy Railroad, établit un dispositif de protection de la locomotive contre le bétail, le **cow-catcher** dont la pratique est restée essentiellement américaine. Le 1^{er} octobre, on fête en France l'ouverture de la ligne de Rive-de-Gier à Givors cependant que, le 20 du mois, les charretiers belges se révoltent contre le chemin de fer minier qui relie Bois-le-Duc au canal de Mons.

1831 Robert Stephenson construit pour le Mohawk and Hudson Railroad la locomotive **John Bull** et John Jervis étudie pour la même entreprise un système de truck mobile, qui recevra le nom de bogie. L'ingénieur américain Rimber construit la première locomotive pour service mixte à adhérence et à crémaillère.

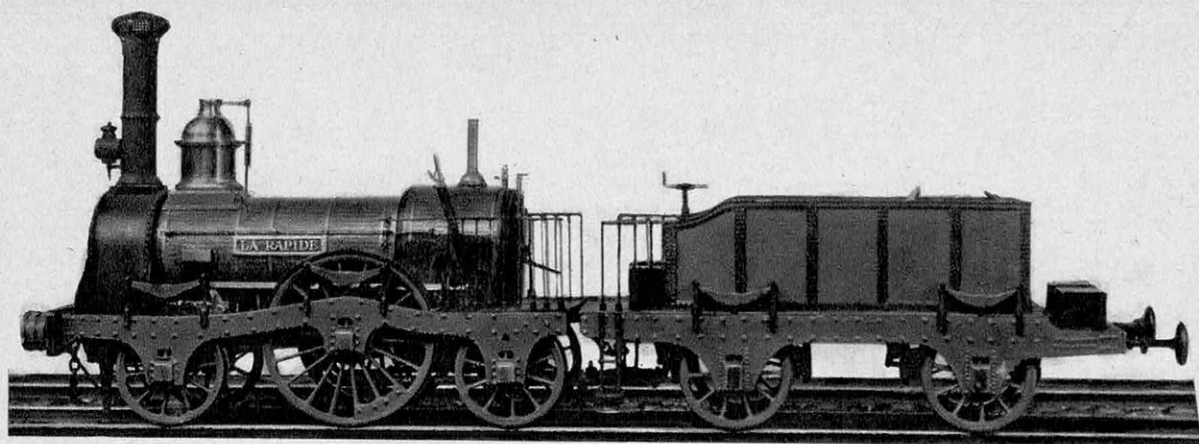
1832 Les premiers trains de voyageurs qui circulent sur le chemin de fer de Saint-Étienne à la Loire, à partir du 1^{er} mars, marquent le début d'un service rail-route avec des omnibus recevant, tour à tour, deux systèmes de roues. En avril, la ligne de Givors à Lyon est ouverte. Le 7 septembre, Émile Péreire demande la concession d'un chemin de fer de Paris à Saint-Germain. Cette même année voit le premier tramway urbain, œuvre de John Stephenson, circuler à New York (les voitures étaient tirées par des chevaux) et le premier billet de chemin de fer — c'est un jeton de cuivre — sur le Leicester and Swannington Railway.

1833 George Stephenson, en Angleterre, sur le Liverpool and Manchester, monte le premier sifflet sur la **Samson**. En France, ouverture de la ligne de Rive-de-Gier à Saint-Étienne, troisième division du chemin de fer de Saint-Étienne à Lyon.

1834 En France, mise en exploitation de la ligne d'Andrézieux à Roanne, établie par les ingénieurs Mellet et Henry. Ouverture le 17 décembre du Dublin and Kingstown Railway, première ligne de chemin de fer construite en Irlande.



La John Bull.



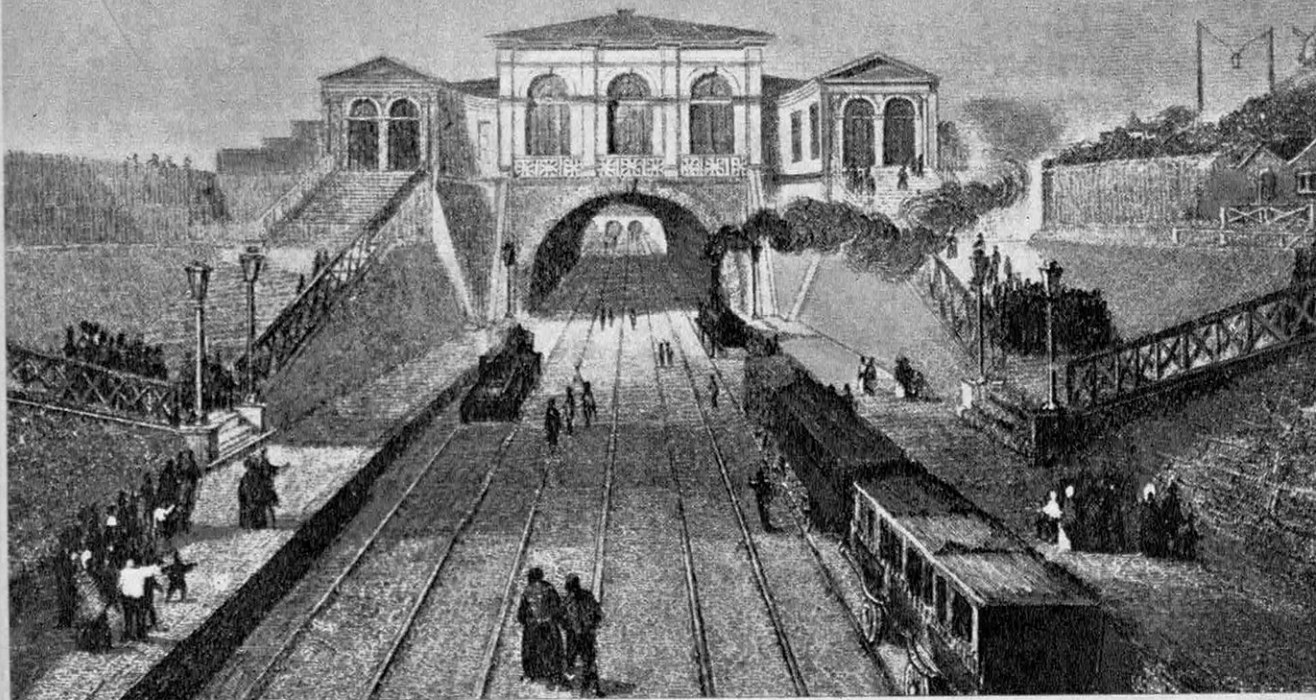
Un modèle Sharp et Roberts (100 km/h en 1835).

1835 Sur le chemin de fer de Liverpool à Manchester, une locomotive Sharp et Roberts atteint, pour la première fois dans le monde, la vitesse de 100 km/h. Brunel établit une voie large (7 pieds = 2,134 m) sur le Great Western. En plus des avantages de confort que présente la voie Brunel pour le matériel roulant, les locomotives bénéficient d'une plus vaste surface de chauffe. Quelques unités de la voie large resteront célèbres par leurs performances. Le 5 mai, le premier chemin de fer belge à traction à vapeur est inauguré avec la ligne de Bruxelles à Malines. A Springfield (Massachusetts), Thomas Davenport présente un chemin de fer électrique à échelle réduite. Le 7 décembre marque l'inauguration de la ligne de Nuremberg à Furth, premier chemin de fer allemand à traction à vapeur.

1836 Le 23 janvier, Henry Booth fait breveter un attelage à vis dont l'emploi se généralisera sur les chemins de fer européens. Le chef de gare anglais Thomas Edmonson propose de remplacer le jeton métallique par le billet de carton. Le premier chemin de fer canadien est inauguré entre Saint-John et Laprairie, en juillet. Le 30 octobre, ouverture du premier chemin de fer russe (Saint-Petersbourg à Pavlosk). La première voiture-lits du monde roule sur le Cumberland Valley Railroad.

1837 Inaugurée le 24 août, ouverte aux voyageurs le 26, la ligne de Paris à Saint-Germain est le premier chemin de fer français à traction entièrement à vapeur. Établi sous la compétente direction d'Eugène Flachat, il réunit les meilleures techniques du temps en matière ferroviaire. Il jouit, dès sa mise en exploitation, d'un vif succès et réalise ainsi l'attractive démonstration souhaitée par ses promoteurs, les frères Péreire, pour vaincre les dernières réticences du Parlement à doter le pays de voies ferrées. Le chemin de fer de Paris à Saint-Germain — en réalité il s'arrête au Pecq — marque le début des grands réseaux qui partiront de la Capitale.

1838 L'année voit d'intéressantes innovations dans le domaine des postes. Le 6 janvier, un wagon-poste, le premier, circule entre Birmingham et Liverpool. C'est un wagon-écurie transformé sur les indications de F. Kerstadt. En mai, John Ramsay, qui fait carrière dans les postes britanniques, invente le dispositif pour ramasser et déposer les sacs de courrier en marche, dispositif perfectionné en 1848 par John Dicker. Enfin, le 19 juin, commence la construction du premier bureau ambulancier pour assurer le tri et le transport des lettres entre Londres et Birmingham. Les voitures-lits gagnent le continent en passant par l'Angleterre où elles apparaissent entre Londres et Birmingham. Les quatre places d'un compartiment s'y transforment en deux couchettes.



Premier chemin de fer français à traction entièrement à vapeur, Paris-St-Germain en 1837.

- 1839** John Gray applique sur une locomotive de la ligne de Liverpool à Manchester un dispositif de détente variable pour régler la marche suivant la charge et le profil de la voie. En France, l'ingénieur Clapeyron s'attachera bientôt au même problème et laissera son nom à un dispositif de détente par tiroir qu'il appliquera sur des locomotives du chemin de fer de Saint-Germain. Les inaugurations se multiplient au point qu'il nous faut maintenant ne citer que les plus marquantes: 2 août, ouverture de la ligne de Paris à Versailles par la rive droite de la Seine; 20 septembre, ouverture de la ligne d'Amsterdam à Haarlem, premier chemin de fer néerlandais; 4 octobre, inauguration de Naples-Portici, premier chemin de fer italien.
- 1840** Sur la ligne de Londres à Blackwall, les trains sont signalés pour la première fois par le télégraphe électrique. Le 10 septembre s'ouvre la ligne de Paris à Versailles, rive gauche, et, le 20 septembre, la ligne de Paris à Corbeil.
- 1841** Le chemin de fer de Strasbourg à Bâle, inauguré le 19 septembre, est alors, avec 140 kilomètres, la ligne la plus longue qui ait été construite en Europe et les trains y franchissent, pour la première fois au monde, une frontière.
- 1842** William Howe, monteur des Ateliers Stephenson, découvre la coulisse dite de **Stephenson**. Pour augmenter l'adhérence de la locomotive, Verpillieux fait une première application du tender-moteur sur la ligne de Rive-de-Gier à Saint-Étienne. Robert Davidson construit la première locomotive électrique qui effectue plusieurs trajets sur le chemin de fer d'Edimbourg à Glasgow, à la vitesse de 6 kilomètres à l'heure. Les premières voitures sur châssis en fer circulent sur le Great Western. Le 11 juin, la loi qui détermine le réseau français est votée.

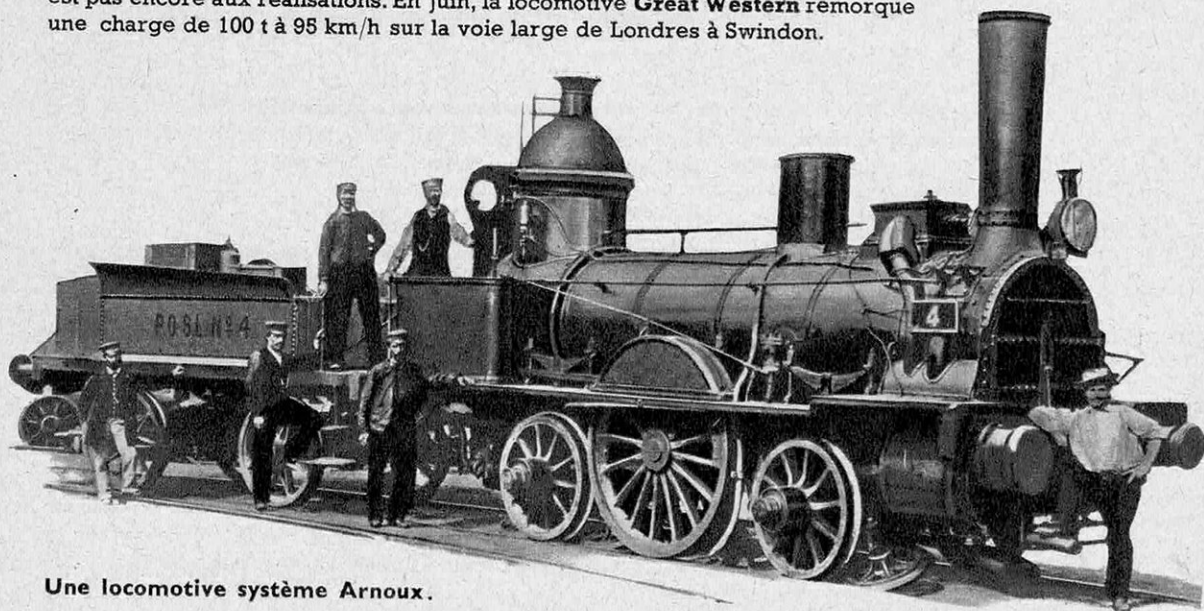
1843 La ligne de Paris à Orléans ouvre le 5 mai, intentionnellement, pour permettre aux personnalités d'assister à une autre inauguration, celle de Paris à Rouen, le 9 mai. Paulin Talabot commence la percée du tunnel de la Nerthe, long de 4 670 m et qui sera inauguré en 1848. Outre-Manche, Gooch monte sur ses locomotives une nouvelle coulisse à laquelle son nom restera attaché.

1844 Le 15 janvier s'ouvre aux Batignolles la première gare à marchandises importante en France; elle couvre 14 hectares. Les nombreuses réclamations des usagers de la 3^e classe vont avoir, partiellement du moins, gain de cause puisque, le 29 février, la décision est prise de couvrir et de fermer, au besoin par des rideaux, ce matériel. Cette classe ne sera fermée à vitres qu'en 1850.

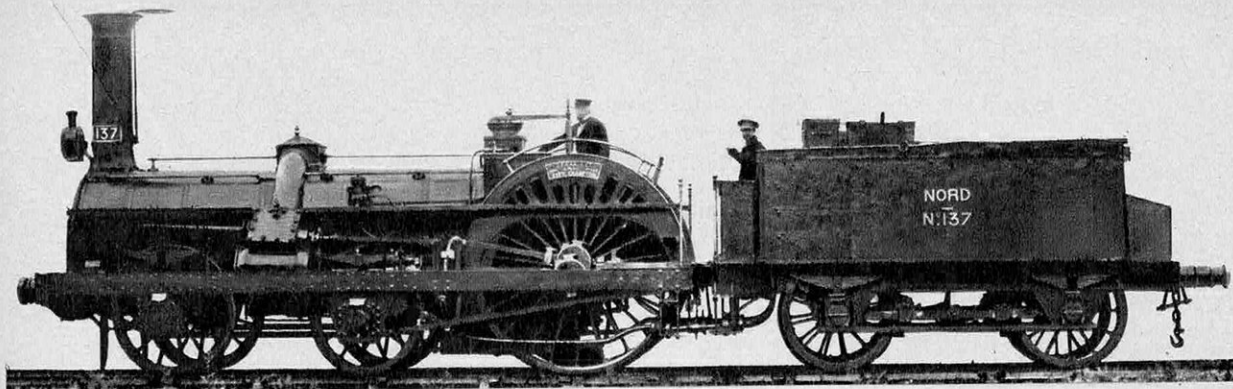
1845 Émile Péreire reçoit, en janvier, l'autorisation d'établir un télégraphe électrique sur le chemin de fer de Paris à Versailles rive droite. Le 15 juillet est promulguée la loi sur la police des chemins de fer en France, tandis que la date du 20 septembre marque la formation de la Compagnie du Nord, et celle du 17 décembre, de cette même année, la naissance de la Compagnie de l'Est.

1846

L'année voit s'ouvrir en France quelques lignes importantes : Orléans à Tours, le 2 avril; Paris à Lille et Valenciennes, le 14 juin et Paris à Sceaux, le 23 juin. Cette dernière n'est qu'une ligne de banlieue, mais elle gardera quelque célébrité dans l'histoire des chemins de fer par l'application qu'y fait Arnoux de son système de train articulé. Le but est d'inscrire les rames sur des courbes de faible rayon et, pour prouver l'efficacité de sa conception, Arnoux les avait multipliées à plaisir. Ce système qui compliquait quelque peu le matériel ne dépassa jamais le cadre de cette ligne assez courte. En 1891, on en rectifia le tracé sinueux en même temps que l'on ramenait la voie de 1,80 m à l'écartement normal, pour faire rentrer la ligne dans l'exploitation de la Compagnie de Paris à Orléans. Les premières cloches à déclenchement électrique, dites « cloches allemandes », que M. Léonhardt a mises au point, annoncent les trains sur le chemin de fer de la Thuringe. En Grande-Bretagne, on remue des projets d'intercirculation et d'équipement de toilettes dans les voitures, mais on n'en est pas encore aux réalisations. En juin, la locomotive **Great Western** remorque une charge de 100 t à 95 km/h sur la voie large de Londres à Swindon.

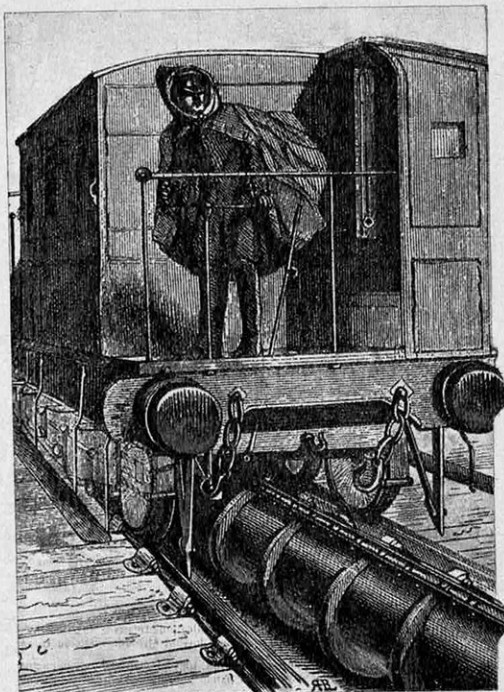


Une locomotive système Arnoux.



Une locomotive Crampton sur le réseau du Nord vers 1860.

1847 L'événement ferroviaire de l'année est la mise en service de la première locomotive Crampton. On est, en Angleterre, à l'époque de la lutte passionnée entre la voie large de Brunel et la voie normale dont Thomas Russell Crampton se fait le défenseur. L'ingénieur s'attache à démontrer qu'elle autorise les mêmes performances et conçoit, puis réalise, la locomotive qui doit en apporter la preuve: la solution est heureuse puisque sa machine concilie l'emploi des roues motrices de grand diamètre pour la vitesse avec l'abaissement du centre de gravité pour la stabilité. L'essieu moteur, qui ne trouve plus à se loger sous le corps cylindrique descendu, est reporté à l'arrière du foyer. Pour éviter les bielles trop longues, il recule les cylindres et supprime du même coup le porte-à-faux à l'avant aussi bien qu'à l'arrière et annule pratiquement ainsi le mouvement de galop. Enfin, le grand empattement de la machine lui assure une réelle stabilité en alignement droit. Quant au châssis, il est d'une rigidité remarquable avec des longerons doubles entre lesquels se logent et s'immobilisent les cylindres et s'oppose ainsi à toute déformation préjudiciable au mécanisme. Ce «lévrier du rail» va bientôt s'élancer sur plusieurs réseaux du monde après sa première apparition sur le London North Western Railway. Ce type de machine aura un gros succès en France où son nom passera un moment dans le langage populaire pour désigner un train, remorqué ou non par une Crampton. Il fera une longue carrière sur le Nord, sur l'Est et sur le P.L.M. La ligne de Paris à Saint-Germain qui, depuis dix ans, ne dépasse pas Le Pecq, est prolongée par un chemin de fer «atmosphérique» et, le 14 août, une rame venant de Paris inaugure le nouveau terminus. Au Pecq, la locomotive cède la place à une voiture directrice, sous le châssis de laquelle est fixé un piston plongeant dans un tube disposé au milieu et sur toute la longueur de la voie montante. A Saint-Germain, à l'extrémité du tube, et pour y vider l'air, des pompes entrent alors en action. La rame, littéralement «aspirée», franchit la rampe de Saint-Germain.



Le train atmosphérique de St-Germain.

1848 L'année verra la première liaison des lignes allemandes et autrichiennes avec les lignes françaises et belges, permettant ainsi d'aller de Tours à Stettin en chemin de fer. En Angleterre, John Deakin fait pivoter un verre de couleur avec le signal devant une lanterne fixe. Cette disposition aussi simple qu'ingénieuse restera classique sur les signaux mécaniques. Enfin, dans ce pays qui a incontestablement le génie du chemin de fer, on voit rouler sur le Bristol Exeter Railway la « Fairfield ». C'est une curieuse voiture à six roues mue par une machine à chaudière verticale. Bridges Adams qui l'a construite peut ainsi revendiquer la paternité de l'autorail.

1851

Un concours a lieu au Semmering pour déterminer la meilleure locomotive de montagne. L'ingénieur autrichien Engerth gagne cette compétition avec la **Bavaria** dont il a augmenté l'adhérence en transmettant, par une chaîne, le mouvement aux essieux que les bielles n'accouplent pas. Le 1^{er} juillet, le premier transport réfrigéré connu est fait à partir d'Ogdenburg dans l'État de New York. Il véhicule huit tonnes de beurre dans un wagon couvert, garni de cuves remplies de glace et de sciure. Le 22 septembre, Charles Minot, superintendant général du New York and Erie Railroad applique le **dispatching system**. L'année sera encore marquée par la mise en service du **Leviathan**, premier ferry-boat équipé pour recevoir du matériel roulant. Il assurera la navette entre Granton et Burntisland sur le Firth of Forth.

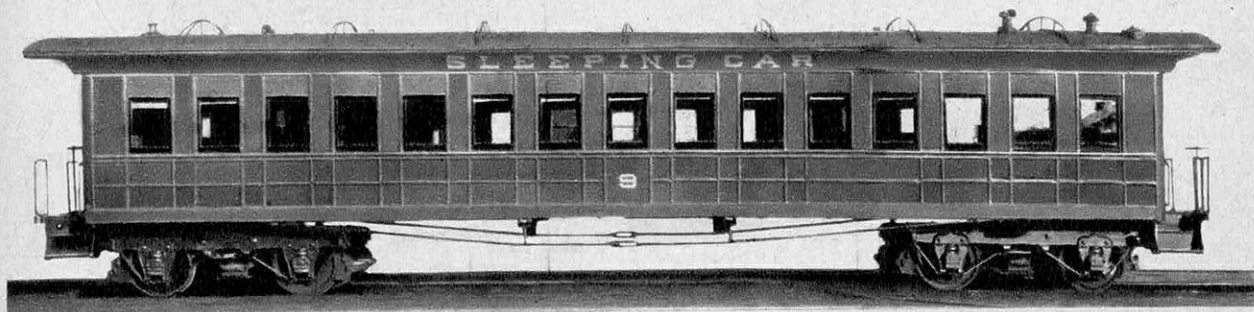


La locomotive « Lord of the Isles » de Gooch.

1852 A diverses dates de l'année paraissent en France les décrets qui consacrent les Compagnies du Nord, de Paris à Orléans, de Paris à Lyon et à la Méditerranée. Le 18 juillet, la ligne de Paris à Strasbourg est inaugurée. Enfin, le 12 décembre, une section de 7 km sur le chemin de fer de ceinture est ouverte à la circulation.

1853 Le 30 juillet, un décret ministériel autorise une vitesse de 100 kilomètres à l'heure sur les chemins de fer français. L'année dote Paris de son premier tramway. Établi par Loubat, il circule entre la place de la Concorde et Saint-Cloud. Mais ne roule sur rails que sur une partie de son parcours, aussi doit-on changer son train de roues quand il les quitte en arrivant au quai de Billy.

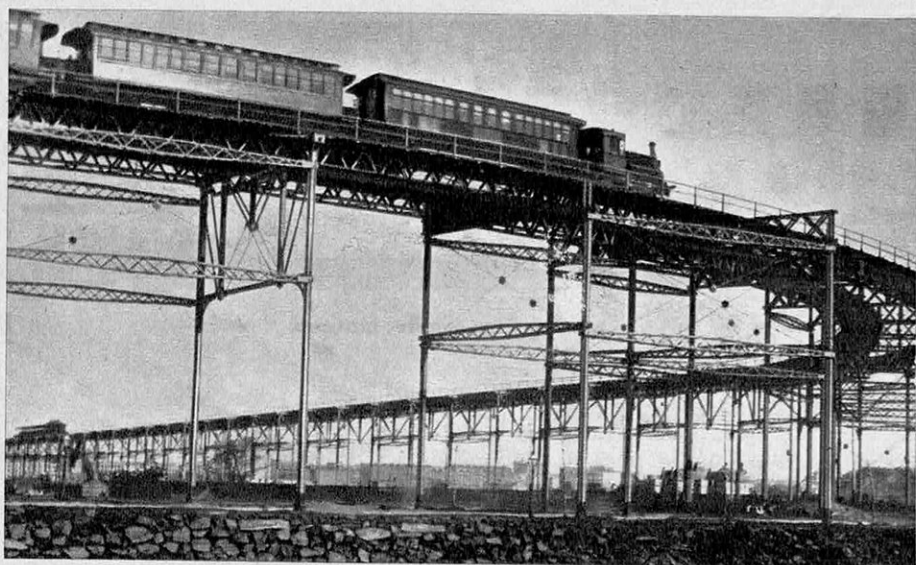
1855 En France, sur la Compagnie de l'Ouest, qui s'est formée le 13 juin (la Compagnie de l'Est a été consacrée par décret le 20 avril de l'année précédente), un aiguilleur, M. Viguier, a l'ingénieuse idée de solidariser signaux et appareils de voie pour rendre impossible toute manœuvre contraire à la sécurité. Il réalise ainsi le pre-



La première voiture-lits mise en service par la Compagnie Pullman aux États-Unis en 1859.

mier **enclenchement** efficace. Cependant que Blaise et Larpent procèdent aux essais d'une locomotive à grande vitesse, Paris s'intéresse à un premier projet de chemin de fer métropolitain. Inauguration du premier chemin de fer australien.

- 1856** Un appareil de signalisation électrique Tyler est installé au tunnel de Blaisy-Bas, sur le P.L.M. La Suède inaugure son premier chemin de fer.
- 1857** Le 1^{er} janvier est inaugurée la ligne Alexandrie-Le Caire. Le 8 avril, un décret de Napoléon III envisage la création d'un réseau homogène en Algérie; un autre, le 1^{er} août constitue la Compagnie du Midi. L'Argentine construit son premier chemin de fer qui va circuler entre les villes de Buenos Aires et de San José de Flores.
- 1858** Bessemer propose le rail d'acier au directeur du North Western Railway. En Haute-Silésie des essais de chauffage du matériel roulant par la vapeur de la locomotive sont effectués. Henri Giffard prend, en France, un brevet pour remplacer la pompe d'alimentation de la locomotive par l'injecteur. Le 10 décembre, l'éclairage au gaz est expérimenté sur un train de la ligne Paris-Strasbourg.
- 1859** Les premiers avertisseurs électriques pour passages à niveau apparaissent sur le Nord, ils sont du système Tesse et Lartigue. Pour permettre à Napoléon III de se rendre à Caunterets, le parcours Mont-de-Marsan—Tarbes est ballasté et la voie montée en 12 jours et 12 nuits à la lueur des torches. En Amérique, la première voiture-lits conçue par George Pullman est mise en service le 1^{er} septembre.
- 1860** Le frein à embrayage continu système Achard est essayé pour la première fois sur le réseau du P.L.M. Ramsbotton, ingénieur du North Western, invente un appareil qui permet de remplir d'eau le tender pendant la marche.
- 1862** Un premier projet de ferry-boat pour assurer un service de trains entre la France et l'Angleterre est à l'étude; la réalisation ne viendra qu'en 1917. Les premiers trains de marée sur Calais et Boulogne sont mis en circulation. Lyon reçoit le premier chemin de fer funiculaire français qui gravit la pente de la Croix-Rousse. En Algérie la première ligne entre en service pour joindre Alger à Blida. Le 4 juillet, aux États-Unis, le président Lincoln signe le Pacific Railroad Act, prévoyant la mise en construction de la première liaison transcontinentale américaine.



L'Elevated
de New York
traversant Harlem.

1863

En Angleterre, le 10 janvier, la première section du Metropolitan Railway est ouverte au public. En Amérique, entre Philadelphie et Baltimore, les premières voitures-restaurants font leur apparition et sont tout de suite fort appréciées.

1864

Le Français Cazal fait breveter un moteur électrique qui s'applique directement à l'essieu. Sur le P.O., les locomotives Forquenot sont mises en service. Ce sont d'excellentes machines dont les deux essieux moteurs sont précédés d'un essieu porteur. Un second essieu porteur sera ajouté à l'arrière en 1874.

1865

A la Compagnie du Nord, Chaves améliore la voie en imaginant les raccords paraboliques. Le 1^{er} novembre a lieu aux États-Unis le premier transport de pétrole par wagon-citerne au départ de Titusville en Pennsylvanie, où Edwin Drake a foré ses premiers puits. Le wagon comporte deux foudres verticaux en bois.

1866

En Angleterre, Chubb et Try brevètent l'intercirculation par couloir central et passerelles. Le 6 juillet, l'inauguration du chemin de fer d'Enghien à Montmorency, dans la proche banlieue de Paris, a été marquée par la mise en service d'une locomotive Petiet à six essieux moteurs, accouplés en deux groupes indépendants. Cette machine à adhérence totale pour fortes rampes possède un réservoir de vapeur à tubes sécheurs et un réchauffeur d'eau d'alimentation.

1867

Le P.L.M. applique pour la première fois en France le **block system**. Thomas S. Hall fait, aux États-Unis, un premier essai de block automatique avec signaux commandés par pédales aux passages des trains. Le 22 février, George H. Pullman fonde dans l'État d'Illinois la **Pullman Palace Car Company** pour la construction



et l'exploitation de voitures-lits et restaurants de luxe. La Compagnie de Paris à Orléans met en service des locomotives Forquenot dites **Cantal**. Ces locomotives sont les premières machines françaises équipées de cinq essieux couplés.

1868 Sainte-Claire-Deville équipe une machine avec un brûleur à huile lourde. Napoléon III effectue sur la locomotive le trajet Châlons-Mourmelon. Le 23 mai a lieu l'ouverture du chemin de fer du Mont-Cenis à rail central, exécuté par l'ingénieur Fell. A New York, la première section du métropolitain, dit **Elevated**, est ouverte.

1869 Le 13 avril, George Westinghouse prend son premier brevet pour le frein à air qu'il vient d'inventer. Une locomotive du Pennsylvania Railroad sera la première à en être équipée. Le 10 mai, à Promontory (Utah), s'effectue la jonction des deux tronçons du Transaméricain construits respectivement par l'Union Pacific et le Central Pacific et réalisant la liaison par rail de l'océan Atlantique à l'océan Pacifique.

Le rail de l'Atlantique rejoint celui du Pacifique: la pose du rivet d'or à Promontory (Utah).



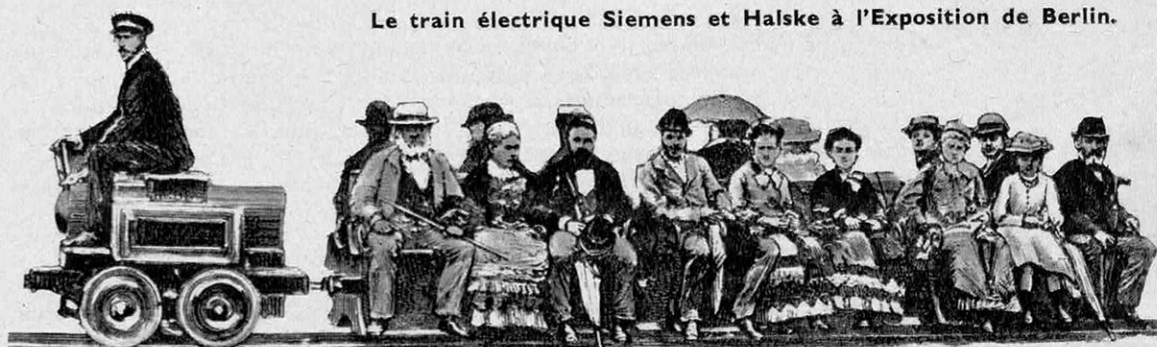


L'ingénieur Mallet fit la première application du système compound sur Bayonne-Biarritz.

- 1870** La maison Kœchlin construit pour la Compagnie du Nord des locomotives du type **Outrance**. Ces machines devaient remorquer les trains, de longues années durant, dans d'excellentes conditions de marche. Elles furent modifiées en 1877, l'essieu porteur placé avant les deux essieux moteurs étant remplacé par un bogie.
- 1871** L'inauguration du chemin de fer Vitznau-Rigi, le 23 mai, en Suisse, consacre un nouveau système de crémaillère dû à l'ingénieur Nicolas Riggerbach. Mais l'inauguration la plus marquante de l'année restera celle du tunnel du Mont-Cenis, long de 12 849 mètres. Aux États-Unis cependant, une innovation importante pour la sécurité sur rails est apportée par Franklin L. Pope qui installe, sur le Boston and Lowell Railroad, le premier système de signaux commandés par circuit de voie.
- 1872** La signalisation reçoit encore un perfectionnement avec le **crocodile** que les ingénieurs Lartigue et Forest appliquent sur le Nord. Il s'agit d'une sorte de rail central qu'un signal met sous tension en se fermant. Le crocodile, brossé énergiquement par un contact placé sous la machine, y déclenche le sifflet grâce à un relais traversé par le courant dont le retour s'effectue par les rails de roulement. Ce système a réalisé la première répétition d'un signal sur la locomotive. Le 26 février paraît le premier décret donnant l'autorisation d'employer des rails en acier en France. Cette autorisation est donnée pour la Compagnie du Nord. La première voiture-lits conçue par Nagelmackers circule en Europe. Montée sur deux essieux, elle comporte trois compartiments. Les chemins de fer de l'État suédois adoptent l'intercirculation par soufflets. En Amérique, George Westinghouse réalise le frein automatique. La ligne Tokio-Yokohama est inaugurée; c'est la première au Japon.

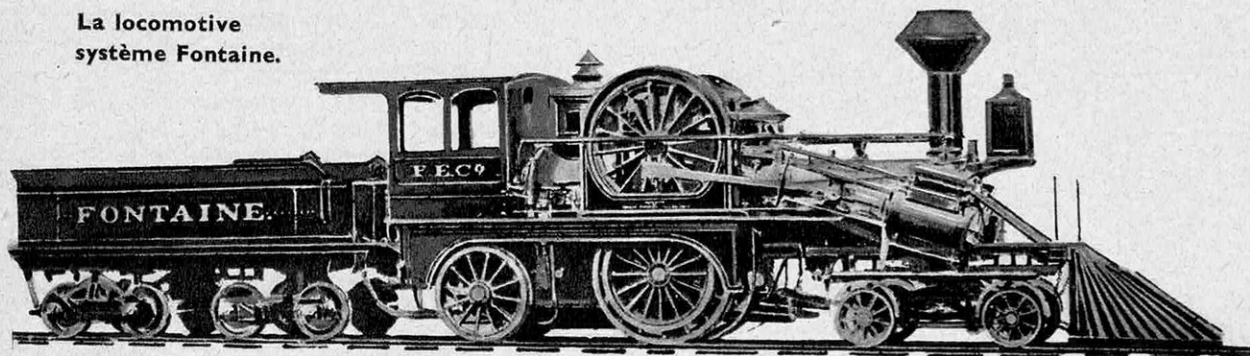
- 1873** Les premiers wagons français pourvus d'un aménagement frigorifique sont mis en circulation. En Angleterre apparaissent les premières voitures à bogies du service à voyageurs normal. Aux États-Unis, un brevet est délivré, le 29 avril, au major Eli H. Janney pour le premier dispositif d'attelage automatique acceptable. Il est à la base de l'attelage automatique américain actuel.
- 1875** La Compagnie de l'Est met en service un premier type de wagons-lits. Le 2 août, une loi déclare d'utilité publique le chemin de fer sous-marin entre la France et l'Angleterre. Le 4 août, une autre loi — dont l'effet sera plus rapide — concède à un syndicat formé par les compagnies du Nord, de l'Est, d'Orléans et du P.L.M. un chemin de fer, dit de **grande ceinture**, destiné à relier, en dehors de l'enceinte fortifiée, toutes les lignes qui convergent vers la capitale.
- 1876** L'ingénieur Mallet procède à la première application pratique du système compound sur une locomotive du Bayonne-Biarritz. Le compoundage fait travailler la vapeur deux fois : une première fois dans un cylindre à haute pression comme sur une machine à simple expansion ; une seconde fois, en détente, dans un second cylindre à basse pression. La section Shanghai-Kungwan ouvre le 30 juin. C'est le premier chemin de fer en Chine. Le 30 juillet commencent sur le chemin de fer du Nord les essais du frein à vide système Smith. Le 4 décembre, le Belge George Nagelmackers fonde la Compagnie Internationale des Wagons-lits.
- 1878** Sur le chemin de fer du Nord, les ingénieurs Lartigue, Forest et Digne procèdent à de nombreux essais pour la mise au point de leurs systèmes de répétition des signaux sur les locomotives. Le 18 mai, le réseau de l'État est formé.
- 1879** Les chemins de fer de Ceinture et de l'Ouest adoptent le frein continu Westinghouse. Les locomotives à grande vitesse de la série 111-400 entrent en service au P.L.M. Le 13 juillet, un décret institue une commission supérieure pour l'étude du Transsaharien et, le 17 du même mois, une loi ratifie le plan Freycinet qui dote la France de 8 823 kilomètres de lignes nouvelles. Le 28 décembre, un épouvantable accident se produit en Écosse où le pont métallique de Tay se rompt au passage d'un train, engloutissant le convoi entier et les voyageurs dans les flots. Pendant l'été s'était ouverte l'Exposition industrielle de Berlin. La principale attraction en était un petit train électrique roulant sur une voie en ovale de quelque 300 mètres de développement. Ce chemin de fer eut un gros succès et, malgré ses dimensions modestes, il est considéré comme le point de départ de la traction électrique dont il démontra les possibilités pour assurer un service public.

Le train électrique Siemens et Halske à l'Exposition de Berlin.



- 1880** Le 20 mai, un décret autorise la mise en circulation, en France, de voitures automotrices à vapeur. C'est déjà la solution de l'autorail. Sur le continent américain, le Canada Southern Railway expérimente une locomotive système Fontaine, étrange et éphémère machine où le mouvement est communiqué aux roues motrices par volants à friction. En Allemagne, von Borries applique la double expansion.

La locomotive
système Fontaine.



- 1881** Le 16 février, le colonel Flatters et ses compagnons sont massacrés alors qu'ils poursuivaient dans le Hoggar leurs études sur le Transsaharien. En mai, Siemens et Halske, que le succès réservé à leur petit chemin de fer électrique a encouragés, dote Berlin du premier tramway électrique. La même année, une démonstration de ce type de tramway est faite à Paris à l'occasion de l'Exposition de l'Électricité. Le tramway présenté à Paris constitue, en outre, la première application de la distribution aérienne. Le 10 octobre, un train muni du frein continu système Wenger est mis en service sur le chemin de fer de Paris à Orléans.
- 1882** C'est aux États-Unis, en janvier, que se fait le premier usage connu du téléphone pour des opérations de dispatching sur la section Ravena-Schenectady du New York West Shore and Buffalo Railroad. Le 7 février, le Métropolitain de Berlin entre en service et, le 1^{er} juin, les premiers trains passent sous le Saint-Gothard dans un tunnel long de 14 990 mètres. Le 16 octobre marque l'ouverture de la première Conférence internationale de Berne, en vue d'assurer l'unité des principales dimensions des matériels roulant et fixe et de faciliter ainsi les échanges de véhicules. La locomotive à vapeur ne sera pas oubliée en cette année et M. Ricour, inspecteur général des chemins de fer de l'État français, crée la voûte de foyer en briques réfractaires, aujourd'hui universellement adoptée.
- 1883** Le conducteur latéral apparaît sur la ligne électrifiée de Portrush, en Irlande, établie par la maison Siemens de Londres. Le chemin de fer de l'Exposition de Berlin et le premier tramway électrique avaient le conducteur central. Les études pour perfectionner le nouveau mode de traction se poursuivent et, le 10 septembre, le Français Raffard prend un brevet relatif à un accouplement élastique entre un moteur électrique et l'essieu qu'il commande. En Autriche, le tunnel de l'Arlberg entre le Tyrol et le Vorarlberg (10 270 mètres) est inauguré et l'hiver voit fonctionner en Amérique le premier chasse-neige rotatif à vapeur.
- 1884** En France, Mallet réalise un type de locomotive articulée compound à 4 cylindres, tandis que sur l'Ouest une locomotive compound du système Webb est essayée.

En Amérique, William Robinson et George Westinghouse mettent au point un block automatique sur le West Shore and Pennsylvania Railroad. Un système de réfrigération d'air équipe une voiture du Baltimore and Ohio Railroad.

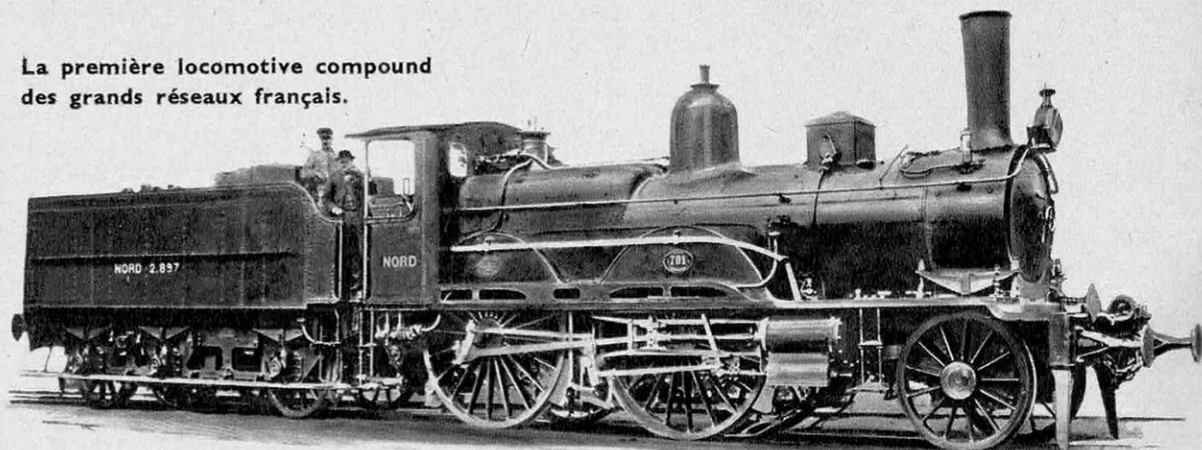
1886 Sur le Nord, apparaît en janvier la première locomotive compound des grands réseaux français, résultant de la collaboration des ingénieurs de Glehn et du Bousquet. Ricour fait la première application des tiroirs cylindriques tandis que, toujours dans le secteur de la locomotive, Estrade procède aux essais d'une machine à grande vitesse qui restera un prototype. Le 10 juillet, une circulaire rend obligatoire l'intercommunication pour les trains de voyageurs; ne pas confondre intercommunication et intercirculation, l'une est la simple possibilité d'alerter le chef de train, l'autre de circuler d'une voiture à l'autre.

1887 Le système compound à 3 cylindres est essayé par E. Sauvage sur une locomotive du Nord, type Mogul. Le premier train de voyageurs avec intercirculation par soufflets roule, le 11 avril, entre Chicago et Otto sur l'Illinois Central Railroad. Le premier chemin de fer à crémaillère établi en France est inauguré à Langres.

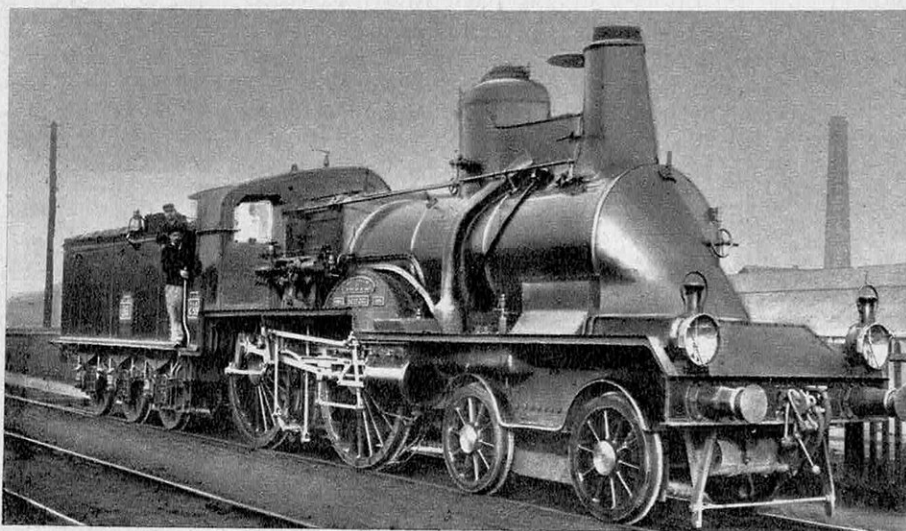
1888 En Amérique, une communication télégraphique par induction est assurée avec un train en marche sur le chemin de fer suburbain de New York. Krauss, constructeur de locomotives en Allemagne, réalise pour la première fois un dispositif dit **bogie Krauss** qui unit un essieu porteur et un essieu moteur. En France est inauguré, en juin, le viaduc de Garabit, terminé depuis quatre ans mais qui attendait l'achèvement de la ligne de Marvejols à Neussargues pour recevoir la consécration officielle. C'est cet ouvrage métallique avec arc de 165 mètres de portée qui fit entrevoir à son constructeur, Gustave Eiffel, la possibilité de réaliser la célèbre tour. Enfin, l'année aura vu l'ouverture du Transcaspien.

1889 L'Exposition Universelle qui se tient à Paris suscite de nombreuses innovations ferroviaires, parmi lesquelles : l'intercirculation par soufflets appliquée par le P.L.M.; une voiture de 3^e classe pour grands réseaux montée sur bogies et réalisée pour l'Ouest, et le premier poste à pouvoir présenté par les ingénieurs italiens Bianchi et Servetaz. On désigne par « poste à pouvoir » un centre d'enclenchements dont la transmission mécanique — insuffisante au-delà d'une certaine distance — est remplacée par un intermédiaire pneumatique, hydraulique ou électrique.

La première locomotive compound
des grands réseaux français.

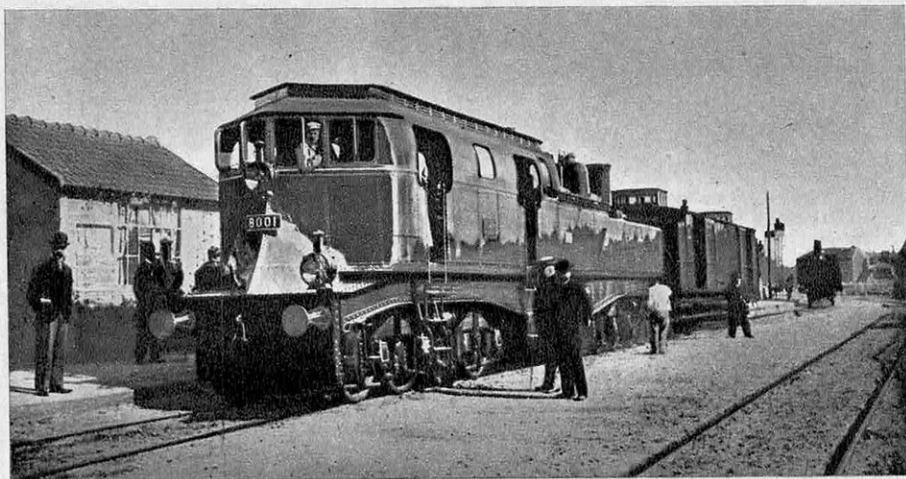


- 1890** Le 4 mars est inauguré, en Écosse, le pont de Forth. Le 21 juin, une locomotive Crampton à chaudière Flaman atteint 144 km/h entre Montereau et Sens. Le 14 octobre, une convention internationale concernant le transport des marchandises groupe l'Allemagne, l'Autriche, la Belgique, la France, l'Italie, le Luxembourg, les Pays-Bas et la Russie. Elle entrera en vigueur le 1^{er} janvier 1893.
- 1891** La première locomotive électrique de Suisse est construite par Oerlikon pour le chemin de fer Sissach-Gelterkinden. Le premier banc d'essais pour locomotives est monté aux États-Unis. Le 19 mai, sont inaugurés les travaux du Transsibérien.
- 1893** Le 2 février marque le début des essais sur l'Ouest de la locomotive thermo-électrique Heilmann du premier type. Le 10 mai, aux États-Unis, la locomotive «999» du New York Central atteint 181 km/h en remorquant l'Empire State Express. Les chemins de fer de Bade mettent en service la **Ten Wheel** compound à 4 cylindres, prototype des nombreux exemplaires utilisés notamment en France.
- 1894** Les chemins de fer du Grand Duché de Bade (ligne de la Forêt-Noire) mettent en service, en avril, la première compound de Glehn du type 230, généralisée en France par la suite sur le Nord, l'État et le Midi. Quant au P.L.M., les locomotives «coupe-vent» dont il sort, cette année, le premier type lui resteront propres.



La «coupe-vent» du P.L.M.

- 1895** Le 28 juin, commence un service régulier de trains électriques en Amérique sur le New York, Newhaven and Hartford Railroad. Le 22 octobre, un accident que la presse a rendu célèbre survient en gare Montparnasse : la locomotive du train de Granville entre en gare, franchit le quai et tombe sur la place de Rennes.
- 1896** Une seconde locomotive Heilmann va commencer ses essais. C'est, comme la première, une machine d'une conception nouvelle. Jean-Jacques Heilmann veut améliorer la locomotive à vapeur en remplaçant par l'électricité les organes de transmission, bielles et manivelles, dont les masses provoquent des oscillations



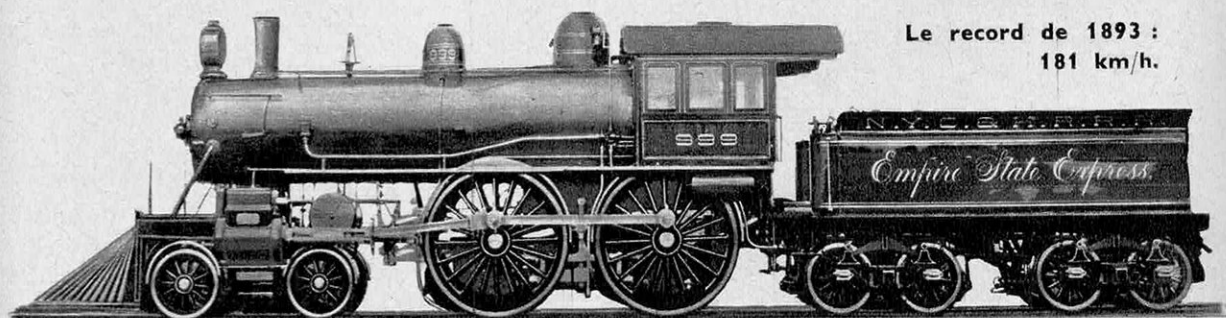
La seconde locomotive Heilmann, à ses essais sur l'Ouest.

de « lacet » et de « galop ». L'idée fondamentale de l'inventeur, si discutée à l'époque, pour réaliser une transmission dotée d'une grande souplesse se retrouvera plus tard sur les locomotives diesel-électriques et turbo-électriques. Le tramway suisse de Lugano emploie, pour la première fois, un courant alternatif triphasé.

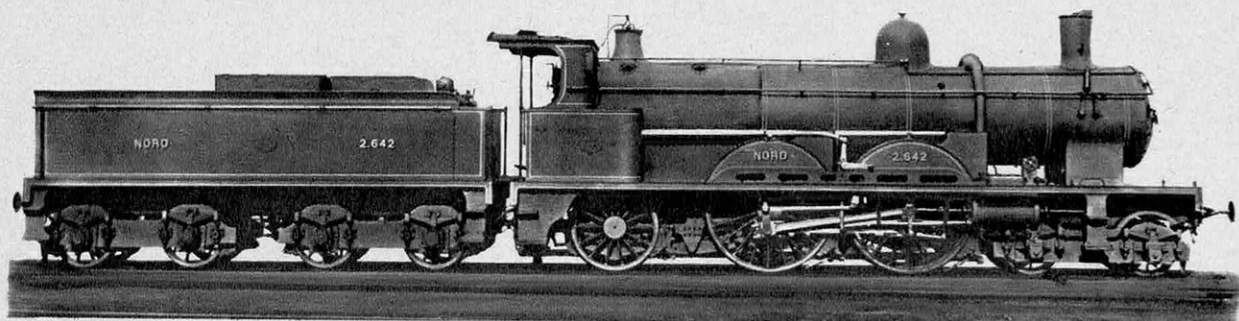
1897 L'ingénieur américain Sprague crée le train réversible électrique à unités multiples, solution devenue classique pour les trains urbains et de banlieue. Sur le P.L.M., on cherche à concilier l'autonomie et la traction électrique en expérimentant une locomotive du type 1 B équipée d'accumulateurs. Le Congo Belge vient au chemin de fer en inaugurant les 400 kilomètres de la ligne Matadi-Léopoldville.

1898 La première installation d'aiguillage électrique en France est réalisée à Paris pour commander les voies de la gare de Lyon. Les chemins de fer de l'État mettent en service des locomotives à simple expansion du type Boursay. Le 20 octobre, une circulaire recommande aux compagnies l'emploi de voitures à couloir de toutes classes. Le 25 décembre, une loi approuve la création d'un Transindochinois.

1899 L'éclairage électrique des voitures est expérimenté sur les lignes Paris-Le Havre et Paris-Bordeaux-État. Le système retenu est celui de Vicarino avec dynamo commandée par l'un des essieux. En Angleterre, le Gréat Central Railway introduit dans son parc de matériel la première voiture-buffet.



Le record de 1893 :
181 km/h.



L'Atlantic du Nord.

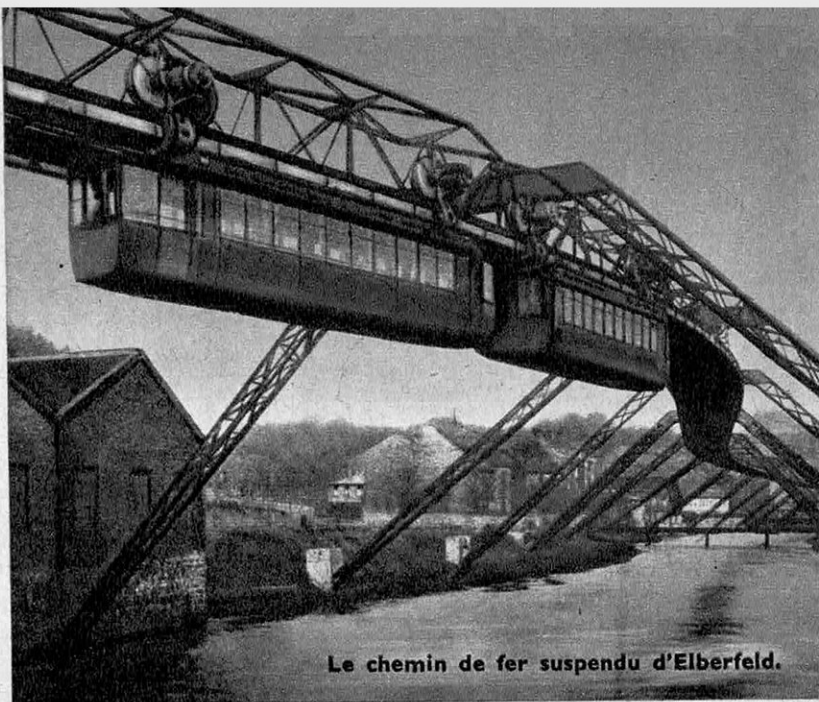
1900 Le réseau du Nord met en service les locomotives compound du type Atlantic, étudiées par de Glehn et du Bousquet. Ces élégantes machines, construites par la Société Alsacienne, représentent l'une des plus belles réussites techniques dans le domaine de la traction à vapeur. La traction électrique encore nouvelle n'en est pas moins entrée maintenant dans la pratique. Le 28 mai, le prolongement électrifié de la gare d'Austerlitz vers le quai d'Orsay est livré à l'exploitation et le 14 juillet marque l'ouverture de la première des lignes du Métropolitain de Paris.



La première ligne du Métropolitain de Paris.

1901

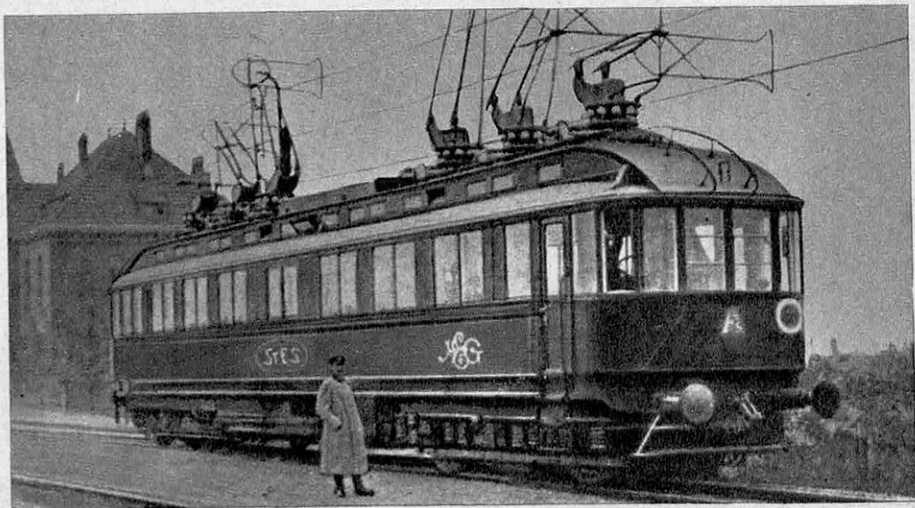
En mars, ouvre en Allemagne le chemin de fer suspendu Barmen-Elberfeld. Cette conception, qui inverse la pratique courante pour faire circuler le train au-dessous d'une voie surélevée à laquelle il s'accroche, sera reprise épisodiquement, mais elle restera l'exception justifiée par un cas très particulier. Le 1^{er} juillet de la même année la traction électrique assure le trafic sur la section Paris-Invalides à Meudon, tandis que, le 1^{er} août, le P.L.M. inaugure dans les Alpes sa ligne électrifiée à voie étroite Le Fayet-Saint-Gervais-Chamonix.



Le chemin de fer suspendu d'Elberfeld.

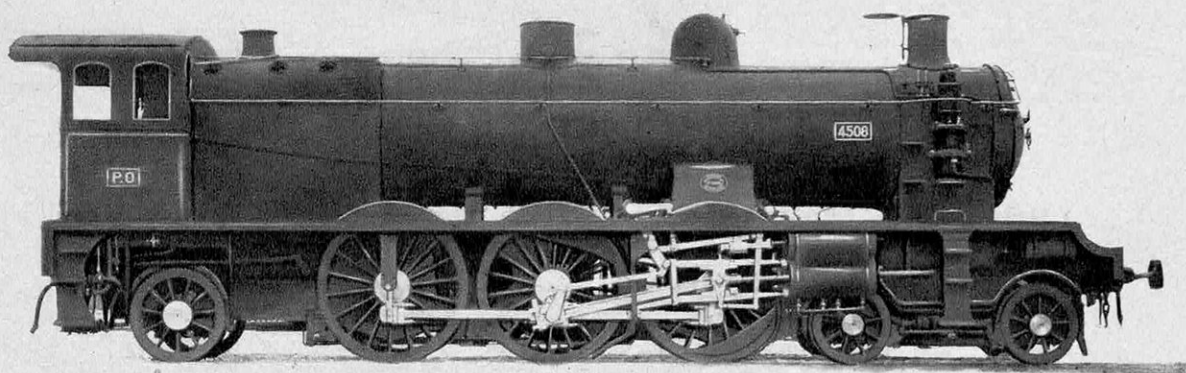
1902 L'année enregistra quelques excellentes performances de locomotives à vapeur tant sur les voies ferrées de l'Ancien que du Nouveau Monde. Ces résultats obtenus en remorquant des trains réguliers affirment la maîtrise alors atteinte dans le domaine de la vapeur. En France, les Atlantic du Nord montent aisément à 140 km à l'heure sur certains points de leurs parcours et quelques-unes de ces machines atteignent même 146 km/h. Les rames remorquées pèsent à l'époque de 170 à 240 tonnes. En Allemagne, une Atlantic badoise remorque, de Mannheim à Bâle, un train avec des pointes de vitesse de 144 km/h. En Amérique, le 24 mai, un train du Burlington and Quincy Railroad dépasse 150 km/h.

1903 L'événement spectaculaire de l'année, qui attire l'attention sur l'Allemagne, est les vitesses de 213 et de 210 km/h atteintes sur la ligne expérimentale Marienfeld-Zossen par deux automotrices à courant triphasé de Siemens et de l'A.E.G.



Une des automotrices allemandes qui atteignirent 210 km/h.

- 1904** En Suisse, la première locomotive à courant monophasé circule sur la ligne d'essai Seebach-Wettingen. En France, le P.L.M. met en service le **Côte-d'Azur-Rapide**; l'électrification s'étend sur le P.O. de la gare d'Austerlitz à Juvisy.
- 1905** Hugo Lentz substitue des soupapes verticales aux tiroirs de distribution des locomotives à vapeur. Aux États-Unis, le train devenu depuis le Broadway Ltd, remorqué par une Atlantic, atteint 205 km/h sur un parcours de près de 5 km. Le Nord met en service des locomotives articulées conçues par du Bousquet.
- 1906** Les premières applications de la surchauffe sont faites en France sur des locomotives du P.O. Le 1^{er} juin, le tunnel du Simplon, long de 19 730 m et dont la construction avait demandé six ans et demi, est ouvert à l'exploitation.



La Pacific du P.O. en 1907.

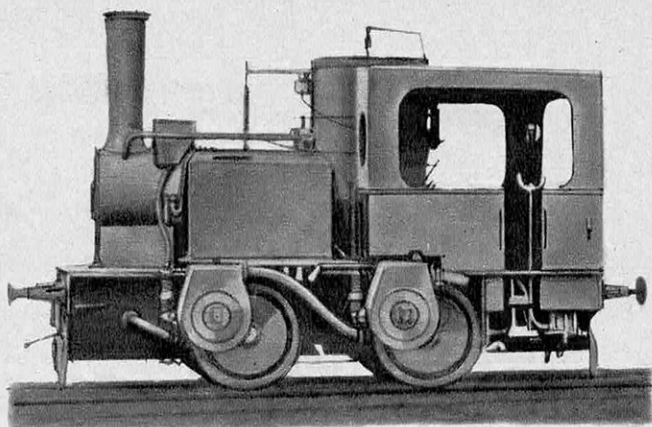
- 1907** En juillet apparaissent les premières Pacific construites en Europe; en septembre, le Nord essaie le type Reading avec foyer à tubes d'eau. La ligne de Clermont-Ferrand au Puy-de-Dôme est exploitée sur une voie système Hanscotte.



Le tunnel du Simplon ouvert en 1906.

1908

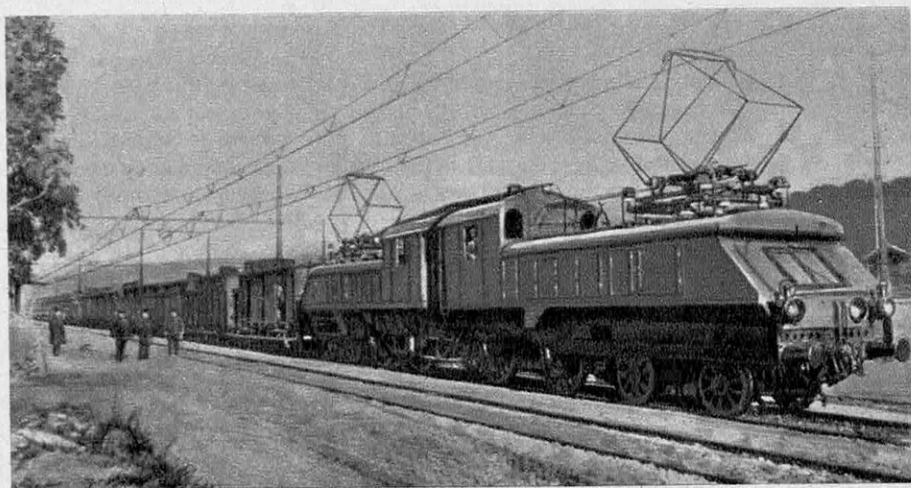
Au cours de l'année, Giuseppe Belluzo réalise en Italie la première locomotive à turbine à vapeur. Le 1^{er} juillet, l'État belge met en circulation, entre les villes de Bruxelles et Anvers, le premier train-bloc formant une rame vraiment homogène. En France, la Compagnie des Chemins de fer de l'Ouest est rachetée, le 13 juillet, par l'État qui doit en prendre possession dès le 1^{re} janvier de l'année suivante.



La locomotive à turbine de Belluzo.

1911

Des essais de traction électrique par courant alternatif monophasé sont effectués sur la ligne de Cannes à Grasse. En Angleterre, la North British Locomotive Company construit une locomotive turbo-électrique d'après les brevets Reid-Ramsay.

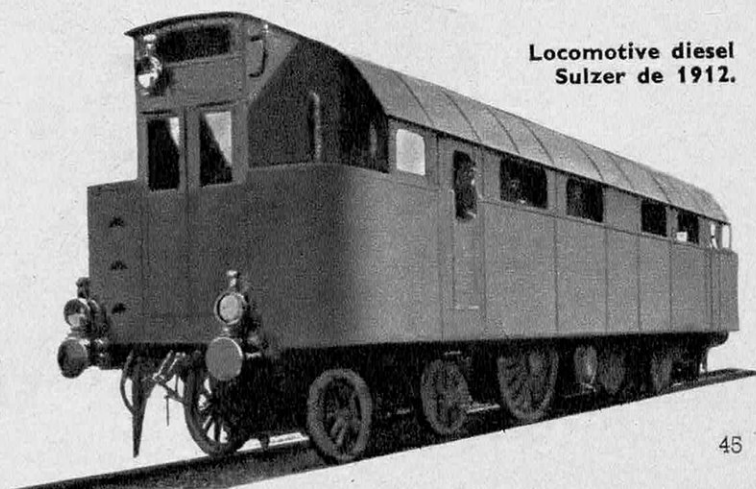


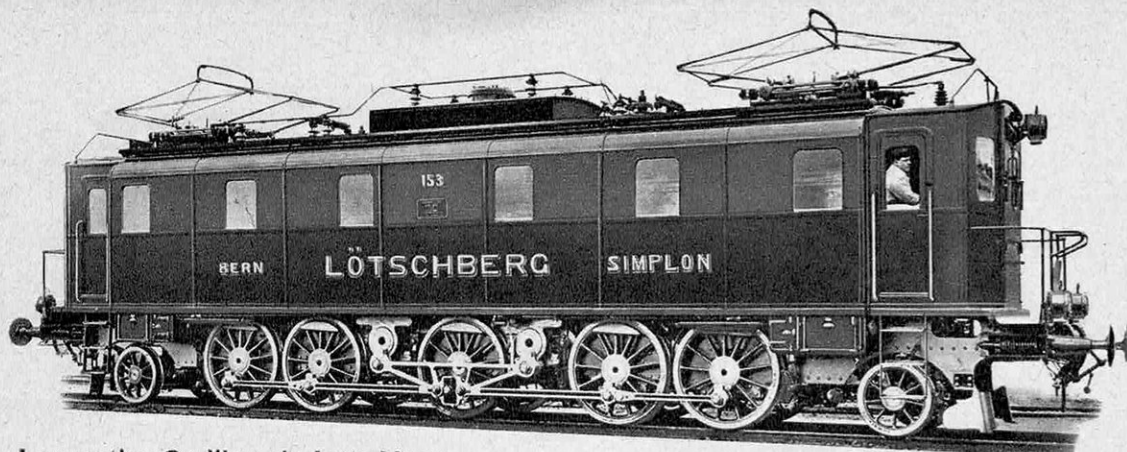
Essais de traction électrique entre Cannes et Grasse.

1912

La Société Sulzer construit pour les chemins de fer d'État prussiens-hessois la première locomotive à moteur diesel, avec commande directe des essieux moteurs, développant 1 200 ch, pesant 95 tonnes et pouvant atteindre 100 km/h. La première locomotive du type **Mountain** roule aux États-Unis sur le Chesapeake and Ohio Railroad.

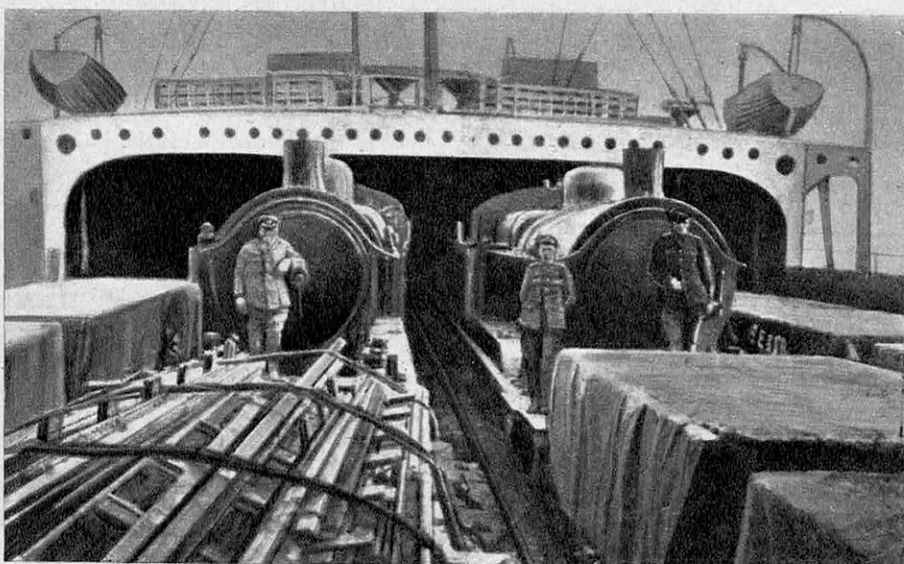
Locomotive diesel
Sulzer de 1912.





Locomotive Oerlikon du Lötschberg.

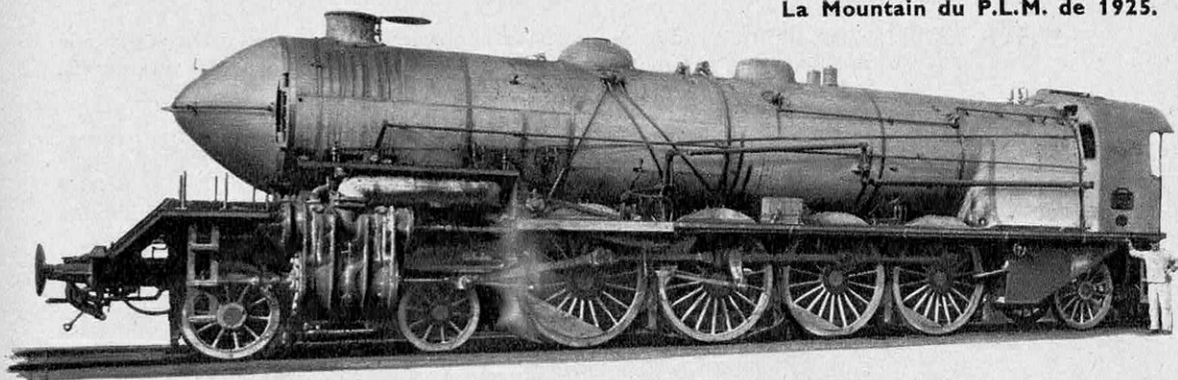
- 1913** En Suisse, la firme Oerlikon livre la plus puissante locomotive électrique du monde au chemin de fer du Lötschberg dont le tunnel, long de 14 608 m, ouvre au trafic le 28 juin. C'est la première grande ligne de montagne entièrement électrifiée. En France, à Blainville et à Lumes, les premiers postes de triage automatiques du système Descubes sont mis en service. Une locomotive à naphthaline Brillé-Hautier évolue à Harfleur. Le 21 novembre, aux États-Unis, une liaison par T.S.F. est assurée dans les deux sens avec un train en marche sur le Lackawanna Railroad.
- 1914** Le P.L.M. met en service les premières locomotives Mikado introduites en Europe, type déjà courant aux États-Unis. Le 2 août paraît un décret aux termes duquel les administrations des réseaux sont tenues de mettre à la disposition de l'autorité militaire toutes leurs ressources en hommes et en matériel. Cette mesure fait entrer le chemin de fer français dans le premier conflit mondial.
- 1916** Pendant la bataille de Verdun, le réseau à voie métrique de la Meuse, grâce aux améliorations qui lui ont été apportées, permet de transporter par jour jusqu'à 2 650 tonnes de matériel, 1 500 hommes de troupe et 930 blessés.



Un des premiers ferry-boats sur la Manche.

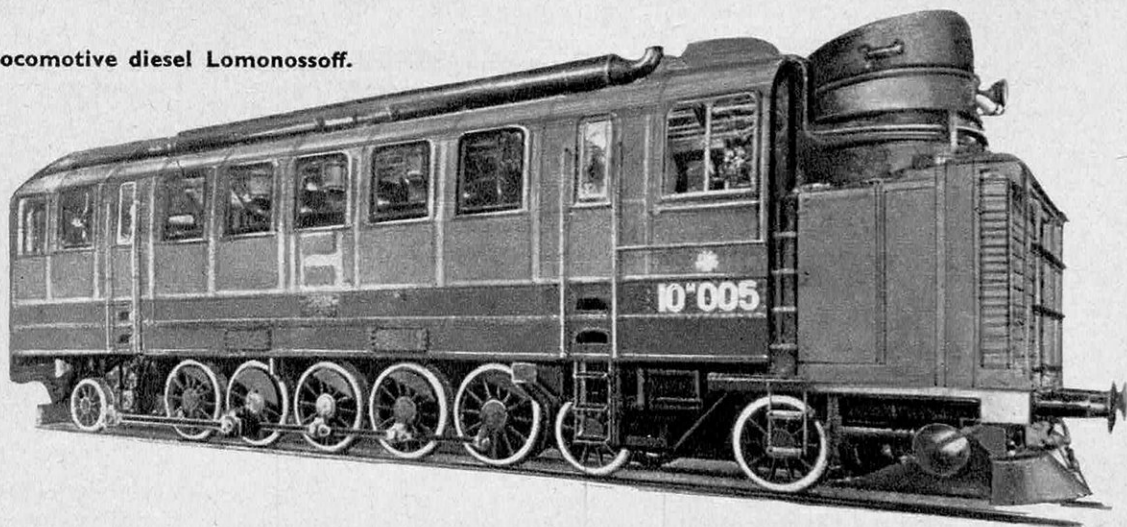
- 1917** Un service de ferry-boats fonctionne entre la France et l'Angleterre pour le transport des trains militaires. La première rame de voyageurs ne traversera ainsi la Manche, de Newhaven à Dieppe, que le 22 février 1918.
- 1918** Le Dispatching system est expérimenté, pour la première fois en France, entre Saint-Nazaire et Givès. Le 11 novembre, l'Armistice mettant fin aux hostilités est signé dans une voiture-restaurant transformée de la Compagnie Internationale des Wagons-Lits à Rethondes. En Suisse, essais de freins électriques à récupération.
- 1919** L'ingénieur finlandais Kylala met au point un type d'échappement pour améliorer le rendement de la locomotive à vapeur. Makhonine effectue, le 15 octobre, le premier trajet sur son électro-train, de Moscou à Leningrad.
- 1921** La signalisation lumineuse diurne et nocturne est expérimentée sur le P.O. Le 5 octobre, un train de voyageurs en tamponne un autre à l'arrêt sous le tunnel des Batignolles. Les réservoirs à gaz cèdent et provoquent un incendie. A la suite de cette catastrophe, les décisions sont prises de supprimer le tunnel parisien et de remplacer l'éclairage au gaz employé sur les trains par la lumière électrique.
- 1922** La Compagnie Internationale des Wagons-Lits qui, du point de vue confort, a joué un rôle capital dans l'histoire du rail, met en service ses premières voitures métalliques avec châssis, toiture, charpente et parois en acier.
- 1923** Les travaux d'électrification à 1 500 volts sous tension continue commencent sur la ligne Culoz-Modane que le P.L.M. est en train d'équiper. Le courant est distribué aux engins de traction tantôt par rail, tantôt par fil à suspension caténaire.

La Mountain du P.L.M. de 1925.



- 1925** En février, le P.L.M. inscrit des machines du type **Mountain** à l'effectif de son parc de locomotives. Ce sont les premières en Europe. L'échappement imaginé par l'ingénieur finlandais Kylala, modifié par l'ingénieur français Chapelon, devient l'échappement Kylchap. Le Nord est le premier des réseaux français à utiliser des voitures de 3^e classe entièrement métalliques et soudées.
- 1926** En Belgique, loi créant la Société Nationale des Chemins de fer Belges (S.N.C.B.). En décembre, s'ouvre à l'exploitation électrique (courant continu 1 500 volts) la ligne Paris-Vierzon, première étape du programme suivant les projets de 1919.

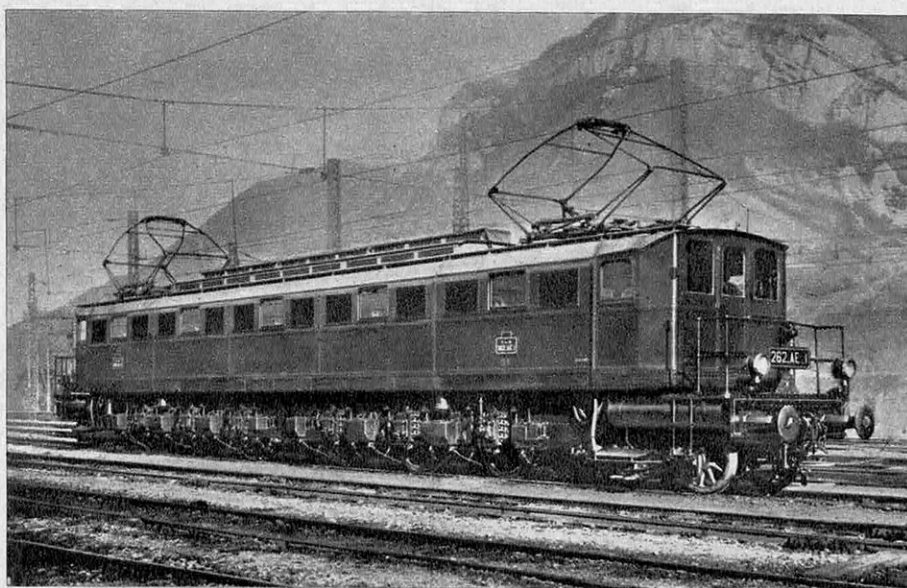
La locomotive diesel Lomonossoff.



1927 Le professeur Lomonossoff réalise en U.R.S.S. une locomotive diesel de 1 200 chevaux qui est la plus puissante unité de ce type à transmission mécanique. En Angleterre, la locomotive Kitson-Still à combustion interne et à démarrage à vapeur est essayée sur le London and North Eastern Railway. En Allemagne, à partir du 3 mars, les essais d'une locomotive Henschel à haute pression se poursuivent.

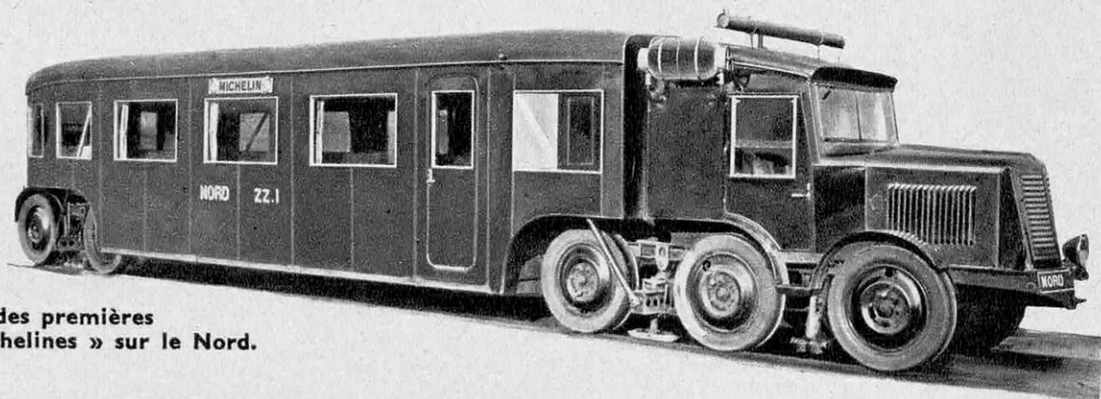
1929 Le 30 octobre de l'année précédente, le P.L.M. avait inauguré la ligne Nice-Coni. Il reçoit cette année, de la Société Oerlikon, la plus puissante locomotive électrique d'Europe (5 400 ch). Le 5 mai, le réseau du Canadian National met à la disposition des voyageurs dans ses trains un service téléphonique par courants porteurs. La première locomotive transformée par l'ingénieur Chapelon entre en service.

1930 Le 10 février, un train radio équipé pour l'émission et la réception circule sur le réseau de l'État. Une locomotive à haute pression Henschel est mise aux essais.



La locomotive Oerlikon 2CC2, la plus puissante d'Europe en 1929.

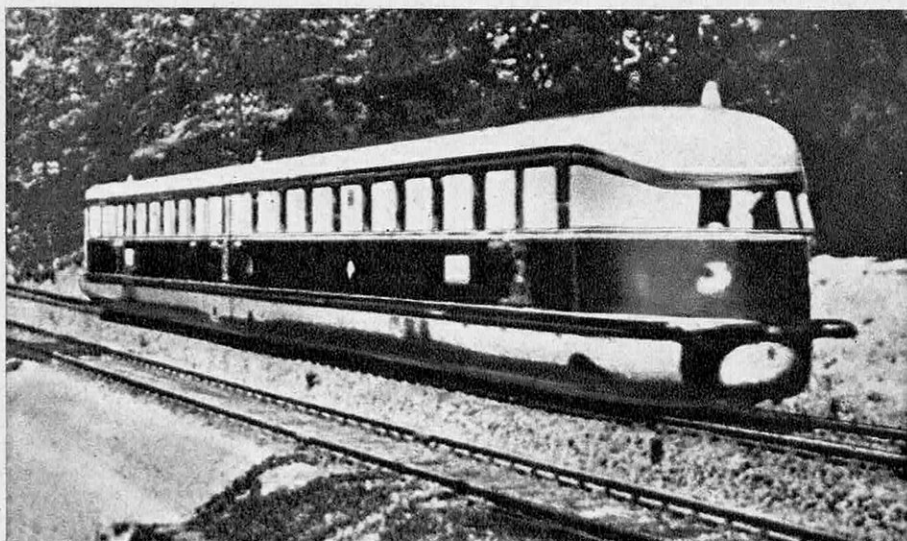
- 1931** Une **Micheline** est présentée officiellement, le 26 janvier, aux dirigeants des grands réseaux français. Il s'agit d'une adaptation du pneu au rail sous licence Michelin. Le 24 mai, une voiture munie d'un système mécanique complet de conditionnement d'air circule sur le Baltimore and Ohio Railroad. Le 28 décembre, une loi française est votée pour la suppression ou l'amélioration des passages à niveau.



Une des premières
« Michelines » sur le Nord.

- 1932** Une locomotive **Santa-Fé** est mise en service sur le P.L.M. qui introduit ainsi de nouveau un type encore inusité en Europe. Au P.O., M. Chapelon métamorphose une locomotive Pacific en **Twelve-Wheel** pour en accroître la puissance.

- 1933** Le 15 mars, en Allemagne, le **Fliegende Hamburger** entre en service sur Berlin-Hambourg. C'est le premier train automoteur rapide diesel-électrique. En France, le 19 juillet, inauguration du prolongement de l'électrification d'Orléans à Tours. Le 27 juillet, un banc d'essais de locomotives est inauguré à Vitry-sur-Seine, et le 30 juillet la gare maritime de Cherbourg. En septembre, la commande centralisée est appliquée entre Houilles et Sartrouville. Une locomotive du réseau d'Alsace-Lorraine, une Pacific S-16, reçoit un **booster** sur le bissel. Ce dispositif, de pratique américaine, ajoute à la machine un essieu moteur d'appoint.



Le « Fliegende Hamburger », automoteur rapide diesel-électrique.



1934

Le **cab-signal** qui équipe des locomotives américaines pour y assurer la répétition des signaux, est expérimenté sur le réseau de l'État. Ce système reçoit par induction un courant codé circulant dans la voie. Le premier des postes de triage automatiques à billes, conçus par M. Robert Lévi, et aujourd'hui généralisés en France, entre en service. Le 23 avril est appliqué un code des signaux unifiant les installations et les significations des couleurs avec l'étranger.

1935 En Angleterre, le **Silver Jubilee**, train rapide du London and North Eastern Railway entre Londres et Newcastle, atteint à deux reprises, le 25 septembre, la vitesse de 180,2 km/h. Mais la France, le 12 novembre de la même année, s'adjuge le record mondial de vitesse en autorail sur le parcours Strasbourg-Paris à la moyenne commerciale de 130 km/h. Il s'agit d'un autorail réalisé par Bugatti.

1936 Le 17 février, le premier autorail à gaz de charbon de bois est présenté sur le réseau de l'État. Le 1^{er} août voit la création des billets de congés populaires à 40 % de réduction. Le 31 décembre, une loi de finances invite le gouvernement à refondre le régime des chemins de fer dans le cadre d'une coordination d'ensemble du service public des transports. Aux États-Unis, les premières applications du contrôle centralisé d'exploitation (C.T.C.) sont faites sur diverses lignes.

1937 Le 10 février, une loi allemande replace la Reichsbahn sur le pied d'une société d'État, dirigée par le ministre des Transports et décentralisée en directions régionales. Le 31 août, une convention confie l'exploitation des sept grands réseaux français à la Société Nationale des Chemins de fer Français (S.N.C.F.). Le P.L.M. met en service deux locomotives diesel-électriques de 4 000 ch à grande vitesse, conçues pour assurer, sans relais de machine, la traction des trains entre Paris et Nice. Ce même réseau avait inauguré, le 22 mai, deux rames aérodynamiques à vapeur sur la ligne Paris-Marseille. En Suisse, la firme Oerlikon construit la première locomotive électrique à convertisseur pour la manœuvre à la butte dans les grandes gares de triage. Cette machine a été commandée par la S.N.C.F.

1938 Le 1^{er} janvier, la S.N.C.F. se substitue aux anciens réseaux français. Le 18 du mois, le Métropolitain régional prend la ligne de Sceaux en charge. En mai, la S.N.C.F. réceptionne une locomotive à chaudière Velox résultant de la transformation d'une machine du parc. Le 26 août, le Transiranien entre en service et, le 19 décembre, aux États-Unis, une locomotive turbo-électrique roule sur l'Union Pacific.

1939 Le 15 mai, deux autorails Alsthom-Soulé sont rattachés au centre de Bordeaux. Ils réunissent sur le même engin les tractions diesel et électrique et sont dits Amphibies. En Suisse, les chemins de fer fédéraux mettent en service la plus puissante locomotive électrique du monde (12 000 ch).

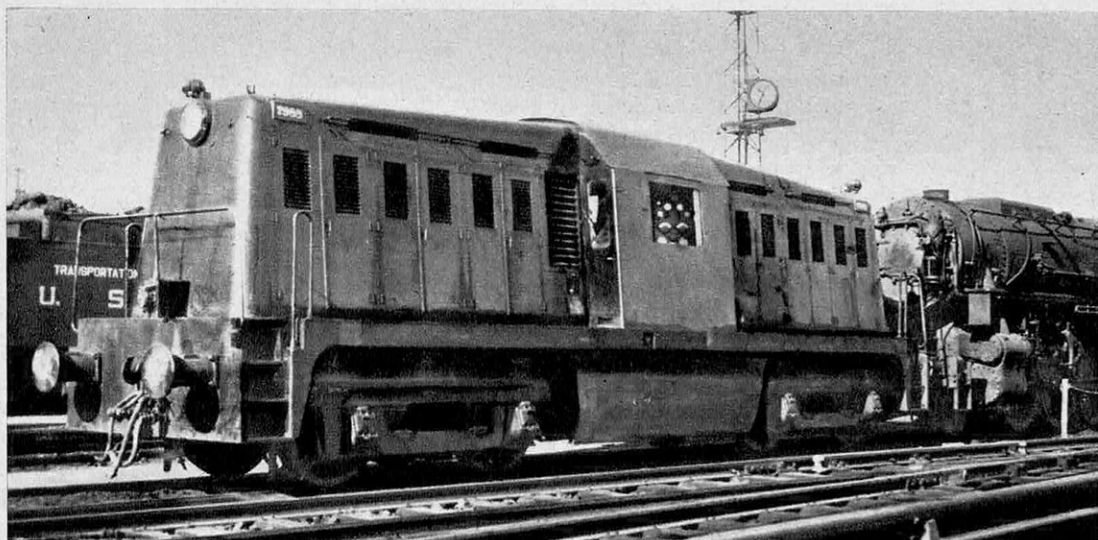
- 1940** En juin, un armistice entre le gouvernement de Vichy et l'Allemagne est signé à Rethondes dans la voiture même où fut conclu l'armistice du 11 novembre 1918. La voiture, transportée ensuite à Berlin, y sera détruite lors d'un bombardement allié. Elle sera, dans la suite, remplacée à Rethondes par un wagon-restaurant d'une série approchante, transformé pour reconstituer la voiture historique.
- 1941** La S.N.C.F. procède aux essais d'une locomotive Schneider à turbine (232-Q-I). Aux États-Unis, le réseau du Pennsylvania Railroad fait, en septembre, les premiers essais de liaison téléphonique du fourgon de queue (cabosse) et de la locomotive par courant porteur à haute fréquence transmis par les rails.
- 1942** En Suisse, des essais sont faits sur les chemins de fer fédéraux d'une locomotive à turbine à gaz. En France, les premières unités de la nouvelle locomotive 141-P entrent en service. C'est la première locomotive construite en grande série par la S.N.C.F. Dans le courant de septembre, des autorails alimentés par le gaz naturel du gisement découvert à Saint-Marcet assurent le trafic dans la région de Toulouse.



La locomotive 141-P remorquant l'express Paris-Granville.

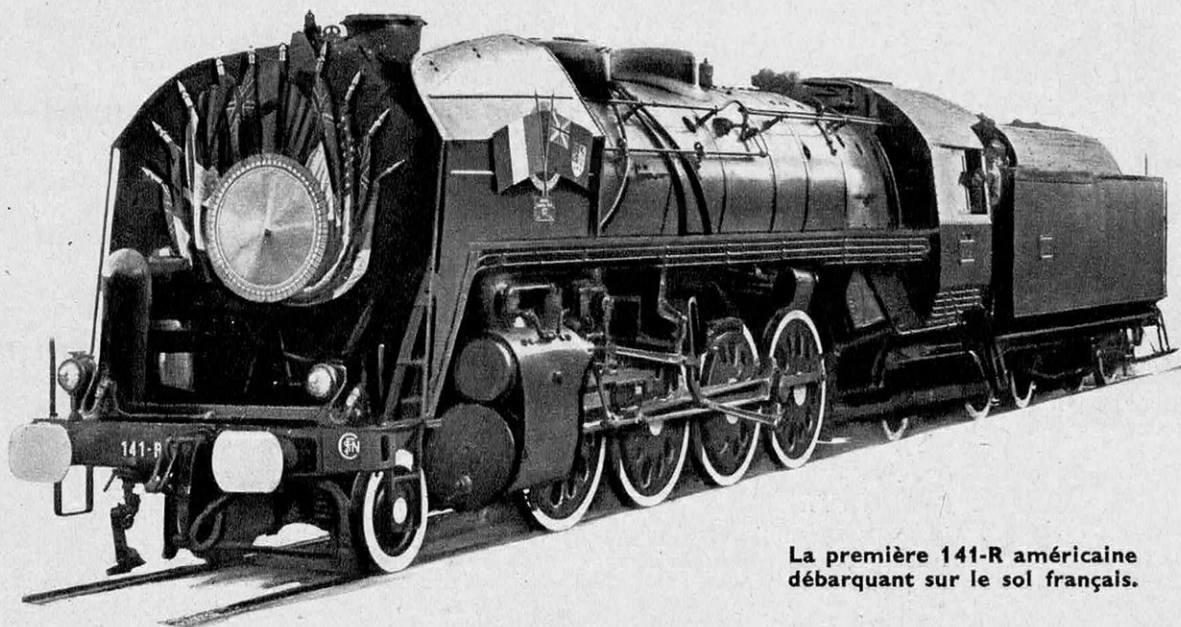
- 1943** La poursuite de l'électrification du réseau français s'active malgré les difficultés causées par les opérations militaires dont le chemin de fer est souvent la cible. Et ainsi, en octobre, la section Brive-Montauban est à son tour électrifiée.

1944 Un matériel ferroviaire nouveau apparaît dans la plupart des pays en conflit. Il s'agit de fabrications de guerre qui, en fait, ne lui survivront guère. Telles furent les locomotives 150-X allemandes, Austerity anglaises et celles à vapeur ou diesel-électrique qui furent mises en service par le Transportation Corps américain.



Locomotives diesel-électrique et vapeur du Transportation Corps.

1945 Le 17 novembre, les premières locomotives de la série 141-R construites aux États-Unis pour le compte de la S.N.C.F. sont débarquées à Marseille. Ces machines, destinées à compenser les pertes importantes subies pendant les hostilités, auront une part active dans la reprise du trafic sur la S.N.C.F. dont les voies renaissent rapidement des dégâts et des ruines. Plus de 1 300 locomotives de ce type, dotées d'organes principaux identiques, seront mises en service entre 1945 et 1947.



La première 141-R américaine débarquant sur le sol français.

- 1946** La S.N.C.F. procède aux essais, sur la région Sud-Ouest, d'une locomotive électrique prototype CC.6001, tandis que, pour la vapeur, la locomotive 242-A-I, qui résulte de la transformation de la Mountain État (241-101), effectue ses premières sorties et que la région Sud-Est expérimente une locomotive à haute pression et à moteurs attaquant séparément les essieux (232 P-I).
- 1948** Le 6 janvier, un train automoteur parcourt les 512 km de Paris à Lyon en 5 h 07 et enlève ainsi le record de vitesse dans sa catégorie. Le 4 novembre, a lieu le voyage officiel d'une rame sur pneumatiques affectée à la ligne Paris-Strasbourg. Deux autres rames seront mises en circulation au cours des premiers mois de 1949.
- 1949** Les chemins de fer britanniques, dont la nationalisation est effective depuis le 1^{er} janvier 1948, réalisent à leur tour une locomotive à turbine à gaz. Le 19 septembre roule aux États-Unis un autorail Budd dont le confort et les caractéristiques mécaniques retiennent l'attention. En France, la S.N.C.F. met en circulation des voitures tout acier rationnellement étudiées par M. Forestier.
- 1950** Les études poursuivies à la S.N.C.F. sous l'égide de M. Lévi pour améliorer la voie conduisent à l'utilisation de rails soudés en barres de 800 m reposant par des attaches doublement élastiques sur des traverses mixtes, acier et béton, dites traverses R.S. (Roger Sonnevile). Cette voie moderne «à la française» allait être largement adoptée sur de nombreux réseaux du monde. L'année reste en France sous le signe du prestige ferroviaire puisqu'elle marque aussi la naissance d'un train qui deviendra vite célèbre sous le nom de **Mistral**. En Espagne, une formule très nouvelle apparaît avec le **train Talgo**. Il s'agit d'une rame articulée montée sur essieux isolés et rayonnants et tirée par une locomotive diesel-electrique de 800 ch.



Une rame articulée Talgo sur la ligne Madrid-Irun.

1951 Le 24 janvier, la Société Transfea inaugure un centre d'échange d'essieux à Hendaye pour le passage, à la frontière franco-espagnole, d'un matériel roulant à marchandises spécialement étudié. Un second centre d'échange d'essieux fonctionnera à Cerbère, à partir du 15 mai, entre l'écartement normal français de 1,432 m et ibérique de 1,668 m. Le 1^{er} mai, est présenté sur la S.N.C.F. le premier wagon du pool européen immatriculé «Europ». En novembre, le Métropolitain de Paris expérimente une voiture automotrice montée sur pneus routiers, se déplaçant non plus sur les rails habituels mais sur deux pistes de roulement.

1952 Le 24 juin, la traction électrique est inaugurée officiellement sur la ligne de Paris à Lyon. Le 9 juillet, une locomotive construite par la Régie Renault, équipée d'un générateur SIGMA à pistons libres et d'une turbine à gaz Rateau, effectue une course de présentation sur le parcours Paris-Versailles et retour. Les essais seront ensuite poursuivis sur la ligne Paris-Cambrai.



La locomotive à générateur à pistons libres et turbine à gaz.

1954 Le 21 février, la locomotive CC 7121 bat le record mondial de vitesse sur rails avec 243 km/h entre Dijon et Beaune. Le 11 mars, sont inaugurées sur la région Sud-Est de nouvelles automotrices de banlieue en acier inoxydable. En juillet, de nouvelles locomotives entrent en service sur l'artère Nord-Est électrifiée à 25 000 volts, 50 périodes (BB 12.001, BB 13.001 et CC 14.001).

1955 Les 18 et 29 mars, le record de vitesse est porté à 331 km/h par les locomotives CC 7107 et BB 9004. Une locomotive bi-courant circule entre Aix-les-Bains et Annecy tandis que de nouvelles machines diesel-électriques entrent en service. La locomotive CC 7147 bat le record d'endurance avec 438 324 km en 220 jours.

1956 Le 3 juin, la suppression d'une classe dans les trains de voyageurs, décidée en 1954 par les pays européens adhérant à l'Union internationale des chemins de fer, le Portugal et l'Espagne exceptés, est rendue effective sur la S.N.C.F. Le 18 juillet, présentation du matériel à air conditionné du Mistral. Une nouvelle série (060DB) de locomotives diesel-électriques s'ajoute au parc moteur de la S.N.C.F.

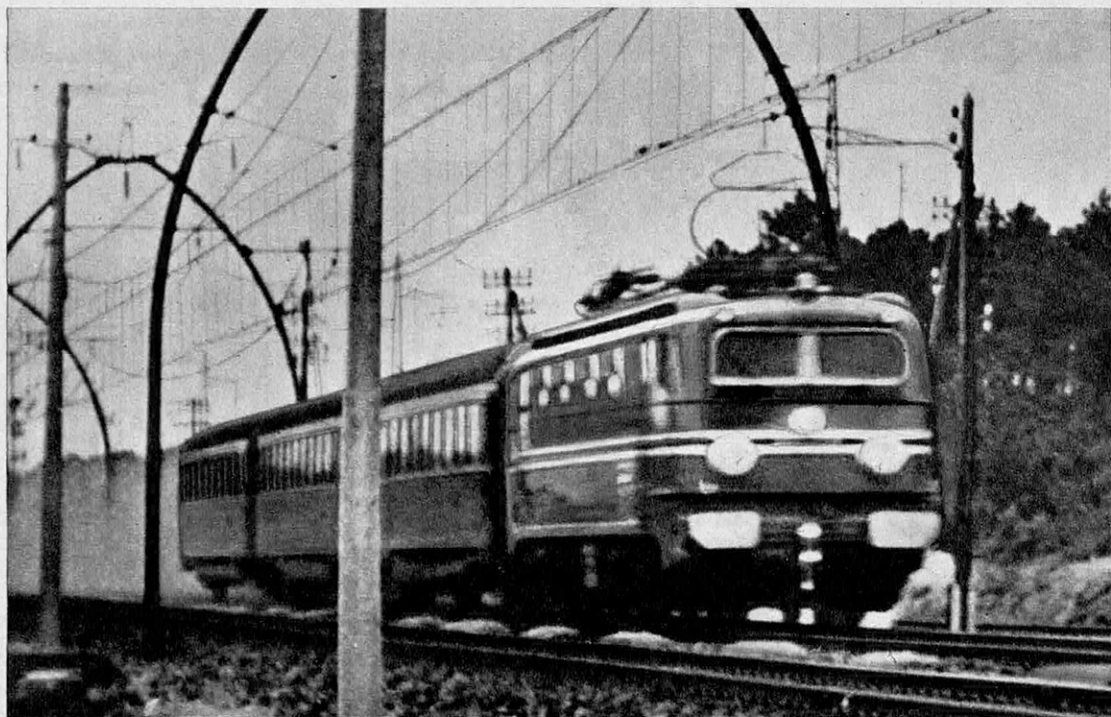
1957 Le 2 juin est mis en route le nouveau service Trans-Europ-Express. Le même jour, le Mistral améliore encore sa marche avec une vitesse autorisée à 150-160 km/h. Ce mois de juin verra les premiers essais d'une locomotive électrique à grande vitesse (BB 9201) pour le continu 1 500 volts, tandis qu'une autre série (BB 16.001 à 16.051) sortira pour circuler, sous courant monophasé 25 000 volts, 50 Hz, sur la grande artère Nord-Est (Lille-Valenciennes-Hirson-Charleville-Longuyon-Thionville-Metz-Strasbourg-Mulhouse-Bâle) dont l'inauguration sera fêtée le 10 octobre.

1958 En juillet se tient à Paris une Exposition de l'électronique ferroviaire présentant: le téléphone à la disposition des voyageurs tel qu'il sera réalisé l'année suivante dans les trains en marche Paris-Lille; la liaison téléphonique avec les mécaniciens et les trains en marche; la liaison radiotéléphonique avec appareils portatifs pour les manœuvres et les triages; la télécommande par radio d'une machine, etc.

1959 Le 7 janvier, un train spécial entre en gare de Lille après avoir inauguré la traction électrique sur les 258 km qui séparent Paris de la capitale des Flandres. Un train composé de voitures-lits et de wagons pour le transport des automobiles est mis en circulation entre Paris et Avignon. Une rame analogue avait été inscrite à l'horaire en 1957 pour conduire jusqu'à Lyon les touristes anglais débarquant à Boulogne. En 1960, ces trains d'automobiles accompagnées s'étendront aux parours Avignon-Liège-Amsterdam et Avignon-Berne-Zurich pendant l'été.

1960

H. GIROD-EYMERY et J. FALAIZE

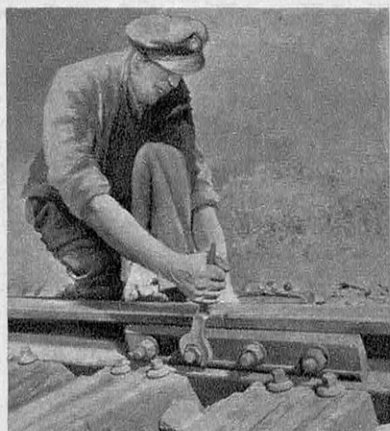


La locomotrice CC.7107 à 331 km/h.

Les travaux de la voie à l'ère des dos courbés



Le desserrage des boulons.



Le serrage des attaches à la clé à tirefonds.



Le désherbage des voies à la main.

LA VOIE





Examen au miroir.



Le bourrage à la batte.



L'entretien des voies à l'ère de la mécanisation

*Je suis un poseur de rails
Comme l'était mon père.
Je me suis mis au travail
Quand la mort lui dit : « Vieux frère ».
Hé hop!... Hé hop!...
J'ai hérité le chemin
Que mon bonhomme de père
Avait suivi comme un chien
Jusqu'à son heure dernière.*

Ces couplets chantés par l'interprète de « Julie la Rousse » ne traduisent-ils pas l'avis de certains lecteurs sur le métier des « gars de la voie », et l'objet même de cet article ne les surprendra-t-il pas ? Comment le progrès de la technique peut-il avoir prise sur un métier aussi désespérément artisanal ?

Voilà précisément ce que nous allons essayer de montrer, car, n'en déplaise à René Louis Lafforgue, les cantonniers poseurs de 1960 ne sont plus ceux qu'apercevait M. Perrichon entre deux poteaux télégraphiques: silhouettes de rudes gaillards hâlés, courbés dans la fournaise de l'été, sous le poids d'une tâche barbare, courbés pour piocher le ballast, courbés pour démonter les éclisses, courbés pour désherber, courbés pour serrer les tirefonds, courbés pour regarder les rails, ...

Courageux ! certes :
« On oublie le mal de rein
On n'est pas des demoiselles ».

Courageux, mais non résignés, puisque peu à peu, par la vertu d'un progrès auquel ils ont eux-mêmes contribué, nos gars, sans

être pour autant des demoiselles, se sont redressés, à tous égards d'ailleurs, pour le plus grand bien des voyageurs dont ces progrès techniques ont permis d'améliorer la sécurité et le confort.

Avant de donner d'autres exemples, rappelons que dans un numéro hors série de 1952, Science & Vie mentionnait déjà le soufflage qui a depuis longtemps effacé l'image du « bourrage » à la batte pour la remplacer par celle, combien plus humaine, de l'équipe de nivellement par soufflage mesuré.

La voie sur attaches élastiques

Depuis le soufflage, l'événement le plus spectaculaire dans cet ordre d'idées a été la suppression des joints et, avec eux, de toutes les tâches d'entretien qu'ils réclament.

Il se double d'une autre révolution qui lui est nécessairement associée : l'attache élastique vient supprimer, ou tout au moins espacer très largement les travaux de consolidation d'attaches, débardage, remplacements ou resabotage de traverses entre les renouvellements en grand.

Beaucoup de peine est ainsi évitée aux brigades grâce aux progrès de la soudure, du caoutchouc et des aciers à ressort. Le numéro précité de Science & Vie a paru lorsque ce nouvel équipement venait de naître et il en donnait déjà les caractéristiques : semelles en caoutchouc cannelées sous le rail, deux lames d'acier spécial à ressort par-dessus, griffons ou crapauds selon que la traverse est en bois ou en béton.

Quant aux longs rails soudés, le mythe des jeux de dilatation était tellement ancré dans les esprits qu'il a fallu beaucoup de prudence et de persévérance pour l'exorciser.

Une variation de la température de 40° provoque, dans un rail de profil courant, lorsque la dilatation est rendue impossible, un effort

peu inférieur à 10 kg/mm ? Cette contrainte est faible à côté de la résistance du métal, mais la résultante pour deux rails de 50 kg peut dépasser 100 t, d'où la crainte de déformations par la chaleur ou de lacunes trop ouvertes en cas de ruptures par grands froids. Comment les éviter ?

M. Robert Lévi, alors Directeur des installations fixes, s'est attaché à prouver que le seul poids de la voie et le frottement des traverses sur le ballast suffisaient à la condition que les contraintes ne se concentrent pas sur un certain point, mais se répartissent uniformément sur la longueur du rail. C'est le rôle dévolu aux attaches élastiques qui ont en plus l'avantage de protéger la table de la traverse contre les effets des vibrations.

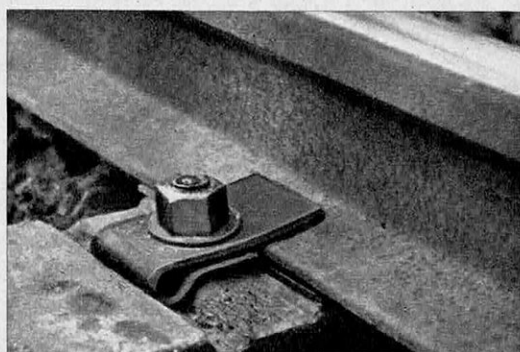
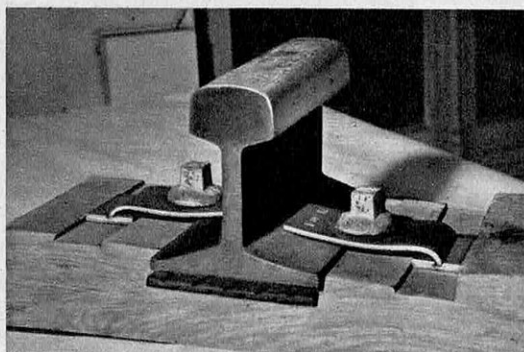
Les rails en barres longues

C'est en 1949 que la S.N.C.F. a été autorisée à entreprendre ses premiers essais de longs rails et, depuis, les applications ont progressé avec prudence, à mesure que l'expérience confirmait le bien-fondé des espérances. Actuellement, on pose en longues barres 800 km par an, c'est-à-dire toutes les parties du programme dont la situation s'y prête. Font seulement exception les sections comportant un tracé ou une plate-forme difficiles, ou de nombreux appareils. La longueur totale des voies ainsi équipées est de 6 400 km (fin 1960) et les résultats sont, tant du point de vue de la tenue de ces voies que du confort des voyageurs et des économies d'entretien, entièrement satisfaisants.

Quels ont été les facteurs essentiels de cette révolution ?

En ce qui concerne les *semelles en caoutchouc*, il a fallu bien des tâtonnements.

Les premières semelles étaient réalisées avec un mélange servant à la fabrication des bottes en caoutchouc. Elles accusaient rapide-



La voie sur attaches élastiques, sur traverses en bois à gauche, à droite en béton.

ment un fluage important, c'est-à-dire qu'elles s'écrasaient et refluaient des deux côtés du patin. Au bout d'un certain temps, elles se désagrégaient.

La recherche de mélanges nouveaux l'amélioration des conditions de fabrication en grande série ont permis de réaliser finalement des semelles excellentes et qui le restent.

Pour les *attaches élastiques*, c'était un problème de métallurgie. La composition de l'acier et le traitement thermique ont bénéficié des progrès de la technique moderne des aciers à ressort. De nombreuses vérifications par contrôle statistique aux différents stades de la fabrication : découpage, pliage, traitement thermique, revenu et « pièce terminée » ont permis, à défaut de spécifications de réception précises, d'avoir des garanties assez sûres sur la tenue en service des griffons et des crapauds.

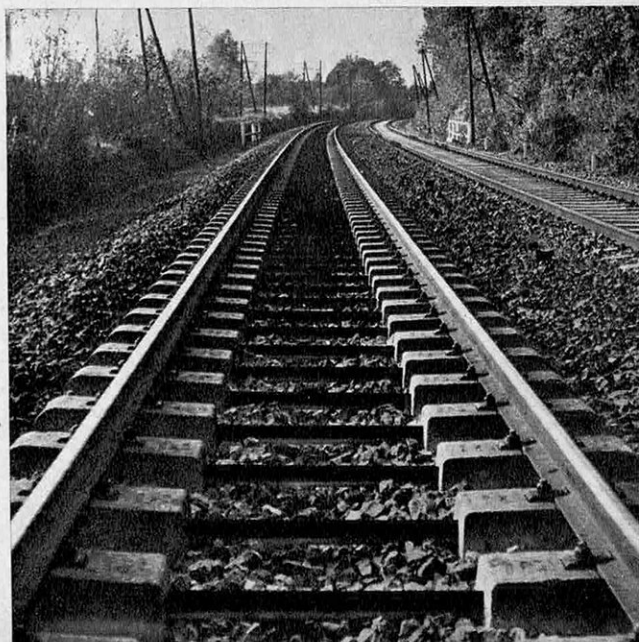
Leur résistance aux agents atmosphériques a été renforcée par le traitement des surfaces : grenaillage, phosphatation et peinture spéciale.

La soudure des rails

Quant aux *rails* eux-mêmes, il fallait, à partir des rails de 18 m ou 24 m (longueurs que les usines métallurgiques ne pouvaient guère dépasser) réaliser des rubans sans joints de très grande longueur, séparés par des appareils spécialement conçus pour absorber la dilatation aux extrémités de ces rubans.

On commença en opérant sur place, par soudure aluminothermique. Divers perfectionnements furent apportés à cette opération. Par l'emploi d'appareillages appropriés, la plus longue partie du cycle de soudure, le préchauffage, a pu être considérablement écourtée. On utilise des combustibles enrichis, oxygène-propane, propane seul, ou mélange air-essence. On emploie d'autre part des moules préfabriqués dont le tracé a été étudié pour assurer une meilleure répartition de la chaleur dans les parties minces du profil et pour réduire au minimum la surépaisseur du bossage de la soudure, principalement sous le patin, de façon à diminuer la fragilité de « forme » inhérente à la présence de ce bossage; par ailleurs, la disposition judicieuse des canaux de coulée permet d'obtenir des soudures remarquablement saines. La section des appendices de coulée a été

En haut, barres longues sur traverses en bois →
en bois; au centre, sur béton pré-
contraint; en bas, sur traverses mixtes.



réduite au minimum, ce qui diminue le travail de meulage nécessaire pour le parachèvement de la soudure.

Des essais sont en cours pour exécuter les soudures sans préchauffage, en utilisant des mélanges aluminothermiques dégageant une quantité de chaleur plus importante.

Cependant, la soudure par tous les temps, sur le chantier, de barres dilatables n'est pas une opération très commode et elle coûte assez cher, si bien que très rapidement on prit le parti de faire passer les rails par les ateliers où ils furent soudés *électriquement par étincelage* en tronçons élémentaires dont la longueur va maintenant jusqu'à 300 m. Ces barres sont transportées dans des rames spécialisées et déchargées « en bout » sur le terrain. La soudure s'exécute alors sur des machines à fonctionnement entièrement automatique. Le facteur personnel n'intervient pratiquement pas dans la qualité des soudures qui est étroitement liée à la régularité du cycle de fonctionnement des soudeuses. Des appareils enregistrant les principaux facteurs en jeu (intensité, course et pression de refoulement) permettent le contrôle efficace de cette régularité. L'outillage de parachèvement des soudures a évolué dans le même sens, en particulier l'ébavurage s'exécute mécaniquement en une seule passe à chaud, ne laissant subsister qu'une faible surépaisseur au droit de la soudure. Seul le moulage de finition du champignon ainsi que le dressage à la presse font encore appel à l'intervention manuelle.

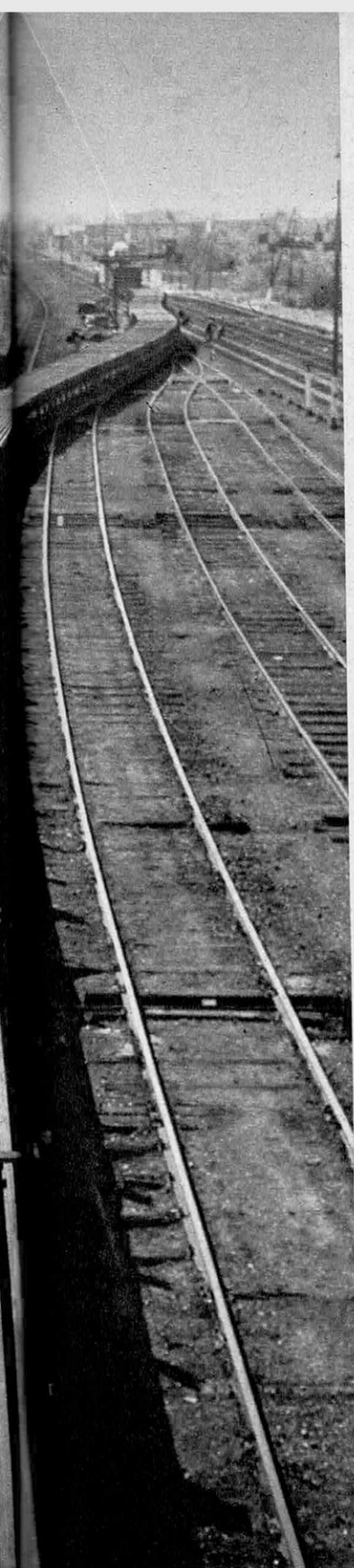
Il est remarquable de constater que toutes les opérations de parachèvement ont pu s'inscrire dans le temps imparti pour l'exécution d'une soudure, ce qui a permis l'organisation de grande longueur à rendement élevé. Les ateliers de soudure ont livré jusqu'au 1^{er} janvier 1960 plus de 360 000 soudures électriques de barres de grande longueur.

Le renouvellement des voies

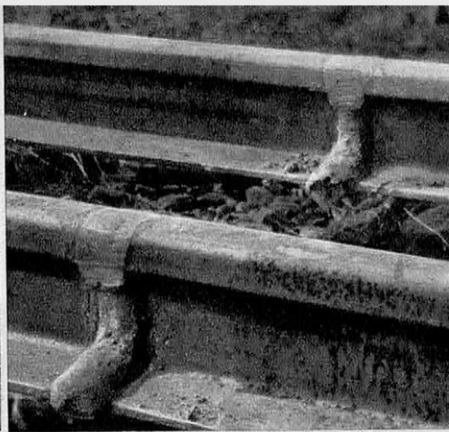
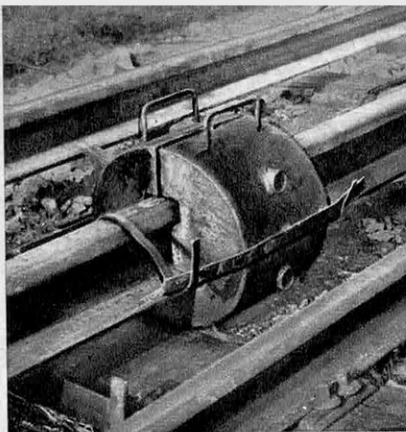
La méthode de pose a varié. A l'heure actuelle, on opère généralement ainsi : Après épuration du ballast et dépose de la voie ancienne, dépose facilitée par la présence des rails approvisionnés qui servent de chemin de roulement pour les portiques de dépose, les traverses sont mises en place, les longs rails ripés sur celles-ci et immédiatement agrippés par les attaches élastiques. La soudure se fait ensuite par aluminothermie pour obtenir de longues barres de 800 m, longueur généralement adoptée, reliées entre elles par des appareils de dilatation à aiguilles. Ces appareils constituent des « soupapes » qui per-



La surprenante souplesse des rails de 300 m



en route vers le chantier.



Soudure sur place de longs rails par aluminothermie.

La pose de la voie

APRES épurage mécanique du ballast, le chantier est approvisionné en barres longues chargées sur des rames spéciales. On voit à gauche un tel convoi emmenant 14 longueurs de rails, chacune de 300 m environ. Ces barres sont déchargées en bout de part et d'autre de la voie à renouveler qui est déposée. Sur les nouvelles traverses mises en place, les longs rails sont fixés par des attaches élastiques, puis les éléments sont soudés bout à bout par aluminothermie (ci-dessus) pour obtenir des barres de 800 m. Ces longues barres sont reliées entre elles par des joints spéciaux en biseau (ci-dessous) qui leur permettent de se dilater tout en maintenant la continuité de la table de roulement.



Joint spécial sur une ligne équipée en barres longues.



**Un groupe de contrôle des rails :
voiture électromagnétique et draisine avec des appareils à ultrasons.**

mettent la « respiration » des longues barres.

Afin d'éviter des efforts de tension et de compression excessifs aux températures extrêmes, on opère l'agraffage et la soudure à l'intérieur d'une plage de température (+ 14° et + 36°). En cas de pose hors ces limites, on procède plus tard à une « libération des contraintes » après avoir desserré les attaches et soulevé les barres sur rouleaux.

L'entretien des longs rails est délivré de toutes les opérations concernant les joints. Il se réduit, pour l'instant, à une surveillance des attaches, sur lesquelles on a très rarement à intervenir, et au nivellement qui s'effectue avec les procédés classiques.

Le soufflage et le soufflage discontinu, en particulier, donnent d'excellents résultats. Mais, ces opérations déconsolidant provisoirement les voies, on opère avec des précautions spéciales et aux températures moyennes. La réparation des ruptures se fait sans difficulté par élimination d'un coupon de 4 m et soudure d'un coupon sain équivalent.

Il est trop tôt pour donner des chiffres d'économie définitifs, car la vie d'une voie comprend deux phases : dans sa jeunesse, elle se contente de rectifications de nivellement et de dressage, mais, lorsqu'elle mûrit, il faut réparer ou remplacer des matériaux.

Dans la première phase, les économies sont incontestables et la très faible dépense supplémentaire d'équipement propre aux

longues barres se trouve couverte très rapidement. Sans préjuger de ce que sera la deuxième phase, il y a tout lieu d'espérer que l'absence de joints et la présence des attaches élastiques retarderont le passage de l'une à l'autre phase et prolongeront la vie des matériaux.

Recherche des défauts et prévention des ruptures de rails

Longtemps, l'agent du service de la voie n'a disposé que de son expérience professionnelle pour surveiller les rails en ligne; il sondait au marteau les extrémités éclissées et démontait l'éclissage pour un examen plus complet lorsque le son rendu laissait supposer une fissuration. Il surveillait l'évolution des avaries découvertes dans les éclissages ou visibles sur les rails pour procéder à des déposes opportunes et, si possible, groupées. Cependant, les taches ovales — fissures de fatigue naissant à l'intérieur du champignon du rail — entraînent souvent une rupture avant de déboucher en surface; de nombreuses taches ovales intéressent ainsi une fraction importante de la section du rail sans que rien n'ait décelé leur présence.

Aussi, les services de surveillance ont-ils été dotés de moyens techniques de détection de ces fissures internes. La S.N.C.F. dispose à cet effet de deux méthodes d'investigation



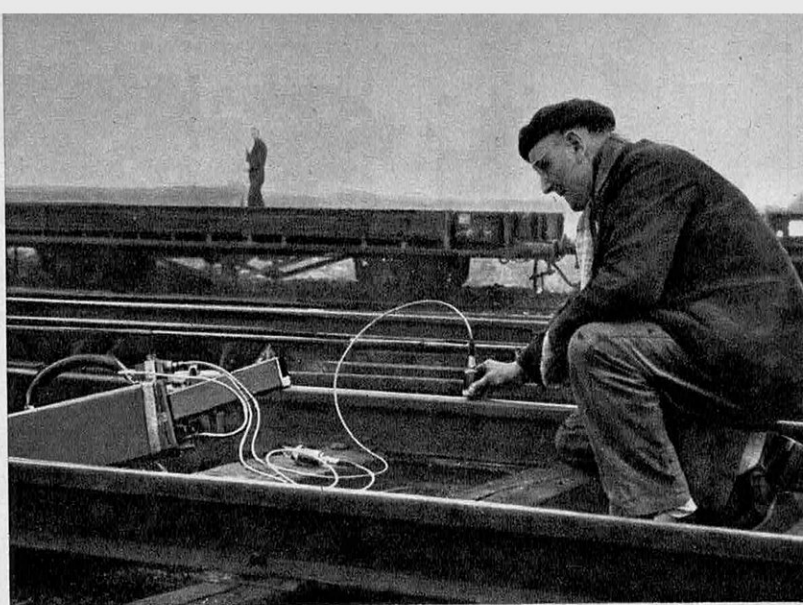
La détection des fissures internes pour la prévention des ruptures de rails

L'AUSCULTATION des rails combine deux méthodes non destructives fondées sur des principes différents. On voit ci-dessus l'ensemble d'un groupe de contrôle avec l'autorail qui le remorque. La voiture électromagnétique signale les endroits avariés et le matériel ultrasonore portable de la draine précise le diagnostic. Un matériel analogue sur un chariot étudie les zones d'appareils de voie qui n'ont pu être contrôlés par la voiture.

adaptées au service du chemin de fer et basées l'une sur des procédés électro-magnétiques, l'autre sur des procédés ultrasonores.

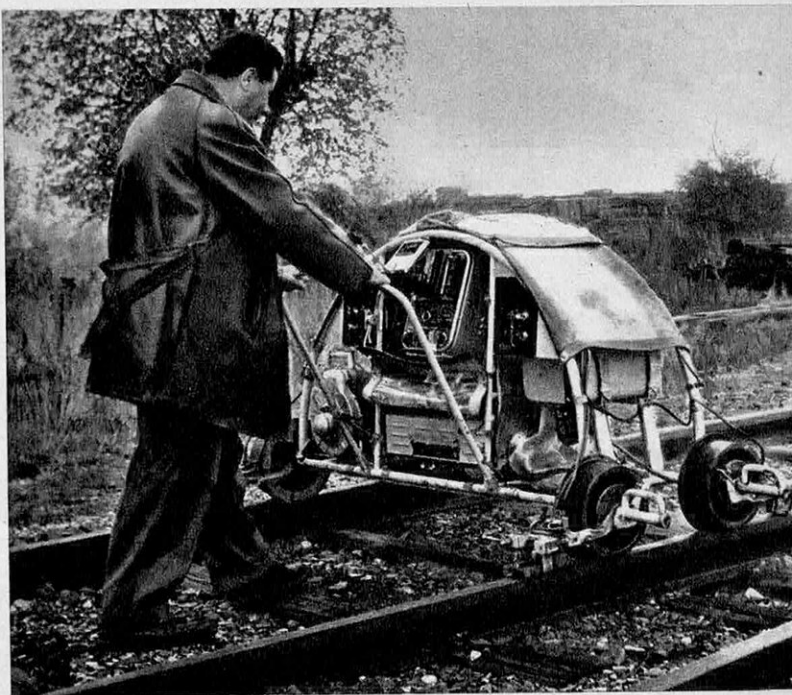
Le matériel d'auscultation disponible comporte actuellement :

a) deux groupes de contrôle mis en service, l'un en 1953, l'autre en 1956, constitués chacun d'un engin de traction, d'une voiture électromagnétique signalant les endroits avariés, à l'exclusion des zones d'appareils de



Matériel portatif ultrasonore de la draine.

Chariot léger pour l'auscultation ultrasonore.



voie, d'une draine équipée de matériels portatifs ultrasonores permettant de vérifier les indications données par la voiture, d'un matériel mobile ultrasonore monté sur un chariot maniable par un homme, servant à l'examen des zones d'appareils de voie non contrôlés par la voiture. Ce chariot est transporté sur un véhicule routier de gare à gare et enraillé à proximité des appareils. L'examen des rails par deux méthodes basées



sur des principes physiquement différents assure une auscultation précise. Chaque groupe de contrôle progresse, dans son ensemble, à 10 km/h et permet l'examen annuel de 4 500 km de voies environ.

b) des chariots mis en service en 1959, équipés de sondeurs ultra-sonores et permettant l'examen de parcours hors du programme des groupes ci-dessus. Ces chariots, de faible poids, sont facilement enraillables et déraillables. Poussés en voie par un homme, ils permettent de travailler à 4 km/h en parcours continu, d'examiner les extrémités rechargées des rails, de rechercher les fissures de l'âme du rail dans la partie éclissée.

Le matériel d'auscultation dont le but principal est d'accroître l'efficacité des services d'entretien du point de vue sécurité des transports, joue également un rôle important dans le bilan économique de l'entretien des voies. Il permet, en particulier, dans certains cas, de différer des renouvellements de rails que la prudence, en l'absence d'auscultation, aurait imposés dès la constatation d'un certain nombre de ruptures. D'autre part, le retrait des rails tarés d'un parcours peut se faire en une seule fois, dans les meilleures conditions et par ordre d'urgence au lieu du remplacement isolé des rails au fur et à mesure des ruptures fortuites. Enfin, l'importante diminution du nombre des ruptures de rails

en voie entraîne une diminution corrélative des arrêts intempestifs des trains.

Les ateliers-magasins sont chargés de trier et régénérer les rails qui ont déjà été utilisés en voie et sont destinés aux usages suivants :

- Remploi sur lignes à faible trafic de lots de rails déposés sur lignes à fort trafic et susceptibles de servir encore après recoupe des abouts;

- Remplacement de rails avariés par des rails d'usure déterminée, pouvant être obtenus par soudure de rails sains;

- Rails de raccords de profils différents;

- Rails de longueur spéciale.

Il est bien certain que ce matériel doit être exempt de défauts, qu'ils soient visibles ou non. À cet effet, des postes fixes automatiques d'auscultation ultra-sonore des rails ont été mis en service dans les ateliers-magasins de la voie.

La mécanisation de l'outillage

En 1952, Science & Vie indiquait déjà la multiplicité des tâches qui incombent aux cantonniers de la voie et les premiers pas alors accomplis dans ce domaine. Primitivement, on travaillait sans programme établi, suivant les nécessités du moment et au moyen d'outils rudimentaires : pioches, battes à bourrer,



← **A gauche, le dressage des voies tel qu'il était effectué « à la pince » ; avec le cric hydraulique, quatre hommes suffisent pour « riper » la voie.**

pincettes à riper, clés à main diverses. Mais le souci de réduire la peine de ces hommes, tout en augmentant le rendement et la qualité de leur travail, a incité les ingénieurs de la S.N.C.F. à développer la mécanisation des opérations d'entretien partout où c'était rentable.

Les progrès réalisés dans la technique des petits moteurs légers (conduite facile par un seul homme, facilité de dégagement hors des voies, poids limité, robustesse, contrôle de l'effort exercé) ont été mis à profit de plus en plus, et des engins très maniables peuvent maintenant être mis sans surveillance spéciale entre les mains des équipes de la voie qui en assurent elles-mêmes l'entretien courant et les petits dépannages.

La disposition générale est la suivante :

- le moteur, porté par un châssis léger roulant sur les rails, est poussé à l'aide d'un brancard à la manière d'une brouette ;

- les manettes de commande sont fixées sur les poignées du brancard. Entre ces poignées, au-dessous d'elles, se trouve la tête active animée par le moteur. Le conducteur la voit bien et la met en place facilement.

Cette tête a été adaptée à toutes sortes de fonctions exercées autrefois à la main par les ouvriers de la voie au prix de beaucoup de fatigue : desserrage et dévissage, serrage et vissage des tire-fond et des boulons d'éclisses,

délardage des tables d'appui des rails sur les traverses pour refaire les épaulements sous les tire-fond, perçage, gougeage et alésage des trous de tire-fond, etc...

Il faut également signaler certains engins à usages multiples tels que : détirefonneuse-gougeuse, perceuse-aléuse, qui permettent à un seul agent d'exécuter successivement deux opérations différentes au moyen du même engin muni de deux leviers, et aussi des tirefonneuses-boulonneuses qui, grâce à une tête combinée pouvant pivoter de 180°, sont utilisées soit en tirefonneuse, soit en boulonneuse.

Toutefois, si l'emploi de tels engins est d'un grand intérêt dans la plupart des cas, il en est où la puissance d'un outil motorisé serait disproportionnée avec le travail à exécuter. C'est ainsi, par exemple, que si le desserrage des tire-fond s'y prête parfaitement, il n'en est pas de même pour les travaux de resserrage périodique des attaches où il suffit de faire tourner le tire-fond d'un quart de tour environ et où la puissance d'un moteur risque de déverser la partie supérieure du tire-fond par un serrage excessif, ou de détériorer son support.

Des tirefonneuses très précises

On a donc été amené tout d'abord à utiliser des tirefonneuses à deux vitesses permettant un desserrage rapide avec couple maximum, un serrage rapide d'approche, suivi d'un fin serrage lent commandé par un dispositif limiteur d'effort faisant varier la valeur du couple de friction de l'embrayage.

Plus récemment, sur la voie moderne armée avec attaches élastiques, il est devenu nécessaire d'obtenir une précision de serrage avoisinant 0,5 mm. Le procédé adopté pour exécuter cette opération délicate consiste à mesurer au préalable avec une jauge graduée la quantité dont le tire-fond doit être descendu, puis à réaliser le serrage mesuré au moyen d'une tirefonneuse spéciale dont l'action s'interrompt par déclenchement automatique dès que la descente a atteint la cote exacte voulue.

Mais, divers facteurs (variations rencontrées dans la dureté du bois, tolérances dans les dimensions des trous et des tire-fond)

rendent parfois difficile le dosage exact du couple de serrage correct. Le serrage à main avait l'avantage de permettre aux agents de mieux doser leur effort. L'esprit inventif de l'un d'entre eux a permis de conserver cet avantage, sans renoncer à ceux déjà acquis, en mettant au point une tirefonneuse manuelle qui permet à un seul homme de faire cette opération plus rapidement et plus commodément que deux hommes munis de la clé ancienne. Sa légèreté permet de la manœuvrer très facilement.

Le dressage des voies

Une autre opération, le dressage des voies, était exécutée depuis toujours « à la pince », c'est-à-dire que les ouvriers de la voie, ayant fiché des pinces dans le ballast, exerçaient simultanément et au commandement des chocs répétés sur le bord du patin du rail. Ce travail exigeait des efforts violents de la part du personnel et nécessitait la réunion d'effectifs dépassant souvent ceux des équipes normales. Ce problème du dressage a été résolu grâce à l'emploi d'un autre outil à main, le cric hydraulique; cet appareil, qui ne pèse que 24 kg, a été conçu pour faciliter le travail des équipes de soufflage et permet, moyennant l'addition d'un patin spécial, de réaliser un ripage de la voie par translation sans renforcer les équipes à faible effectif. Il suffit en effet de quatre hommes.

Il n'est pas exclu que de nouveaux progrès soient réalisés et les recherches se poursuivent en vue d'étendre la mécanisation à d'autres tâches, par exemple le dégarnissage avant soufflage qui est, bien que réduit à peu de chose, une des dernières survivances des temps primitifs.

Le désherbage chimique

Bien que le terrain, pierre cassée plus ou moins polluée, soit naturellement peu hospitalier, la végétation, si elle n'était pas contrôlée, se développerait cependant rapidement, notamment à partir des bas-côtés. Il faut donc désherber les voies et leurs accotements.

La superficie est énorme : plus de 40 000 hectares, les 9/10 correspondant aux 80 000 km de voies principales et de service; le désherbage manuel peu efficace et d'un mauvais rendement (chaque cantonnier devrait maintenir propre plus de un hectare) a depuis longtemps été abandonné au profit du désherbage chimique.

Jusqu'en 1957, seul le chlorate de soude était pratiquement utilisé en France; à 15 g

par m², les résultats étaient satisfaisants, mais il fallait transporter et manutentionner deux fois (stockage intermédiaire, puis reprise) 6 000 t de chlorate avec de grandes précautions, le chlorate étant un comburant dangereux.

La gamme des herbicides connus s'est enrichie de nombreux produits nouveaux hormonaux et stérilisants.

Les herbicides hormonaux sont véhiculés par la sève depuis les feuilles jusqu'aux racines d'où ils désorganisent le processus végétatif habituel. Ils sont sélectifs : les uns n'agissent que sur les graminées, les autres sur les dicotylédones. Il faut donc les mélanger : on utilise couramment une association de dichlorophénoxyacétate de sodium (2.4.D.), trichloracétate de sodium (T.C.A.) et aminotriazole.

Les stérilisants sont directement absorbés par les racines et agissent aussi longtemps qu'ils n'ont pas été totalement utilisés par les plantes, détruits par les bactéries du sol ou entraînés par les eaux de ruissellement. Les plus connus sont le Monuron et Diluron (mono et dichlorophényldiméthylurée) et la Symazine (chloroéthylaminotriazine).

Les uns et les autres de ces herbicides seraient d'un prix de revient trop élevé pour être employés dans le domaine ferroviaire si leur association à de faibles doses de chlorate ne s'était révélée aussi active que les produits purs; le « chlorate activé » utilisé couramment actuellement est un mélange de chlorate (4 g/m²) et de désherbants hormonaux (0,55 g/m²) dont l'efficacité est comparable à celle du chlorate pur à 15 g/m² (ou du désherbant hormonal à 2,2 g/m²); les tonnages à transporter et manutentionner sont réduits dans la proportion de 3 à 1, le prix de revient diminué de 10 % environ et surtout la très faible dose de chlorate utilisée réduit considérablement les risques d'incendie.

L'association de 0,2 g de Monuron à 4 g de chlorate a donné également des résultats encourageants, mais l'emploi courant des stérilisants n'est pas possible jusqu'ici en raison de leur insolubilité, quoique leur action préventive et de longue durée, qui maintient le terrain vierge et sans cadavres érigés, soit la solution idéale.

Les trains désherbeurs

Le désherbage chimique s'effectue en pulvérisant une fois par an, en principe au printemps, une solution herbicide. Les trains désherbeurs circulent sur les voies à une vitesse de 50 km/h et répandent 100 cm³ de

solution par m^2 sous une pression de 4 kg/cm^2 environ, par des jets d'écoulement lamellaires dont le débit et, pour certains, l'orientation est télécommandée depuis une cabine placée devant la locomotive tractant le train.

Celui-ci, dans sa forme la plus évoluée, comporte un wagon arroseur et des citernes de 25 m^3 : en principe 3 citernes d'eau, 4 citernes de chlorate en solution concentrée à 500 grammes par litre et une citerne de 25 m^3 de désherbant hormonal en solution concentrée à 275 grammes par litre.

Tous les désherbants sont, en effet, maintenant approvisionnés en solution concentrée, ce qui supprime tout contact humain et permet en toute sécurité des manutentions économiques par gravité ou pompage. 3 200 m^3 de chlorate en solution concentrée (soit 4 800 tonnes) et 800 m^3 de désherbant hormonal en solution concentrée (soit 1 020 tonnes) donnent le même résultat que 6 000 tonnes de chlorate sec.

Dans la composition indiquée ci-dessus, les trains désherbeurs ont une autonomie en désherbant de l'ordre de 3 000 km; chacun d'eux traite environ 6 000 km de voie chaque année et il suffit d'échanger une seule fois les citernes au cours de la campagne.

Le mélange des solutions concentrées de chlorate et de désherbant hormonal avec

l'eau s'effectue pendant la marche du train, les volumes nécessaires étant puisés par pompes dans les citernes.

Les arrêts du train sont limités au seul approvisionnement en eau.

L'ensemble de la campagne s'effectue rapidement, à l'époque la plus favorable, celle où la végétation est déjà bien levée (puisque les désherbants agissent à partir des feuilles), mais sans avoir encore atteint un développement excessif.

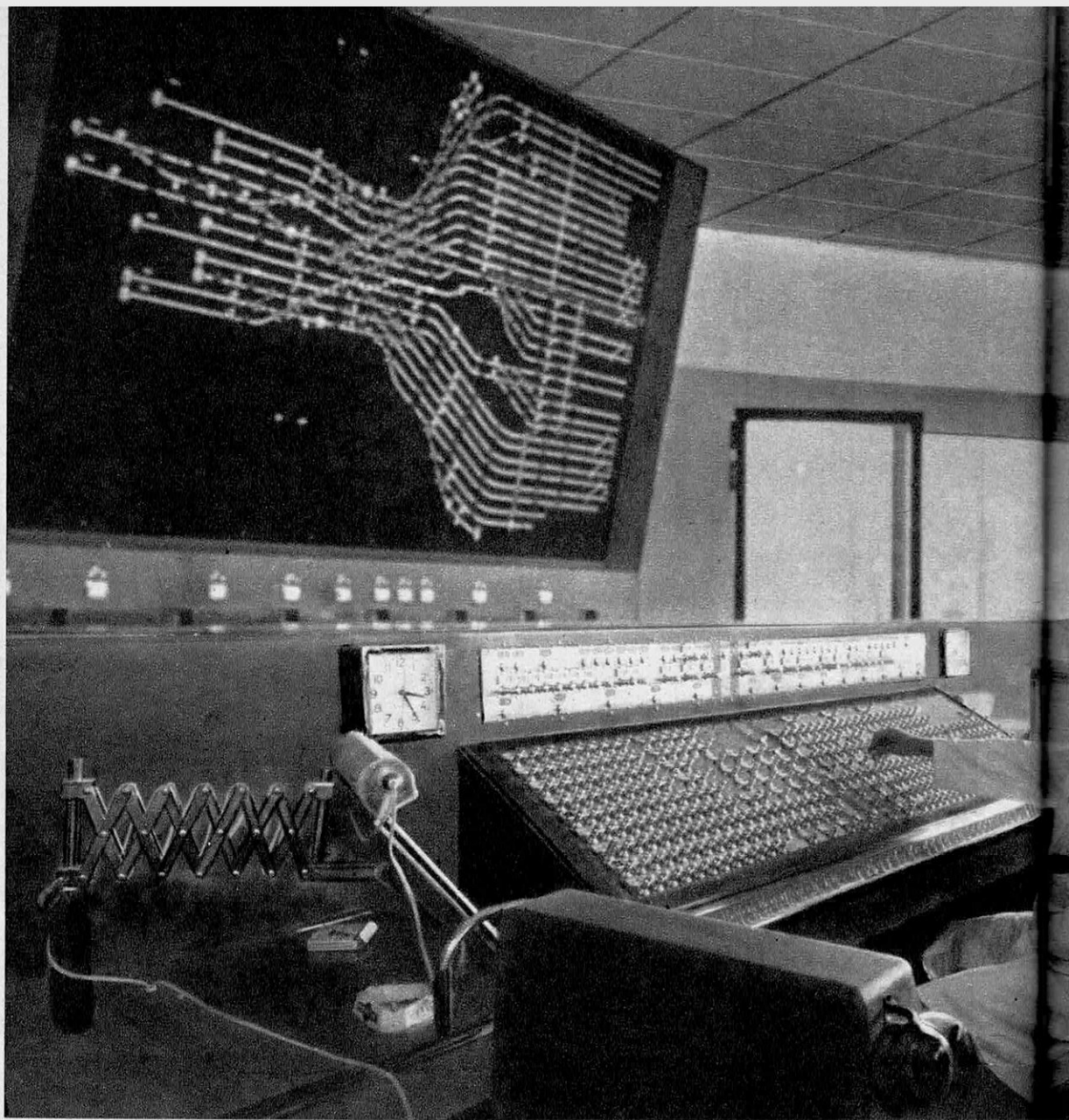
Les méthodes et les produits actuels donnent toute satisfaction et leur évolution future ne peut se concevoir qu'à prix de revient égal (de l'ordre de 100 NF par hectare); l'emploi des stérilisants est très souhaitable, mais leur prix est encore trop élevé et surtout leur emploi à l'échelle industrielle se heurte pour le moment à la sujétion d'agiter en permanence les citernes de transport pour que ces produits ne se déposent pas.

On peut espérer qu'un jour, stérilisants, hormones et chlorates pourront être soit mélangés, soit utilisés en alternance pour bénéficier au mieux de leurs qualités propres et pallier l'accoutumance et les changements de flore qui peuvent résulter de la plus ou moins grande sensibilité des espèces végétales aux désherbants de natures diverses.

Jean SANDOZ
Ingénieur en Chef de la S.N.C.F.



La mécanisation allège la tâche des équipes : ici une tirefonneuse.



Au poste d'aiguillage de la gare du Nord, un seul aiguilleur contrôle près de 500 itinéraires.

L'AUTOMATISME

au service de la sécurité

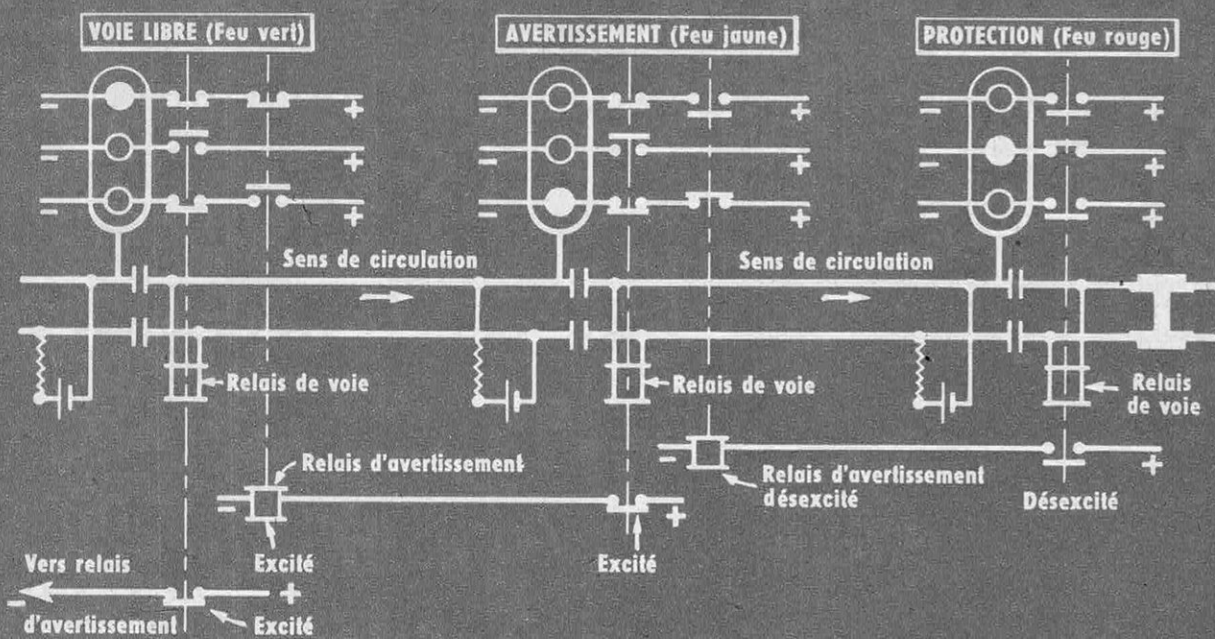


00 itinéraires et suit la progression des trains sur un tableau lumineux face à lui.

LE développement de l'automatisme dans les équipements qui réalisent la préparation des itinéraires pour les trains, leur protection mutuelle et diverses autres conditions liées au trafic, a constitué au cours des dernières années une des plus importantes applications du progrès technique dans les installations du chemin de fer par les avantages qu'il procure tant pour la sécurité que pour le rendement du transport.

Cet automatisme était déjà amorcé dans certains systèmes apparus sur les chemins de fer il y a un certain nombre d'années. Tel est le cas pour le block automatique.

Autrefois, la protection des trains en voie courante était assurée au moyen de gardes échelonnés le long de la ligne et manœuvrant des appareils de « block manuel » destinés à maintenir des distances convenables entre les trains qui se succèdent. Ce type de block nécessitait, à des intervalles de 6 à 8 km, la présence d'un poste dit de « cantonnement ».



Avec le block automatique, ce sont les essieux du train qui passe qui agissent directement sur les feux grâce à une habile disposition, tête en haut ou tête en bas, des électroaimants de commande. L'essieu à l'extrême droite court-circuitant les voies, le relais de voie est désexcité, les palettes des électroaimants tombent, le contact du rouge est

établi et le relais d'avertissement du canton précédent est désexcité. La combinaison de ce relais avec le relais de voie excité donne le feu jaune au second poste et l'excitation du relais d'avertissement du canton d'avant. Ce relais excité, combiné avec le relais de voie lui aussi excité, donne le feu vert au troisième poste et à tous les postes qui précèdent.

La S.N.C.F. utilise aujourd'hui le block automatique à signaux lumineux pour assurer l'espacement des trains sur ses lignes importantes.

Ce mode de cantonnement réalise un degré de sécurité beaucoup plus grand que le block manuel. On en connaît les principaux avantages : élimination de tout risque d'incident d'origine mécanique ou dû au facteur humain, excellente visibilité des signaux même par temps de brouillard, simplification à l'extrême de l'observation des indications portées par les panneaux, etc....

Des trains plus rapprochés

Le block automatique à signaux lumineux assure d'autre part au trafic un débit beaucoup plus important, les cantons, c'est-à-dire les distances séparant deux signaux consécutifs, étant plus courts et permettant un rapprochement plus serré des circulations. Enfin, ce mode de cantonnement permet d'économiser le personnel des postes de sémaphores.

A l'heure actuelle, 5 000 km de lignes sont équipés de ce type de block.

Indiquons tout d'abord que le système le plus perfectionné employé jusqu'à ce jour pour contrôler la présence d'un train sur la

voie est le « circuit de voie ». Ce dispositif constitue l'élément essentiel du block automatique.

Dans son principe, un circuit de voie est composé des deux files de rails, limitées électriquement à leurs extrémités, le plus souvent par des joints isolants. A une extrémité du circuit est branchée une source de courant; à l'autre est connecté un relais : le relais de voie. Celui-ci en l'absence de circulation, reçoit son alimentation par l'intermédiaire des deux files de rails. Au contraire, la présence d'essieux sur la voie a pour effet de court-circuiter le relais, qui se désexcite. Ainsi, la présence ou l'absence de circulation se traduit par la position de l'armature du relais et se répercute, au moyen de cet intermédiaire, sur les circuits électriques des installations de sécurité.

Avant l'électrification à 25 000 V, l'alimentation des circuits de voie était assurée généralement, soit par du courant continu, soit par du courant alternatif à fréquence industrielle (50 Hz) selon le type d'installation auquel ils étaient rattachés. En particulier, ces types d'alimentation convenaient parfaitement aux modes de traction en usage sur la S.N.C.F. : traction vapeur ou diesel, traction électrique en courant continu.

Sur les voies électrifiées

L'électrification à 25 000 volts, 50 Hz, a posé, à cet égard, un certain nombre de problèmes d'ordre technique et économique. La solution en a été trouvée dans l'emploi de tubes électroniques qui peuvent jouer tous les rôles dont la nécessité s'impose en la circonstance : production d'un courant de fréquence musicale à partir du courant industriel (côté émission), réception, identification et éventuellement amplification du courant à fréquence musicale transmis dans le circuit de voie (côté relais de voie).

Une bonne sélectivité entre circuits a été obtenue au moyen de quatre fréquences : 300, 850, 1 500 et 2 000 Hz, certaines de ces fréquences étant elles-mêmes pulsées.

Le circuit de voie étant un élément essentiel des installations de sécurité, son fonctionnement correct au passage des circulations est d'une grande importance.

La multiplication des engins légers a apporté des risques d'irrégularités dans le court-circuit de la voie par les essieux, surtout sur les rails fréquemment pollués. Pour résoudre ce problème, une solution peu coûteuse et d'une grande efficacité consiste à utiliser un courant de tension suffisante pour percer la pellicule isolante des rails. Pour réduire la consommation, cette tension n'est appliquée que trois fois par seconde, par impulsions brèves. Tel est le principe des circuits de voie à impulsions de tension élevée (120 V), circuits de voie utilisant un « thyatron ».

Tous les circuits de voie dont il vient d'être question nécessitent des joints isolants à leurs extrémités, obligeant ainsi à tronçonner les rails aux emplacements choisis. Mais on sait que le progrès dans l'équipement de la voie conduit à souder les rails sur une longueur importante. Des circuits de voie sans joints isolants ont été créés. L'un, utilisé dans les installations de passage à niveau et dont la zone d'action est très courte (de l'ordre de 50 mètres), utilise un courant dont la fréquence est d'environ 8 700 Hz. L'autre, dont la longueur peut atteindre 800 m, met en œuvre des fréquences de 1 600 à 2 800 Hz; une de ses caractéristiques essentielles est de n'exiger qu'un « joint électrique », pour le séparer du circuit de voie voisin, le joint électrique étant constitué par une association de selfs et de capacités convenables.

Au début du chemin de fer, les aiguilleurs manœuvraient les aiguilles et les signaux au moyen de leviers sans relations mutuelles et en observant des consignes de sécurité. En raison du nombre croissant de ces appareils,

les risques de manœuvres intempestives se sont accrus. Une ébauche d'automatisation est alors apparue sous la forme de dépendances (mécaniques et électriques) entre leviers, ou « enclenchements », qui matérialisaient les prescriptions des consignes en substituant des interdictions automatiques de manœuvre aux actions des aiguilleurs qui exigeaient de leur part des interventions soigneusement raisonnées.

Des postes « presse-boutons »

Un peu plus tard est intervenue la réalisation des différentes manœuvres d'un poste d'aiguillage au moyen d'un seul levier : il s'agit du poste à leviers d'itinéraires où chaque levier commande à lui seul, au moyen de transmissions électriques, les aiguilles et signaux d'un parcours déterminé, avec emploi d'enclenchements mécaniques et de verrous électriques.

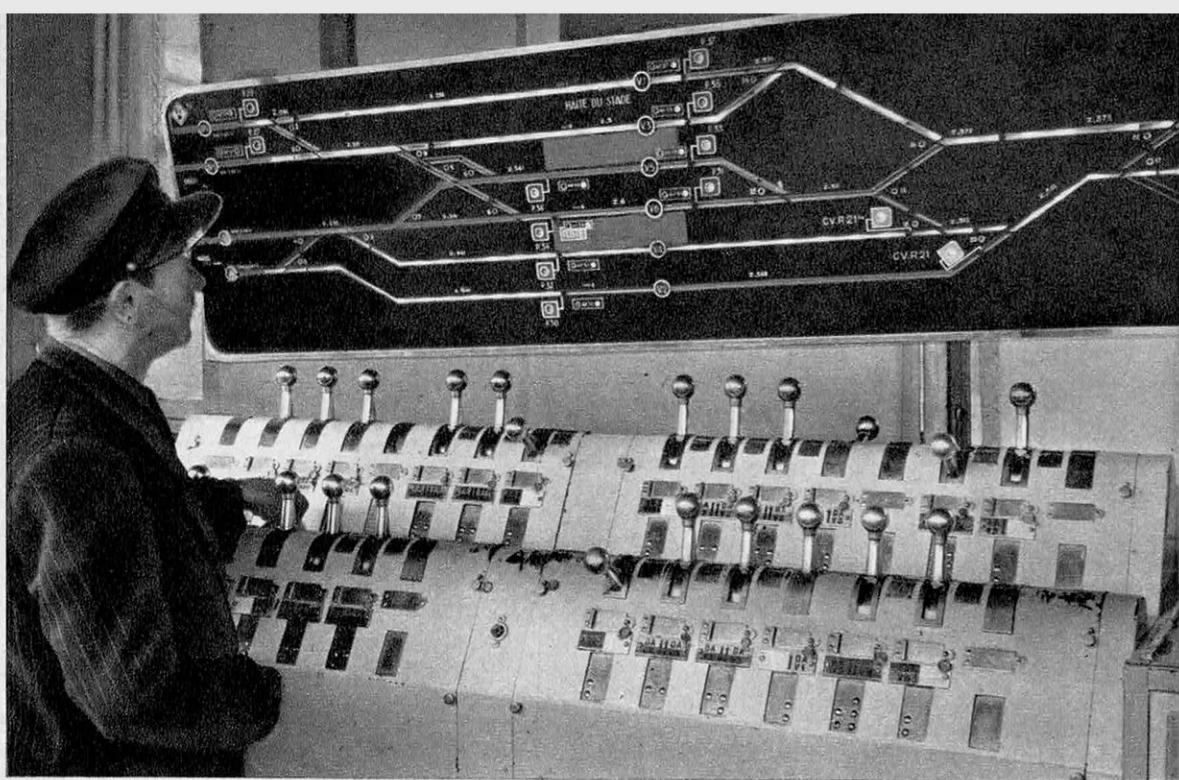
C'est dans ces conditions, que, sur les Chemins de fer français, plus de 100 postes à leviers d'itinéraires, les premiers de l'espèce, ont été mis en service, totalisant environ 8 000 itinéraires; ce sont des postes du type dit « classique », ce qualificatif s'opposant aux réalisations plus modernes permises par les installations « tout relais » ou « presse-boutons ». Ces dernières, qui ont profité de l'expérience acquise par la S.N.C.F. sont appelées aussi « P.R.S. » (poste à relais, à transit souple) et elles méritent une mention particulière.

Indiquons tout d'abord que ce type de poste impose l'installation de circuits de voie sur toute l'étendue de sa zone d'action.

Il met en œuvre un pupitre de commande composé de boutons-poussoirs affectés chacun à un itinéraire; l'établissement d'un itinéraire est obtenu par une simple action sur le bouton correspondant.

Quatre dispositions fondamentales caractérisent le P.R.S. et illustrent, à des degrés divers, l'extension de l'automatisme dans les postes d'aiguillage : le transit souple, la destruction automatique, l'enregistrement, le surenregistrement.

Le *transit souple* assure la libération automatique de l'enclenchement des aiguilles d'un itinéraire au fur et à mesure de leur dégagement par le train afin de permettre à une autre circulation, qui emprunte ces aiguilles dans une autre position, d'être acheminée dans les plus courts délais. (La forme ancienne, *transit rigide*, nécessitait au contraire le dégagement complet d'un itinéraire déterminé pour autoriser la formation d'un autre itinéraire incompatible avec le premier). On



voit tout de suite qu'une telle disposition assure l'utilisation la plus rationnelle des voies et appareils dont dispose une zone d'action déterminée. Elle permet, d'autre part, d'accélérer le mouvement des circulations et, par suite, d'en admettre un plus grand nombre dans le même temps.

Les postes antérieurs au P.R.S. sont tous à destruction manuelle : pour établir un itinéraire nouveau incompatible avec un itinéraire précédent, l'aiguilleur doit détruire ce dernier itinéraire en ramenant le levier correspondant dans sa position de repos.

La *destruction automatique* consiste à faire assurer la destruction de l'itinéraire par le train lui-même, sans intervention de l'aiguilleur à aucun moment.

Des itinéraires préparés à l'avance

L'*enregistrement* donne la possibilité à l'aiguilleur, aussitôt après avoir établi un itinéraire pour un premier train, de préparer, pour un deuxième train, la commande d'un autre itinéraire incompatible avec le premier. Ce dernier itinéraire se formera automatiquement après le passage du premier train dès que la condition d'incompatibilité avec le précédent itinéraire aura disparu.

Quant au *surenregistrement*, il consiste à préparer à l'avance la commande de trois itinéraires qui doivent être empruntés successivement par trois trains : l'un se dirigeant

sur la voie directe, le second sur la voie déviée, le troisième sur la voie directe. Un itinéraire se formera automatiquement, après le passage du train précédent, dès que la condition d'incompatibilité avec le précédent itinéraire aura disparu.

Toutes ces dispositions permettent de réaliser une concentration extrêmement poussée des installations. Avec le P.R.S., on assure un plus grand trafic avec moins d'appareils de voie et avec un personnel réduit. Dans des gares importantes, là où plusieurs postes mécaniques seraient nécessaires (chacun requérant un ou plusieurs aiguilleurs), un seul poste entièrement électrique desservi par un seul homme suffit le plus souvent.

Ainsi le poste entièrement électrique, tout en permettant de tirer le meilleur parti des installations d'une gare, en accroît le rendement au maximum.

Enfin, de grandes facilités d'entretien dans ce type de poste sont obtenues en raison d'une part de la concentration de l'appareillage, d'autre part des caractéristiques du matériel utilisé.

Le plus grand poste réalisé suivant ces dispositions est celui de la gare du Nord, à Paris. Son action s'exerce sur 490 itinéraires comportant au total 102 aiguilles.

D'autres grandes gares ont été traitées dans les mêmes conditions. Tel est le cas de la gare de Thionville (réduction d'environ 40 aiguilleurs), de la gare de Marseille (450

← Un poste à leviers d'itinéraires

Chaque levier commande électriquement toutes les aiguilles et signaux qui jalonnent un itinéraire déterminé. Des enclenchements, ici mécaniques, interdisent toute fausse manœuvre compromettant la sécurité. Un tableau renseigne l'aiguilleur sur l'occupation des diverses zones isolées du poste.

Un poste PRS →

Ce petit poste, dont les dimensions ne dépassent pas celles d'une machine à écrire est installé dans le bureau du chef de gare de Bry-sur-Marne. Il assure la commande des itinéraires et a permis de supprimer tous les postes mécaniques anciens, infiniment plus volumineux et aussi beaucoup moins efficaces.



itinéraires) qui procure une économie de 60 agents, de la gare de Metz, de celle de Lille. Signalons qu'un poste du même type sera mis en service dans quelque temps à la gare de l'Est à Paris, qui commandera environ 650 itinéraires.

Il convient aussi de citer rétrospectivement le poste de Montereau, le premier du genre, mis en service en 1950. Ce poste, qui a remplacé cinq postes mécaniques anciens, a entraîné une réduction de 23 agents d'exploitation.

En dehors des grands postes de concentration, une application intéressante des P.R.S. consiste, dans les gares de faible ou moyenne importance, à supprimer le ou les postes mécaniques antérieurs et à les remplacer par un petit pupitre installé dans le bureau du chef de gare; c'est ce dernier agent qui assumera, outre ses autres fonctions, la commande des itinéraires.

Environ 100 postes P.R.S. sont en service sur l'ensemble des lignes de la S.N.C.F.

Télécommande et télécontrôle

De par sa structure, le poste entièrement électrique se prête parfaitement à la télécommande dans un gros centre, ainsi qu'à la commande centralisée d'installations échelonnées le long d'une ligne.

A cet effet, dans les établissements importants, le territoire est divisé en un certain

nombre de zones d'appareillage. L'action du poste de commande s'exerce à distance, sur les appareils des zones éloignées, par l'intermédiaire de postes annexes dits « satellites » installés au centre géographique des différents appareils propres à chaque zone.

En général, l'action sur les satellites situés à grande distance ou desservant des zones importantes est exercée au moyen d'un dispositif de *télécommande* qui permet de transmettre successivement, par le canal d'un nombre très réduit de circuits, des courants d'une nature particulière caractérisant chacun une fonction de commande déterminée.

Les contrôles des actions exercées sur les satellites télécommandés sont transmis par l'intermédiaire d'un dispositif de *télécontrôle* qui met en œuvre, comme la télécommande, un nombre très réduit de circuits.

Le dispositif de télécommande imaginé par la S.N.C.F. utilise des codes composés d'un nombre fixe de trois impulsions de courant continu, successivement acheminées par le canal de trois conducteurs. Ce système réalise très économiquement des liaisons en nombre aussi élevé que nécessaire et dont les temps de transmission sont pratiquement instantanés (de l'ordre de 0,3 seconde).

Le système de télécontrôle fonctionne par explorations cycliques en établissant, à tour de rôle, un grand nombre de circuits distincts au moyen d'une ligne de transmission commune. Les lignes de trans-

mission utilisées sont celles de la télécommande. La vitesse d'exploration atteinte dans les installations récentes est de l'ordre de 100 contrôles par seconde.

Télécommande et télécontrôle procurent une concentration particulièrement poussée des commandes en élargissant dans des proportions notables le champ d'action d'un poste de commande. La zone d'action du P.R.S. d'Avignon, par exemple, comporte une zone de commande directe et 6 satellites télécommandés.

La commande centralisée

Il a été reconnu avantageux et techniquement réalisable, d'augmenter dans des proportions notables le champ d'action d'un poste de commande et en lui faisant assurer, non plus seulement les commandes d'appareils rapprochés ou peu éloignés, dépendant d'un même établissement, mais aussi des actions à longues distances sur des installations appartenant à des établissements différents, répartis le long d'un parcours déterminé.

Cette formule a été réalisée, pour la première fois en France, en 1933, sur la section de Houilles à Sartrouville. Elle porte sur 22 aiguilles et 14 signaux répartis sur un parcours d'environ 3 km entre les gares de Houilles et de Sartrouville. La section intéressée comprend trois voies : deux voies de circulation et une voie centrale, *banalisée*, c'est-à-dire utilisée dans un sens ou dans l'autre suivant les besoins du trafic.

L'ensemble de l'installation est relié au poste régulateur de Paris-Saint-Lazare qui se trouve à une quinzaine de kilomètres de là. Les dispositions mises en œuvre sont telles qu'à chaque appareil commandé (aiguille, signal...) correspond, en principe, un organe individuel de commande : la commande est dite à « leviers individuels ».

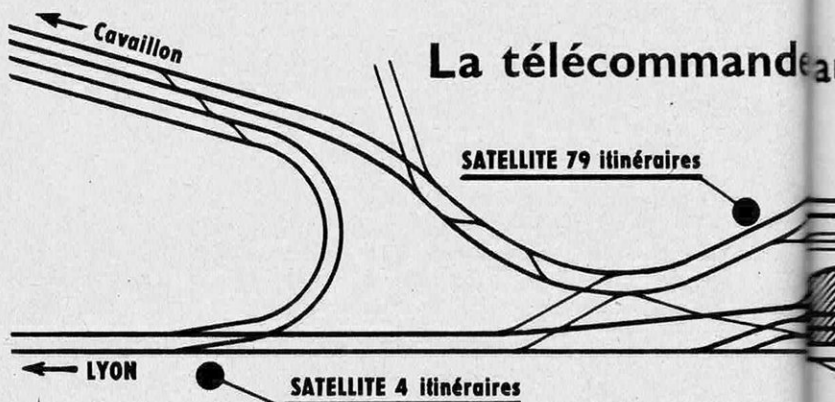
De quelle manière le développement de l'automatisme s'est-il manifesté dans ce domaine ?

Une première étape apparaît dans la réalisation, en 1949, de la commande centralisée sur la ligne de Dijon à Blaisy-Bas; cette installation intéresse la commande à distance de 38 aiguilles et de 53 signaux lumineux, constituant des petites gares ou des zones d'aiguillage, réparties sur un parcours à double voie de 27 km, chacune des voies étant banalisée.

L'ensemble de l'installation est relié au régulateur de Dijon. Mais, contrairement à ce qui se passe pour l'installation de Houilles-Sartrouville, les dispositions mises en œuvre sont ici telles qu'il suffit au régulateur d'agir sur un seul organe de commande pour assurer la mise en place de toutes les aiguilles entrant dans la constitution d'un itinéraire déterminé, ainsi que l'ouverture du signal d'entrée de cet itinéraire. A cet effet, le poste de commandement exerce son action, à distance, sur les installations du parcours par l'intermédiaire de postes P.R.S. échelonnés le long de la ligne. Il bénéficie ainsi des facilités qui s'attachent à ce type de poste, notamment en ce qui concerne la destruction automatique et l'enregistrement des itinéraires.

Signalons en passant que, dans les installations de commande centralisée, la technique de la banalisation des voies ne nécessite plus pour réaliser l'inversion du sens dans une voie de circulation un accord préalable entre les gares intéressées puisque toutes les informations concernant ces établissements se trouvent concentrées en un même point où existent, par ailleurs, tous moyens permettant d'intervenir directement et dans les moindres délais sur les installations intéressées. D'où un élément important de ce système, l'« *enclenchement de sens* » qui s'oppose automatiquement à la prise de voie lorsque les conditions voulues ne sont pas remplies.

L'action du poste central
PRS d'Avignon s'exerce sur une zone de commande directe, qui ne comprend pas moins de 113 directions, et sur six zones éloignées par l'intermédiaire de postes satellites annexes répartis suivant le schéma ci-contre. Il est ainsi possible de commander d'un seul endroit les voies d'accès de la gare de triage et celles qui desservent les directions de Lyon, Marseille, Cavailon et Villeneuve-lès-Avignons.



Une deuxième étape, particulièrement remarquable, concerne l'installation de la commande centralisée du parcours Dole-Vallorbe, situé sur l'itinéraire international Paris-Lausanne. Cette installation intéresse la commande à distance des petites gares réparties sur un parcours de 100 km, dont 70 à voie unique.

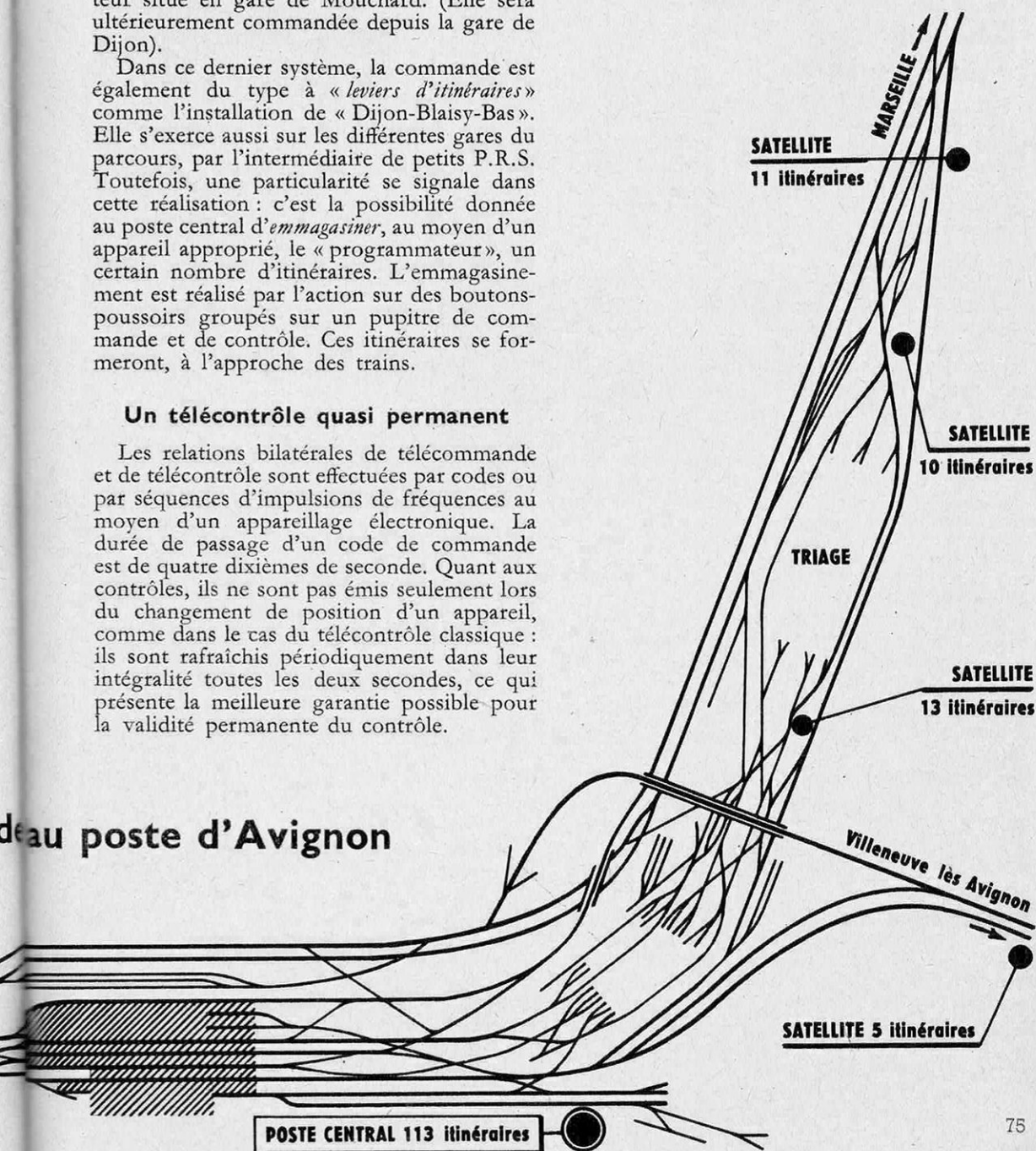
L'ensemble de l'installation (dont une partie intéressant la section Mouchard-Frasne est actuellement en service) est relié au régulateur situé en gare de Mouchard. (Elle sera ultérieurement commandée depuis la gare de Dijon).

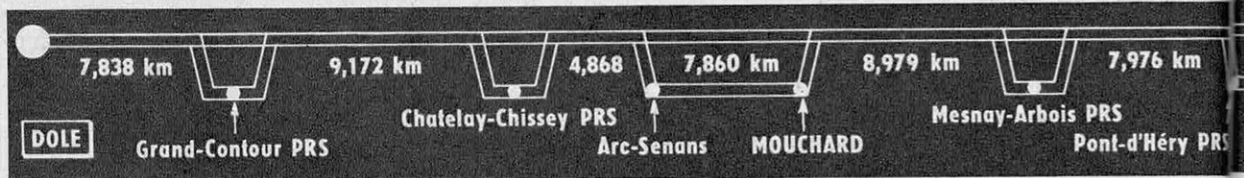
Dans ce dernier système, la commande est également du type à « leviers d'itinéraires » comme l'installation de « Dijon-Blaisy-Bas ». Elle s'exerce aussi sur les différentes gares du parcours, par l'intermédiaire de petits P.R.S. Toutefois, une particularité se signale dans cette réalisation : c'est la possibilité donnée au poste central d'emmagasiner, au moyen d'un appareil approprié, le « programmeur », un certain nombre d'itinéraires. L'emmagasinement est réalisé par l'action sur des boutons-poussoirs groupés sur un pupitre de commande et de contrôle. Ces itinéraires se formeront, à l'approche des trains.

Un télécontrôle quasi permanent

Les relations bilatérales de télécommande et de télécontrôle sont effectuées par codes ou par séquences d'impulsions de fréquences au moyen d'un appareillage électronique. La durée de passage d'un code de commande est de quatre dixièmes de seconde. Quant aux contrôles, ils ne sont pas émis seulement lors du changement de position d'un appareil, comme dans le cas du télécontrôle classique : ils sont rafraîchis périodiquement dans leur intégralité toutes les deux secondes, ce qui présente la meilleure garantie possible pour la validité permanente du contrôle.

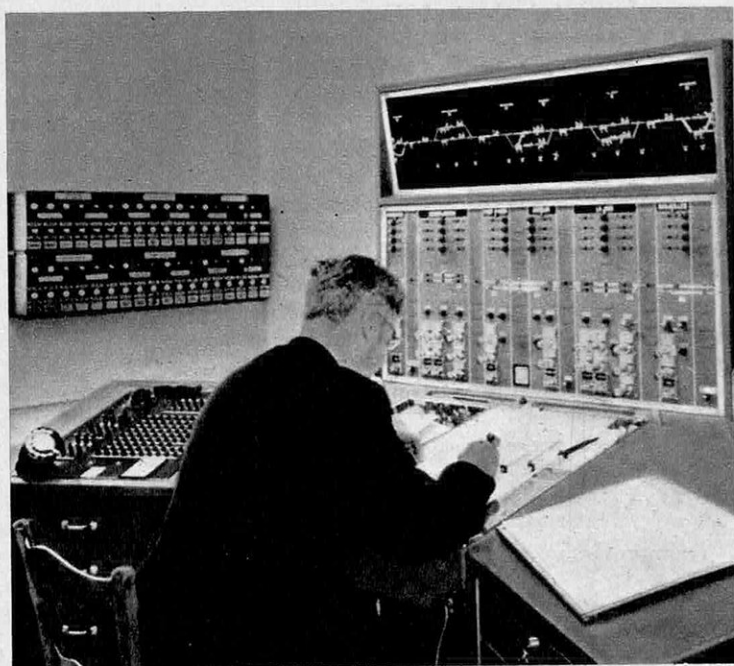
La réalisation électronique des télétransmissions permet aussi de faire des économies sur les fils qui suivent la voie ferrée, en raison de la nature des courants utilisés et qui peuvent être transmis en superposition sur des conducteurs ayant par ailleurs une autre utilisation. C'est ainsi que sur Dole-Vallorbe la S.N.C.F. a utilisé une « quarte » dont les deux paires servent à transmettre des courants de télécommande ou de télécontrôle, tandis que le fantôme de la quarte est employé à distri-





La « banalisation » de Dole-Vallorbe

Sur un total de 100 km, ce parcours comporte 70 km de voie unique banalisée, c'est-à-dire que les trains empruntent dans les deux sens. Le « régulateur » est installé en gare de Mouchard et commande à distance toutes les gares par l'intermédiaire de petits PRS. La commande est à leviers d'itinéraires avec, en plus, un « programmeur » à boutons-poussoirs (ci-contre) où l'on enregistre à l'avance un certain nombre d'itinéraires qui se forment automatiquement à l'approche des trains.



buer le long de la ligne l'énergie électrique nécessaire à l'alimentation des diverses installations.

L'enclenchement de sens, dans ce système, est obtenu au moyen d'un courant d'une nature spéciale, émis en permanence quand il est possible de « prendre le sens » et interrompu quand les conditions voulues cessent d'être remplies. Avec un tel principe, la prise de sens se fait sans retard, sans délai, ce qui concilie les exigences du mouvement des trains avec celles de la sécurité de la circulation.

Signalisation routière automatique des passages à niveau

Certains passages à niveau de la S.N.C.F. ont été équipés d'un dispositif de signalisation routière automatique qui a permis d'en supprimer le gardiennage. Ce dispositif comporte, à l'approche d'un train, l'allumage de deux feux rouges et l'abaissement de deux

barrières de part et d'autre de la voie ferrée. Ainsi se trouvent éliminées les conséquences d'un oubli de fermeture ou d'une réouverture intempestive des barrières par un garde. Une notable économie de personnel résulte également de l'application de ces dispositions.

Le dispositif de signalisation routière automatique, installé en principe à droite de la chaussée et en deçà de la voie ferrée, est constitué essentiellement par un feu rouge clignotant, une demi-barrière manœuvrée par moteur, qui barre partiellement la chaussée lorsqu'elle est en position horizontale, et une sonnerie à forte sonorité.

Le système est complété par un deuxième feu rouge situé au-delà du passage à niveau et sur la face arrière du dispositif s'adressant à l'autre sens. Les deux feux ont les mêmes caractéristiques et ils clignotent à la même cadence (72 éclats simultanés à la minute).

Le déclenchement et le réarmement du dispositif sont obtenus par l'action des trains sur des pédales électromécaniques (pédale



d'annonce et pédale de réarmement). De plus, le réarmement est subordonné, en règle générale, à la libération d'une zone isolée courte située immédiatement en aval du passage à niveau et dont l'action s'ajoute à celle de la pédale. Cette disposition a pour objet de n'assurer l'effacement du dispositif d'annonce qu'après que la queue du train a effectivement dégagé le passage.

Les pédales d'annonce sont implantées à une distance telle que l'annonce des trains les plus rapides est de vingt cinq secondes au minimum. L'attaque de ces pédales provoque le clignotement des feux et le tintement de la sonnerie d'annonce. Cinq secondes environ après le début du clignotement, les demi-barrières s'abaissent jusqu'à leur position horizontale et la sonnerie cesse de tinter. Au dégagement du passage à niveau par la queue du train, les feux s'éteignent immédiatement et les demi-barrières reprennent la position verticale.

Plus de mille passages à niveau sont

équipés actuellement de ces dispositions sur l'ensemble de la S.N.C.F.

Demain, l'électronique

Cet exposé succinct sur le développement de l'automatisme dans le domaine particulier de la signalisation des chemins de fer fait apparaître les améliorations qui ont été apportées à la sécurité des trains et au rendement des installations; en particulier, la concentration des commandes qui a résulté de ce développement a entraîné de substantiels avantages économiques tant en ce qui concerne le matériel mis en œuvre que le personnel desservant les installations.

Les recherches en cours et les récents progrès en matière d'électronique laissent penser que leurs applications apporteront encore bientôt au chemin de fer de nouveaux perfectionnements.

R. WALTER

Ingénieur en chef à la S.N.C.F.



Les dispositifs de signalisation et de fermeture sont déclenchés par les trains.



La locomotive CC 14 100, 125 t, 2 520 ch, remorque les trains lourds dans les régions minières du Nord et de l'Est.



TRACTION ELECTRIQUE

1960 marque le soixantième anniversaire de l'apparition de la traction électrique dans notre pays. C'est en effet en 1900 qu'ont commencé à circuler les premiers trains électriques entre les gares parisiennes d'Orsay et d'Austerlitz, puis entre Invalides et Issy.

Que de progrès accomplis depuis cette époque ! Chacun connaît les capacités de traction spectaculaires des locomotives électriques modernes remorquant des trains rapides de 770 à 1 000 t à des vitesses moyennes dépassant fréquemment 120 km/h, mettant ainsi Bordeaux à 4 h 43 de Paris (578 km), Lille à 2 h 10 (251 km), Dijon à 2 h 25 (314 km), Lyon à 4 h (512 km).

Il serait fastidieux de s'étendre sur les balbutiements des

premiers temps et d'énumérer les multiples perfectionnements apportés au fil des années tant au matériel roulant qu'aux installations fixes.

Nous prendrons seulement pour point de départ 1952, année qui a vu la mise en service de la traction électrique sur la totalité de l'artère à très gros trafic qui relie Paris à Lyon. On peut en effet considérer que cette réalisation marque la première étape importante de la politique d'électrification entreprise par la S.N.C.F. au lendemain du dernier conflit mondial.

A cette date, le réseau électrifié français atteignait 4 340 km dont 4 000 km environ exploités en courant continu 1 500 V. Outre Paris-Lyon déjà cité, il comprenait les lignes reliant Paris à Hendaye, Toulouse, Le Mans, la transversale Dax-Nîmes et divers embranchements de moindre importance.

A l'heure actuelle, 6 800 km sont électrifiés, ce qui représente 17 % de l'ensemble des lignes de la S.N.C.F.; mais les voies électrifiées assurent à elles seules 55 % du trafic total. C'est donc à une cadence moyenne de 300 km par an que se sont poursuivis les travaux d'électrification au cours des huit années écoulées.

Durant cette période, le système d'électrification adopté en 1920 par la France — *le courant continu 1 500 V* — a vu s'accroître sensiblement son domaine; il s'est étendu de Lyon jusqu'à Nîmes, rejoignant la transversale Dax-Nîmes, de Lyon vers St-Étienne, Culoz et la frontière suisse : au total, 600 km environ. Mais un concurrent jusqu'alors à peu près inconnu, est venu s'implanter et, malgré son jeune âge, a pris une place de choix dans les programmes d'électrification de la S.N.C.F. : il s'agit du système à *courant monophasé 25 000 V 50 Hz*. Étudié et mis au point sur la ligne Aix-les-Bains-La Roche-sur-Foron en Savoie, la première application à grande échelle en a été faite sur Valenciennes-Thionville, ligne à très gros trafic marchandises reliant les centres miniers et sidérurgiques du Nord et de la Lorraine. Puis il s'est étendu progressivement vers Metz, Strasbourg et Bâle d'une part, vers Lille d'autre part. De là, il a gagné Paris et progresse également vers la capitale, en venant cette fois de Metz et Strasbourg. Compte tenu des lignes de Savoie et de la section Dole-Vallorbe, près de 2 000 km de lignes étaient équipés en courant 25 000 V de fréquence industrielle au 1^{er} novembre 1960.

On voit la part prépondérante qu'a pris le nouveau système de traction dans le programme de modernisation des Chemins de fer français.

Nous ne reviendrons pas sur les raisons qui ont conduit la S.N.C.F. à développer dans notre pays la traction à 50 périodes, celles-ci ont été exposées à maintes reprises. Rappelons simplement que l'objectif de la S.N.C.F. était de réduire les dépenses de premier établissement, c'est-à-dire les dépenses d'installations fixes, des électrifications. L'application du nouveau système posait un grand nombre de problèmes techniques, notamment la réalisation de locomotives et d'automotrices fonctionnant correctement et économiquement en courant monophasé à 50 Hz.

Le développement du réseau électrifié français s'est accompagné d'une évolution considérable des techniques, tant dans le domaine du matériel moteur que dans celui des installations fixes d'alimentation.

C'est ce que nous nous proposons d'examiner plus en détail dans ce qui suit.

Locomotives à courant monophasé

Les locomotives à courant monophasé ont, bien entendu, profité de tous les perfectionnements apportés au cours des ans au matériel à courant continu. C'est ainsi qu'elles sont toutes à adhérence totale, c'est-à-dire ne comportent que des essieux moteurs. La dernière série de locomotives 2 D2 (série 9 100) mise en service à l'occasion de Paris-Lyon n'a pas eu de descendance; les machines beaucoup plus légères du type CC et, depuis quelques années, BB assurant un service égal, voire supérieur à celui des lourdes 2 D2 qui furent pourtant, il n'y a guère plus de dix années, des reines incontestées.

Le premier matériel monophasé de série a été réalisé à l'occasion de l'électrification de Valenciennes-Thionville. Quoique de conception assez différente, il a bénéficié des enseignements recueillis sur la ligne de Savoie, au cours de l'expérimentation entreprise à partir de 1951 de différents prototypes de locomotives et d'automotrices.

Quatre types de locomotives ont été commandés en 1952 pour Valenciennes-Thionville : deux types de CC pour le service des trains de marchandises lourds et deux types de BB pour services mixtes. Nous évoquerons rapidement les caractéristiques de ces divers types de locomotives, insistant surtout sur celui d'entre eux qui eut par la suite la plus large descendance.

La forte proportion de trains lourds circulant sur Valenciennes-Thionville conduisit à prévoir une majorité de machines CC spécialisées au service marchandises. D'un poids de 125 t environ, ces locomotives, limitées

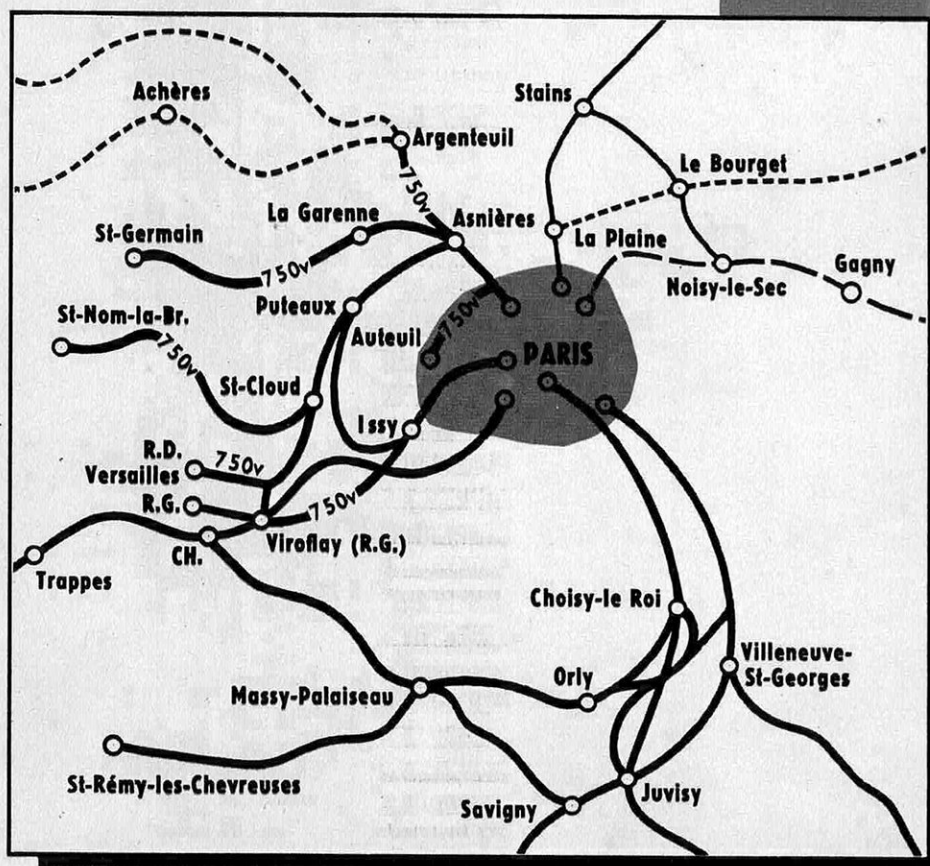


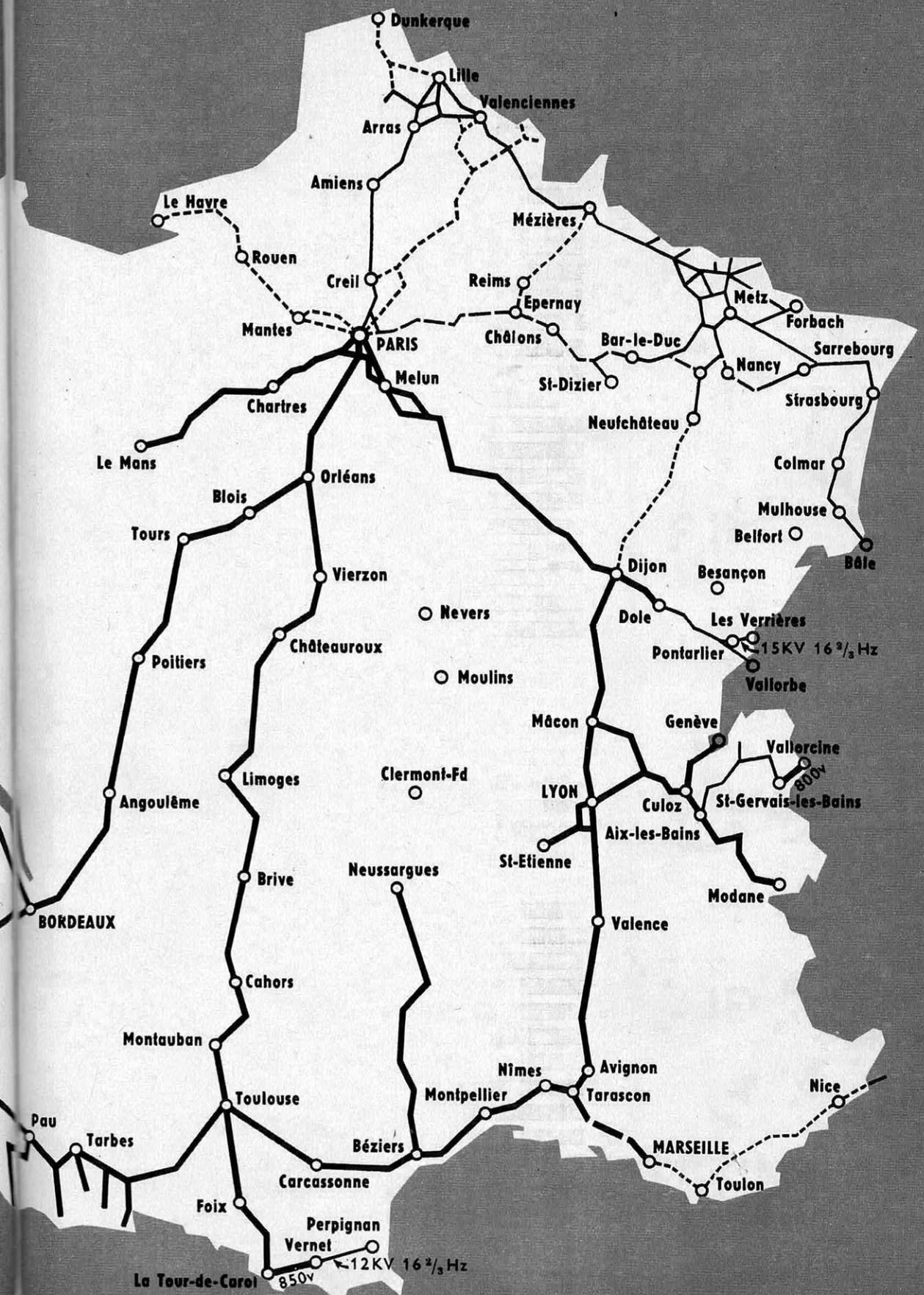
Locomotive diesel-électrique S.N.C.F. de 1 400 ch mise en service en 1960 — Voir page 110

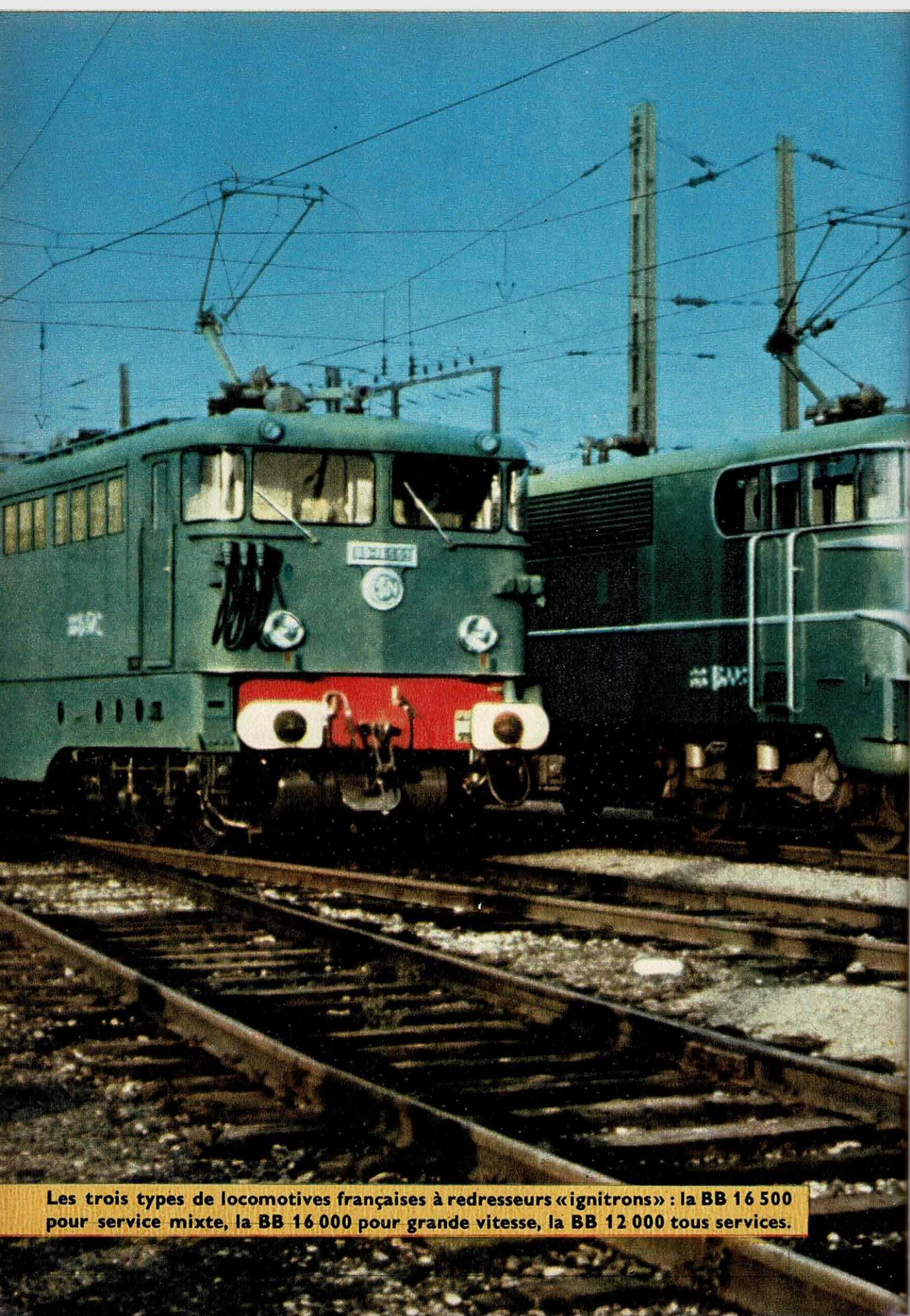
Electrification actuelle et future de la S.N.C.F.

Depuis 1900, date de la première apparition des trains électriques en France, 6 800 km de lignes ont été électrifiées, représentant 17% des lignes de la S.N.C.F., mais ce qui est beaucoup plus important, 55% du trafic. En 1970 l'électrification atteindra, selon le schéma ci-contre, 8 000 km de lignes correspondant à près de 70% du trafic. C'est le courant continu 1 500 V qui alimente les principales lignes : Paris - Le Mans; Paris - Bordeaux; Paris - Toulouse; Paris - Lyon et bientôt Paris - Marseille. Son adoption date de 1920. Ce n'est qu'en ces toutes dernières années que le courant monophasé 25 000 V 50 Hz, expérimenté sur la ligne Aix-les-Bains - La Roche-sur-Foron, a été adopté sur les grandes artères du Nord et de l'Est de la France. Cette solution d'avenir équipera demain Paris - Strasbourg.

continu 1500v	alternatif 25000v	
		Lignes électrifiées
		Lignes en cours d'électrification
		Lignes en projet d'électrification







Les trois types de locomotives françaises à redresseurs «ignitrons» : la BB 16 500 pour service mixte, la BB 16 000 pour grande vitesse, la BB 12 000 tous services.



à 60 km/h par suite du service auquel elles sont destinées, remorquent couramment des trains de 2 200 t dans les rampes de 10 ‰, comportant des courbes, et de 3 500 t dans les rampes de 6 ‰, charges qui n'avaient encore jamais été atteintes en France.

Les locomotives CC 14 000 « *monotriphasé* », construites en 20 exemplaires, comportent une machine synchrone transformant le courant monophasé en courant triphasé et un convertisseur de fréquence alimentant les moteurs de traction asynchrones en courant triphasé à fréquence variable.

Les locomotives CC 14 100 « *monocontinu* », construites en plus grande série (102 exemplaires) comportent un groupe convertisseur tournant monophasé-continu alimentant les moteurs de traction à collecteurs en courant continu à tension variable.

Ces deux séries de machines peuvent freiner électriquement par récupération, ce qui leur permet d'avoir une faible consommation d'énergie.

Les locomotives BB 13 000 et 12 000

Les locomotives BB pour services mixtes se subdivisaient aussi en deux types comportant d'ailleurs des parties mécaniques identiques, mais très différentes du point de vue électrique.

Sur la série BB 13 000, les moteurs de traction, du type série à collecteur, sont alimentés directement par le courant de la ligne, d'où leur nom de « *moteurs directs* ». Un transformateur à prises variables fournit la

tension convenable aux bornes des moteurs au fur et à mesure de la mise en vitesse.

La solution à « *moteurs directs* » semblait à priori être une des plus difficiles à réaliser en raison des difficultés de commutation des moteurs à collecteurs alimentés en courant alternatif. La réalisation des BB 13 000 s'est révélée en fait pleine de succès : ces machines sont, en effet, capables de performances supérieures à celles des locomotives BB mixtes construites peu de temps avant en courant continu pour l'électrification de Paris-Lyon, les BB 8 100.

Mais ce sont surtout les BB du deuxième type, les BB 12 000 à redresseurs « *ignitrons* » qui ont donné lieu aux résultats les plus surprenants, et leurs enseignements ont été tels que, pratiquement, toutes les locomotives monophasées commandées par la suite en dérivent étroitement.

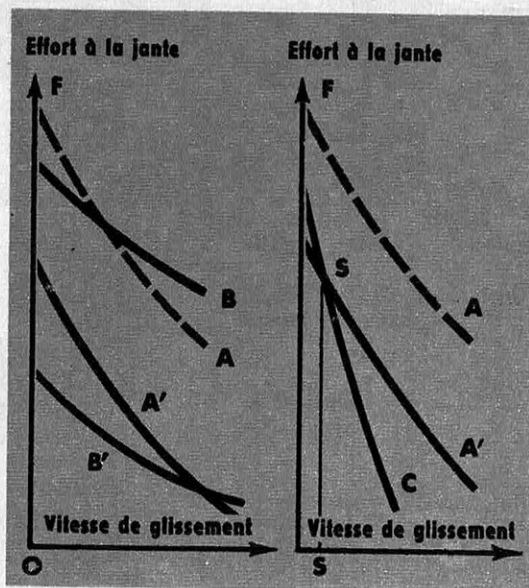
Sur ce type de machine, les moteurs à collecteur couplés en permanence en parallèle sont alimentés en courant ondulé par des redresseurs à vapeur de mercure.

La tension alternative appliquée à ces redresseurs est fournie par un transformateur à prises variables sur le primaire.

Destinées comme les BB 13 000 à un service mixte, les locomotives BB 12 000 ont révélé, dès leur mise en service, une aptitude exceptionnelle pour le démarrage des lourdes charges. Ces machines démarrent et remorquent en service normal 1 650 t en rampe de 10 ‰ (contre 800 t pour les BB à courant continu de même poids) et 2 750 t en 5 ‰. Au cours d'essais, une d'entre elles, la BB 12 006, a démarré jusqu'à 2 424 t en 10 ‰, ce qui constitue le record mondial de démarrage en rampe.

Démarrage des trains lourds

Arrêtons-nous un instant sur ces résultats absolument imprévisibles il y a dix ans. Ils mettent en jeu une notion pourtant bien ancienne pour le chemin de fer : l'*adhérence*, mais en révélant des aspects nouveaux : l'adhérence, phénomène essentiellement mécanique, peut être fortement influencée par les dispo-



← Adhérence et effort de traction

Avec un moteur à courant continu (à gauche), la courbe d'effort à la jante (B) coupe celle de l'effort de frottement roue-rail dans les conditions d'adhérence (A). S'il y a patinage, A tombe en A' et il faut rétrograder de B en B'. Avec le monophasé (à droite), la courbe d'effort moteur est très inclinée et on trouve en S un régime stable sans interrompre le démarrage.

sitions électriques de la locomotive, plus exactement par son schéma électrique et la forme des caractéristiques des moteurs.

Lorsqu'un effort de traction est exercé par une locomotive, notamment pendant le démarrage, l'effort développé par chaque moteur doit rester inférieur aux forces de frottement entre les roues correspondantes et le rail. Si la limite se trouve dépassée, soit par suite d'un accroissement de l'effort moteur, soit par suite d'une diminution de l'adhérence, l'essieu se met à patiner. Comme l'effort de frottement diminue à mesure que la vitesse de l'essieu augmente, le patinage peut se transformer en emballement si l'effort moteur n'est pas rapidement réduit, voire supprimé. C'est ce qui se produit avec une locomotive à courant continu de schéma classique. En effet, au début du démarrage, les moteurs sont couplés en série, un rhéostat placé dans le circuit commun permettant d'obtenir les variations de tension aux bornes des moteurs. Si l'un des essieux commence à patiner, son moteur tourne plus vite, la force contre-électromotrice de ce dernier augmente ainsi que la tension à ses bornes, ce qui a pour effet de « coucher » sa caractéristique effort-vitesse. De plus, le courant diminue dans toute la branche de moteurs, entraînant la chute rapide de l'effort de traction de la locomotive : le démarrage se trouve compromis.

Grande aptitude au démarrage

Dans une locomotive à courant monophasé, le réglage de la vitesse ne s'effectue plus par changement de couplage des moteurs et élimination de résistances, mais par variation de la tension d'alimentation des moteurs depuis le transformateur. Tous les moteurs peuvent donc être branchés en parallèle et le début de patinage de l'un d'eux ne modifie pratiquement pas leur tension aux bornes. Celui qui patine garde sa caractéristique « effort-vitesse » de moteur série, assez rapidement tombante lorsque la vitesse augmente. Si son effort baisse plus vite que le coefficient de frottement, on pourra trouver un régime de glissement momentanément stable. Par ailleurs, tous les autres moteurs gardent leur couple et l'effort total de traction de la machine varie peu. Si, quelques mètres plus loin, les conditions du rail se sont améliorées, l'essieu qui patinait retrouve son adhérence, sans que le démarrage ait été interrompu.

Cette particularité, jointe aux qualités bien connues du moteur à courant continu capable de fonctionner longtemps à basse vitesse, même avec une forte surcharge en intensité, donne à la locomotive à redresseurs une

aptitude remarquable au démarrage et à la remorque des trains de tonnage élevé.

Du fait de leurs qualités, les locomotives BB 12 000 à ignitrons ont connu une nombreuse descendance. 148 machines de ce type ont été commandées; 120 sont actuellement en service. Toutefois, leur puissance modérée (3 360 ch au régime continu) et surtout leur vitesse limite de 120 km/h, ne leur permettent pas d'assurer la remorque des trains de voyageurs les plus lourds et les plus rapides.

Les BB 16 000 à grande vitesse

Dans ce but ont été réalisées les locomotives à grande vitesse BB 16 000, à redresseurs « ignitrons » qui ne sont en fait qu'une extrapolation des précédentes, quoique d'un aspect extérieur complètement différent. Leur puissance est de 4 920 ch au régime continu, et leur vitesse maximum de 160 km/h. Elles peuvent soutenir cette vitesse en palier avec un train de 750 t et franchir avec un train de 1 000 t les rampes de 8 ‰ à 100 km/h et les rampes de 5 ‰ à 120 km/h.

Une série de 62 machines de ce type est en construction; 50 sont actuellement en service.

Les BB 16 500 mixtes

Mais, pour un très grand nombre de trains, les machines BB 12 000 se sont révélées surabondantes en ce qui concerne leur aptitude de traction. C'est pourquoi a été conçu un nouveau type plus léger, donc moins onéreux. Ce sont les BB 16 500, toujours du type à ignitrons, mais d'un poids de 67 t seulement et d'une puissance continue de 3 500 ch. Si ces machines restent dans la lignée directe des BB 12 000 et BB 16 000 du point de vue de leur équipement électrique, elles n'en comportent pas moins des originalités qui en font des locomotives vraiment révolutionnaires. C'est la première application dans le monde du bogie monomoteur. Elles ne comportent, en effet, que deux moteurs de traction, un par bogie, entraînant chacun deux essieux et réalisant ainsi un accouplement particulièrement favorable à l'adhérence, principalement en vitesse.

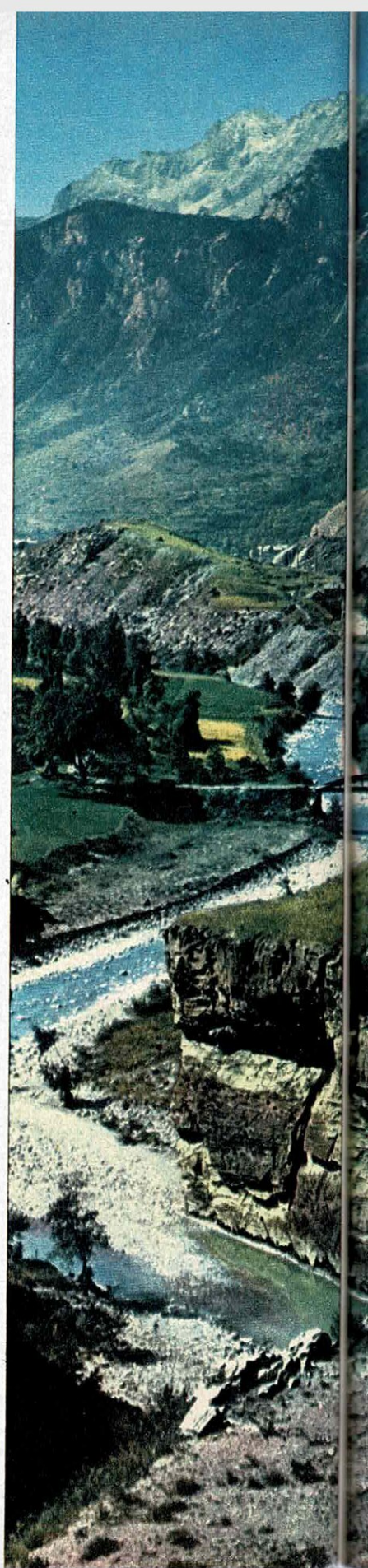
En outre, l'entraînement entre moteur et essieux comporte une double réduction d'engrenages qui permet de transformer, à l'arrêt et en quelques minutes, une locomotive « marchandises » à vitesse maximum de 90 km/h en locomotive « voyageurs » pouvant circuler à 150 km/h, et cela dans les meilleures conditions de fonctionnement des moteurs.

Du point de vue équipement électrique,



L'automotrice électrique de Chamonix

La rame diesel Gap-Briançon — Voir page 110





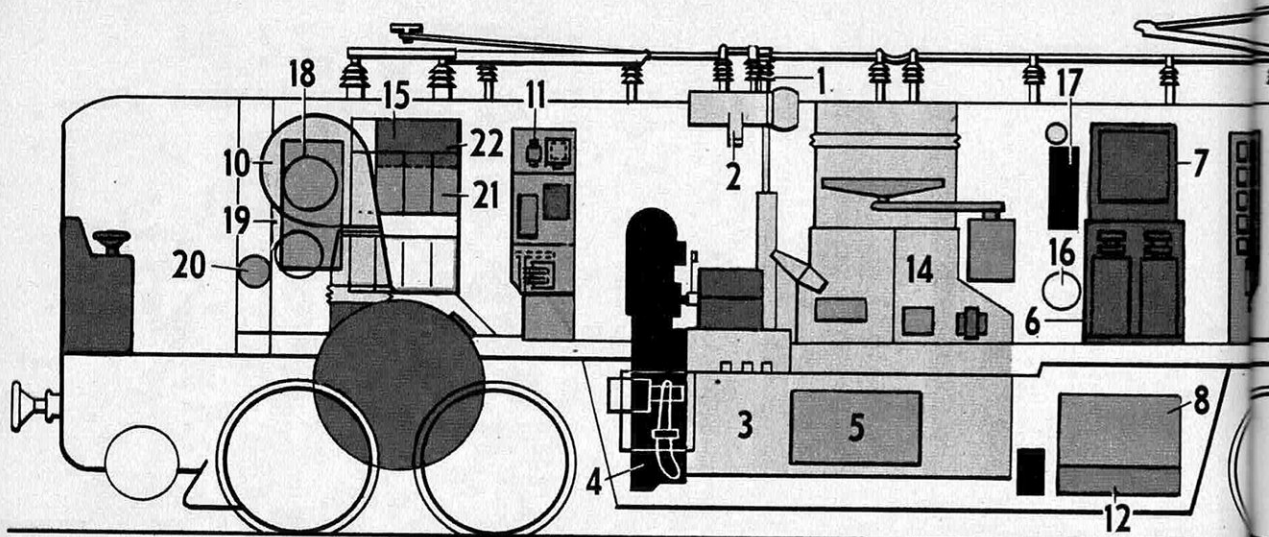


Diagramme d'une locomotive BB 16 500 à ignitrons pour voyageurs ou marchandises.

l'adoption de la double réduction présente un intérêt certain. En permettant de placer les caractéristiques effort-vitesse toujours au bon endroit, compte tenu du train à remorquer, le système permet de gagner sur la puissance globale de la locomotive. Pour réaliser une machine classique capable des mêmes performances que la BB 16 500 en service marchandises et voyageurs, 1 000 ch de plus auraient été nécessaires. La formule utilisée permet donc de gagner d'une manière générale sur le poids de l'équipement électrique. On peut estimer que, par rapport à une locomotive classique à quatre moteurs, le gain de poids sur les moteurs de traction est de l'ordre de 40 % et de 20 % sur le transformateur.

La charge allouée à ces machines en service marchandises est de 1 400 t en rampe de 10 ‰ et 2 400 t en rampe de 5 ‰. On voit tout le parti qui a ainsi pu être retiré du poids adhérent relativement faible de la machine grâce à l'action conjuguée du schéma électrique et de l'accouplement mécanique des essieux. Le coefficient moyen d'adhérence utilisé pour la détermination des charges allouées en service marchandises est encore plus élevé que pour les séries précédentes : 37 %.

Actuellement, 75 unités de ce type sont en service sur un ensemble de commandes de 205 locomotives. Les 50 dernières unités seront équipées d'excitrons pouvant fonctionner en onduleurs, c'est-à-dire assurer le freinage électrique en transformant le courant continu produit par les moteurs en courant alternatif renvoyé sur le réseau.

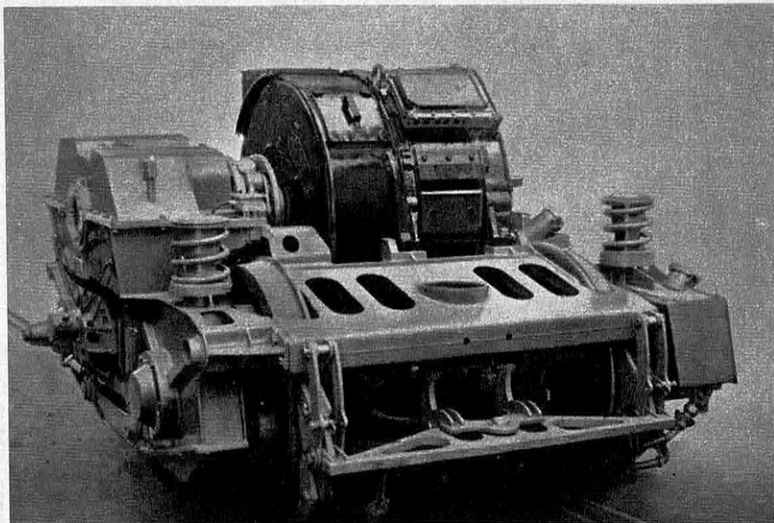
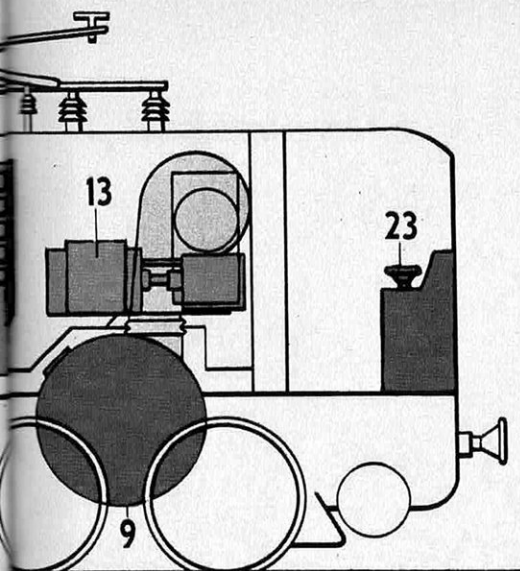
Signalons enfin que l'équipement électrique est conçu pour permettre la remorque, avec fortes accélérations, des rames réversibles de banlieue, ainsi que pour la traction en « unité multiple » (c'est-à-dire possibilité de commander plusieurs locomotives accouplées depuis un seul poste de conduite) de véritables trains cargos de 4 000 t.

On voit ainsi l'éventail de possibilités nouvelles offert par les BB 16 500, locomotives dont de nouvelles commandes importantes sont envisagées pour l'avenir.

Locomotives à courant continu

L'essor du monophasé n'a pas freiné pour autant le développement des locomotives à courant continu. Au contraire, la compétition a été fructueuse, en ce sens que ces dernières machines ont, à leur tour, dans bien des cas, bénéficié de certaines des innovations expérimentées sur leurs sœurs monophasées.

La technique du matériel à courant continu avait déjà atteint, au moment de la naissance du monophasé, un haut degré de perfectionnement. C'est ainsi que le 21 février 1954, entre Beaune et Dijon, la CC 7 121, locomotive strictement de série appartenant à la première lignée des machines de vitesse à adhérence totale, battait avec 243 km/h le record de vitesse sur rail. Ce record était d'ailleurs porté un an plus tard à 331 km/h, dans les Landes, par deux locomotives françaises n'ayant subi que de légères modifications n'entamant pas leur principe constructif : la CC 7 107 et la BB 9 004. Cette même CC

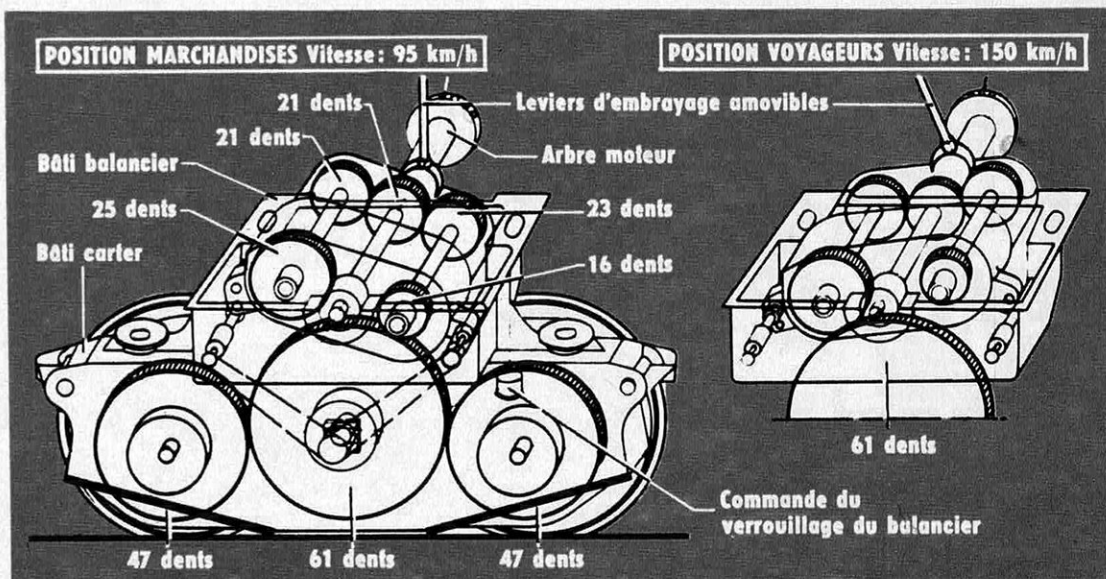


Un des bogies portant son moteur de traction.

Locomotive mixte BB 16 500

C'EST une locomotive pesant 67 t et développant 3 500 ch qui peut circuler, au choix, aux vitesses maximums de 90 km/h (service marchandises) et 150 km/h (service voyageurs). Chacun des bogies (en haut) ne comporte qu'un seul moteur de traction; l'empattement du bogie, très étroit, permet d'assurer la liaison des essieux par une seule roue dentée d'accouplement. C'est cette roue qui est attaquée, comme le montrent les dessins ci-dessous, par l'une ou l'autre roue d'un réducteur basculant dont on voit les deux positions; à gauche, forte réduction pour le service marchandises; à droite, faible réduction pour le service voyageurs. Le changement de rapport s'effectue

très simplement à l'arrêt. Chacun des moteurs de traction est alimenté par deux redresseurs ignitrons. Sur le schéma général: 1, disjoncteur; 2, commutateur de mise à la terre; 3, transformateur principal; 4, graduateur; 5, réfrigérant d'huile; 6, blocs ignitrons; 7, panneau d'excitation; 8, transformateur des auxiliaires; 9, moteur de traction; 10, groupe ventilateur; 11, bloc appareillage; 12, self de lissage; 13, groupe moto-compresseur; 14, redresseurs secs; 15, charge batterie; 16, groupe pompe à eau; 17, bloc eau; 18, réfrigérant d'eau; 19, réservoir de secours; 20, compresseur auxiliaire; 21, accumulateurs; 22, tableau batterie; 23, manipulateur.



Sur les rames diesel du Trans-Europ-Express

VOIR PAGE 13



← Salle à manger
de la rame
hollando-suisse
«Étoile du Nord»

La rame française -
Paris-Dortmund
en gare du Nord





La rame italiana qui dessert Marseille-Milan



7 107 accomplissait ensuite, en six mois, 363 000 km, soit 2 000 km par jour en moyenne, tandis que la BB 9 003, sœur de celle du record de vitesse, parcourait 448 000 km au cours de l'année 1956 : soit plus de onze fois le tour de la Terre.

Les BB 9 200 à grande vitesse

Les deux prototypes de locomotives BB cités ci-dessus ont donné naissance à une importante série : les locomotives à grande vitesse BB 9 200. Il faut signaler d'ailleurs que la même partie mécanique (caisse et bogie) a été également appliquée sur les BB 16 000 précitées, ce qui explique la similitude d'aspect des deux grandes séries de locomotives de vitesse des deux systèmes de courant : continu et monophasé.

Actuellement, 76 BB 9 200 sont en service sur 92 commandées.

D'une puissance de 5 570 ch au régime unihoraire, ces machines pèsent 77 t sans lest, poids tout à fait remarquable eu égard à l'énorme puissance de ces engins. Ces machines assurent maintenant la remorque des trains lourds et rapides dans des conditions aussi bonnes et bien sûr plus économiques que leurs devancières 2 D2 et CC.

A noter que 14 d'entre elles sont munies d'un freinage rhéostatique d'arrêt en vue d'accroître l'effort de freinage tout en ménageant les sabots des freins et les bandages des roues.

Malgré les bons résultats obtenus avec les BB 9 200, les progrès accomplis en traction monophasée ont conduit à étudier si les qualités des locomotives monophasées ne pourraient être transposées en partie aux locomotives à courant continu, en particulier en

adoptant des schémas électriques permettant une meilleure utilisation de l'adhérence et en accouplant mécaniquement les essieux. Le besoin se faisant sentir d'une locomotive pour services mixtes moins puissante que la BB 9 200 et destinée à couvrir en particulier les services des BB 8 100 classiques mais de technique relativement ancienne, c'est sur cette nouvelle locomotive à courant continu que furent appliqués l'ensemble des enseignements récents.

Les BB 9 400 légères

Ainsi sont nées les locomotives légères BB 9 400, de 2 900 ch. Elles pèsent 60 t et ont une vitesse maximum de 130 km/h.

Comme les locomotives BB 16 500 à courant monophasé, elles sont dotées de bogies monomoteurs. De plus, un dispositif antipatinage à commande électronique permet de réduire immédiatement l'effort d'un essieu qui patine pour lui permettre de se raccrocher, même dans les circonstances défavorables de moteurs en série avec le rhéostat de démarrage.

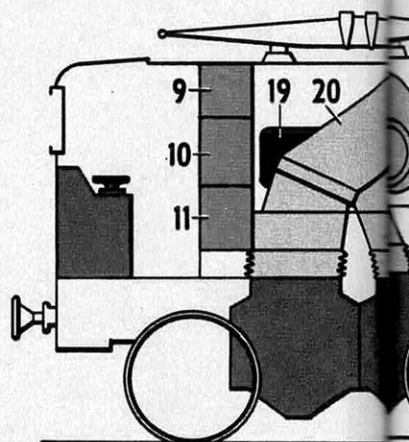
Le résultat combiné de ces diverses dispositions est que les nouvelles locomotives BB 9 400, malgré leur poids bien inférieur à celui des BB mixtes de 92 t (série 8 100), sont capables de performances identiques en service marchandises. De plus, leur vitesse limite de 130 km/h (au lieu de 105 km/h pour les BB 8 100) en fait de très bonnes machines pour les services voyageurs autres que ceux de très grande vitesse. Elles peuvent par exemple remorquer un train de voyageurs de 800 t à 130 km/h en palier. Si l'on observe que la même machine peut remorquer un train de marchandises de 1 000 t à 60 km/h en rampe

Locomotive BB 9 200

CETTE locomotive, qui pèse 77 t sans lest développe une puissance de 5 230 ch. Sa vitesse maximum est de 160 km/h. Elle est destinée spécialement à la remorque des trains lourds et rapides sur les lignes électrifiées en courant continu 1 500 V. A l'heure actuelle 75 de ces machines sont en service.

Sur le schéma :

1, compresseurs; 2, inverseurs; 3, contacteurs de shuntage; 4, relais de décel de patinage; 5, relais servo-moteur; 6, tableau auxiliaire haute tension; 7, relais de protection; 8, batterie d'accumulateurs; 9, casier à vivres; 10, four; 11, outillage; 12, servo-moteurs; 13, réservoir principal; 14, relais d'accélération; 15, relais différentiel; 16, contacteur de chauffage; 17, ventilateur; 18, moteurs de traction; 19, shunt inductif; 20, ventilateur; 21, contacteurs couplage-démarrage; 22, disjoncteur; 23, moteur du ventilateur; 24, shunt inductif; 25, compresseur auxiliaire; 26, régulateur de pression; 27, manipulateur; 28, pupitre.





de 8 ‰, on mesure la grande polyvalence de ces nouvelles locomotives BB légères à courant continu.

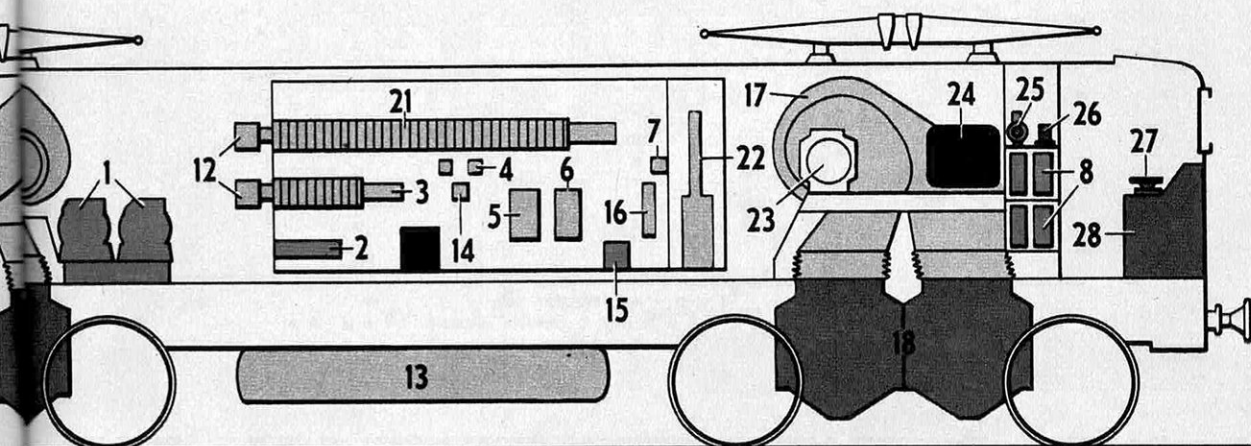
Actuellement, 16 locomotives BB 9 400 sont en service et 100 autres en construction. De nouvelles commandes sont envisagées pour renouveler progressivement le parc et faire face aux augmentations de trafic.

Ainsi, en l'espace d'une dizaine d'années, la locomotive BB à grande vitesse de 80 t a détrôné la 2 D2 de 140 t; la BB mixte de 60 t a remplacé la BB mixte de 92 t. On voit que le courant continu n'a pas démerité et qu'il est encore riche de possibilités.

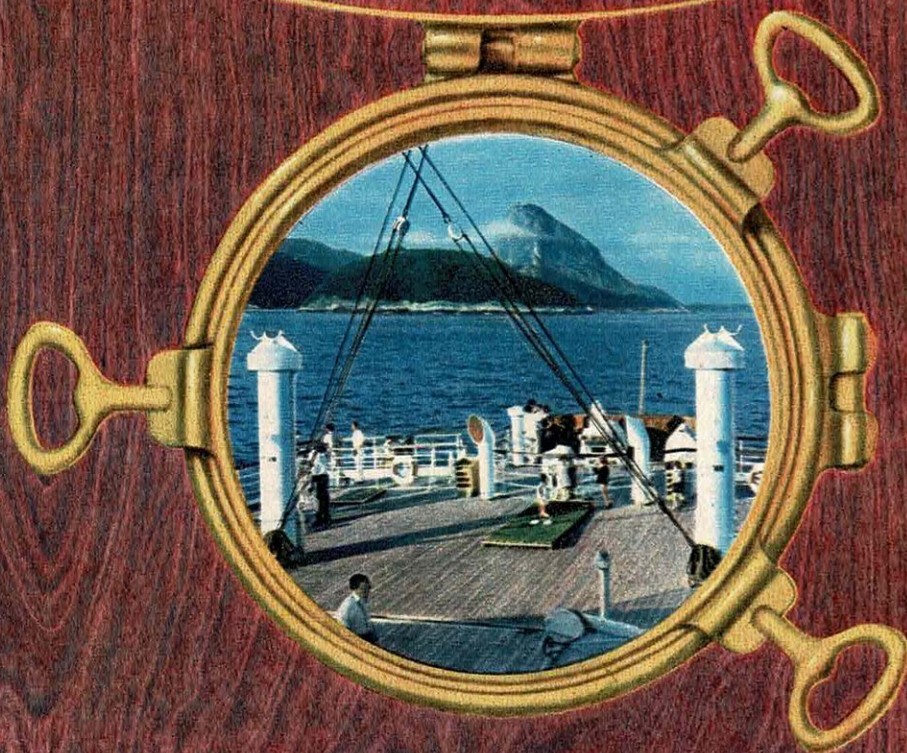
Locomotives polycourant

Ce panorama des récentes réalisations de la S.N.C.F. en matière de matériel moteur ne serait pas complet si nous omettions de citer divers exemples de locomotives capables de fonctionner sous plusieurs systèmes de courant.

Le développement des deux systèmes monophasé et continu, bien qu'assez nettement différenciés jusqu'à présent du point de vue géographique (traction monophasée dans le Nord-Est, traction continue dans l'Ouest, le Sud-Ouest et le Sud-Est), va néanmoins



**Compagnie Maritime des
CHARGEURS RÉUNIS**



L'AMÉRIQUE DU SUD

45 jours de croisière

BRÉSIL - URUGUAY - ARGENTINE

*via: L'ESPAGNE, LE PORTUGAL, MADÈRE,
LES ILES CANARIES*

3, BOULEVARD MALESHERBES - PARIS - ANJOU 08-00

Aux agents et représentants de la C^{ie} ainsi qu'aux agences de voyages

poser de plus en plus le problème des jonctions entre les deux systèmes. La carte des lignes électrifiées montre que des points de contact existent déjà à Aix-les-Bains et à Dole. Mais il faudra bientôt compter avec la jonction Dijon-Neufchâteau, avec Marseille-Vintimille et Le Mans-Rennes qui seront sans doute électrifiées en monophasé, avec tout le complexe de Paris.

D'autre part, il convient d'assurer la connexion avec les chemins de fer étrangers, comme déjà à Bâle avec les Chemins de fer suisses électrifiés en monophasé de fréquence spéciale (16 2/3 Hz).

Pour ce genre de liaison, le choix s'offre entre deux formules : les gares polycourant ou les locomotives polycourant.

Les gares polycourant sont équipées de caténaires susceptibles d'être alimentées avec les différents systèmes en présence. C'est le cas à Dole (continu 1 500 V et monophasé 25 kV-50 Hz) et pour certaines voies de Bâle (monophasé 15 kV/16 2/3 Hz et 25 kV/50 Hz). Mais les dispositions complexes nécessaires pour assurer l'exploitation avec assez de souplesse et de sécurité ne permettent pas d'aménager ainsi de gros nœuds ferroviaires.

D'où la nécessité d'intégrer dans les parcs de locomotives un certain nombre d'*engins polycourant*.

Engin bi-fréquence à courant monophasé 50 Hz et 16 2/3 Hz

L'engin polycourant ne pose, à vrai dire, pas de problème d'électrotechnique insurmontable. Il s'agit, en fait, de juxtaposer en les amalgamant des équipements qui, pris individuellement, sont parfaitement au point, qu'il s'agisse de 1 500 V ou 3 000 V courant continu ou de monophasé 50 Hz ou 16 2/3 Hz. La difficulté résulte davantage des impératifs de poids et d'encombrement qu'il convient de respecter. Enfin, il faut rester dans des limites de prix raisonnables.

Les engins bi-fréquence pourront être équipés soit de moteurs à courant continu alimentés par redresseurs, soit de moteurs série monophasés. Dans cette dernière hypothèse, il faut bien entendu que les moteurs soient du type 50 Hz qui comportent, entre autres choses, davantage de pôles comparativement aux moteurs série 16 2/3 Hz.

La locomotive bi-fréquence pose deux problèmes importants :

— celui du transformateur 50 Hz - 16 2/3 Hz;

— celui des auxiliaires.

Un transformateur conçu pour 50 Hz ne peut être alimenté tel quel en 16 2/3 Hz. Les

inductions dans le fer, compte tenu même de la tension plus faible en 16 2/3 Hz (15 kV) qu'en 50 Hz (25 kV) seraient tout à fait inadmissibles. On est donc amené à augmenter les sections de fer, ce qui, en définitive, se traduit par un surdimensionnement général de l'appareil qui double pratiquement son poids par rapport au transformateur 50 Hz, ceci en admettant que l'on veuille obtenir les mêmes performances dans les deux systèmes.

Cette exigence impose d'ailleurs, pour tenir compte du rapport des tensions des deux réseaux, 25 kV, 15 kV, de prévoir sur le secondaire du transformateur une prise supplémentaire pour maintenir la constance de la tension aux bornes des moteurs.

Il convient en outre dans tous les cas d'assurer un fonctionnement normal des groupes auxiliaires de la machine. La solution la plus simple consistera à adopter, pour l'entraînement de ceux-ci, des moteurs à collecteurs alimentés, par exemple, par des redresseurs secs.

Par rapport à une locomotive 50 Hz, le supplément de poids de l'équipement électrique d'une machine bi-fréquence développant toujours la même puissance est de l'ordre de 25 %.

La S.N.C.F. possède à l'heure actuelle 4 machines bi-fréquence en service sur la ligne Strasbourg-Bâle (BB 20 101 à 20 104). Deux de ces machines sont équipées de moteurs série monophasés, les deux autres comportant des moteurs à courant continu alimentés par redresseurs.

Nous citerons plus spécialement la locomotive BB 20 103 caractérisée par ses bogies monomoteurs et par son équipement à redresseurs au silicium. C'est actuellement la locomotive au silicium la plus puissante du monde.

Engin bi-courant 1 500 V courant continu et monophasé 50 Hz

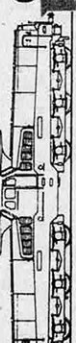



C'est ce type d'engin qui est spécialement utile à la S.N.C.F. pour ses liaisons intérieures entre 1 500 V et 50 Hz. Certaines locomotives de ce genre sont en service depuis plusieurs années en Savoie où la liaison entre les deux systèmes s'effectue en gare d'Aix-les-Bains, avec, toutefois, une puissance très réduite en 1 500 V (environ 600 ch) suffisante simplement pour démarrer le train de la gare d'Aix.

Le problème d'avenir est de réaliser des machines assez puissantes dans les deux systèmes pour effectuer des interpénétrations suffisantes.

Pour l'équipement monophasé, la solution

LOCOMOTIVES A COURANT CONTINU 1500 V

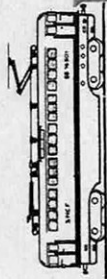
A COURANT MONOPHASE 25 000V - 50 Hz

A COURANT MONOPHASE		25 000V - 50 Hz	
	CC 14000		
1955	20	OERLIKON	23,2
			40,6
			3590
			60
			122,2
	CC 14100		
1954	102	ALSTHOM	23,2
			28,5
			2520
			60
			124
	BB 12000		
1954	148	MTE	19
			47
			3360
			120
			82,4
	BB 13000		
1954	53	MTE	11,8
			65
			2900
			120
			84,2



BB 16000

1958	62	MTE	15,2	85	4920	160	84
			Voyageurs	Marchand.		Voy.	Mar
			11,3	19,2	82	48	
					3500	150	90
							67,5



BB 16500

1958	204	ALSTHOM					
------	-----	---------	--	--	--	--	--

BI-COURANT MONOPHASE 25 000V - 50 Hz 15 000V - 16 ²/₃ Hz

BB 20101 - 102

1958	2	DERLIKON	11,8	11,5	95	93	4260	4070	160	84,5
			25000	15000	25000	15000	25000	15000		



BB 20103

1958	1	BBC	13,3	13,3	97	77,5	4880	3920	160	82
			25000	15000	25000	15000	25000	15000		



BB 20104

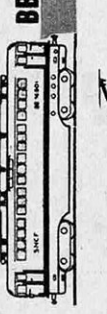
1958	1	BBC	20,1	20,1	64	51	4880	3920	105	84
			25000	15000	25000	15000	25000	15000		



BI-COURANT MONOPHASE 25000V - 50 Hz 1500V CONTINU

BB 20004

1960	1	ALSTHOM	11,3	19,2	6	10,2	82	48	69	40	3500	1570	150	90	70
		(Transf. SNCF)	Voy.	Mar	Voy.	Mar	Voy.	Mar	Voy.	Mar					



BB 20005

en constr.	1	CEM	14,8	17,8	87	68	4920	4600	160	83,5
		(Transf. SNCF)	25000	1500	25000	1500	25000	1500		



TRI-COURANT 25 000V - 50 Hz 3 000V CONTINU 1500V CONTINU

BB 26001 - 002

en constr.	2	CEM	11	16,5	69	46	2980	150	100	68
			Voyageurs	Marchand.	Voyageurs	Marchand.				



25 000 V - 50 Hz, 3 000 V et 1 500 V continu

à redresseur est celle que l'on rencontre en général sur les engins bi-courant actuellement en construction ou en projet. Nous l'examinerons plus spécialement.

Si nous partons d'une locomotive classique à 1 500 V dont le démarrage s'effectue toujours par élimination d'un rhéostat, nous pourrions aboutir à la machine bi-courant en adjoignant à l'équipement d'origine un équipement monophasé constitué, pour l'essentiel, par un ensemble transformateur-redresseur.

Le transformateur à rapport de transformation fixe alimente des redresseurs qui délivrent du courant continu 1 500 V à tension constante. Le courant continu ainsi obtenu est envoyé aux bornes de l'ensemble rhéostat plus moteurs de traction de l'équipement 1 500 V. Avec cette solution, on démarre de la même manière sous les deux caténaires, par élimination du rhéostat.

Le fonctionnement des auxiliaires ne soulève pas de difficultés particulières. Quelle que soit la tension de la caténaire, on dispose toujours de 1 500 V sur la locomotive. Les auxiliaires seront donc du même type que ceux que l'on rencontre sur les machines 1 500 V (groupes tournants entraînés par moteur à collecteur 750 ou 1 500 V).

Automotrices de montagne →

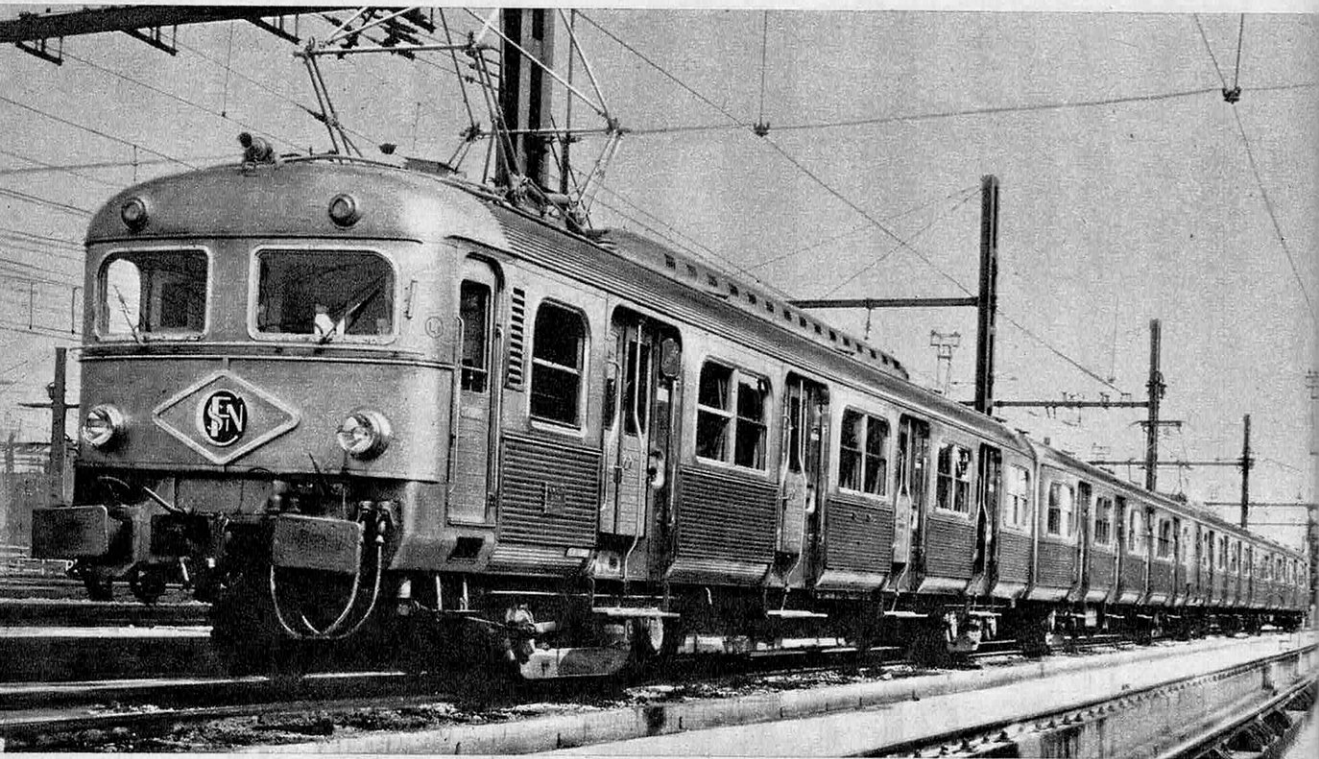
Les automotrices Z 600 ont été conçues pour des voies métriques de montagne électrifiées en courant continu 750 V. Celle-ci contre a été mise en circulation depuis peu au pied de la chaîne du Mont-Blanc sur la ligne St-Gervais-le-Fayet - Vallorcine.

En appliquant ce schéma, on aboutit à une locomotive ayant la même puissance dans les deux systèmes, mais on perd l'avantage de la bonne adhérence « électrique » des locomotives monophasées en raison du rhéostat qui reste utilisé dans tous les cas.

Aussi peut-on préférer juxtaposer les deux équipements classiques monophasé (à réglage de tension sur le transformateur) et continu (par rhéostat) quitte, peut-être, à avoir une puissance plus faible dans ce dernier cas pour ne pas compliquer exagérément la locomotive.

Les deux exemples qui suivent illustrent des réalisations découlant de ces deux principes :

La locomotive BB bi-courant 20 004 a été prévue pour fonctionner à puissance réduite sous une tension de 1 500 V et à pleine puissance avec un courant monophasé de 25 kV - 50 Hz.





Elle a été réalisée en partant d'une locomotive monophasée BB 16 500, mais en acceptant une puissance limitée à 1 570 ch en courant continu.

En continu, elle développe un effort suffisant pour démarrer les trains et les acheminer depuis une gare 1 500 V jusqu'au point de jonction proche avec le 50 Hz.

Afin de simplifier au maximum l'équipement, on admet le fonctionnement des deux moteurs de traction sans ventilation sous caténaire 1 500 V.

Pour le fonctionnement en bi-courant, on a adjoint à l'équipement d'origine un bloc rhéostat pour le démarrage des moteurs montés en série sous 1 500 V. Le rhéostat est refroidi par deux groupes de ventilation qui en outre, en monophasé, assurent la réfrigération de l'huile du transformateur principal. Le groupe compresseur d'origine a été rem-

placé par un groupe entraîné par un moteur à courant continu 1 500 V alimenté par un pont de redresseurs au silicium.

Chacun des pantographes de la locomotive est spécialisé soit en 1 500 V, soit en 25 kV. Le conducteur sélectionne le pantographe voulu.

Cette locomotive est actuellement en service dans la zone d'Aix-les-Bains, sur les lignes de Savoie.

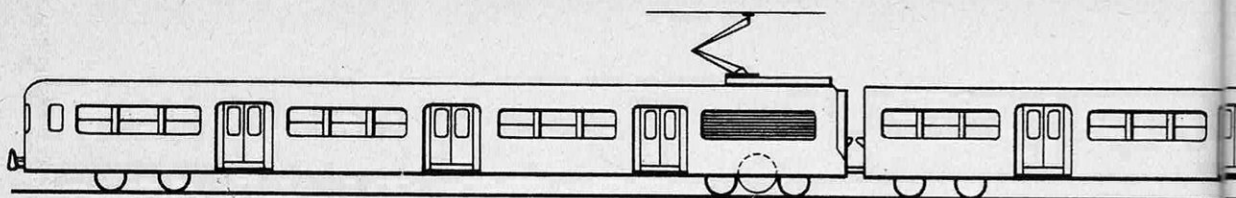
De nouvelles réalisations découlant du même principe sont en cours d'études, mais avec une puissance en courant continu portée à 2 400 ch.

D'autre part, une locomotive BB 16 000 va être modifiée de la même manière et aura une puissance de 4 600 ch en courant continu.

Les locomotives tri-courant BB 26 001-26 002 dérivent des locomotives à courant continu BB 9400; elles développent une puissance de 3 000 ch en 1 500 V et 3 000 V courant continu, et en 50 Hz. Elles sont équipées de deux moteurs de traction et comportent un dispositif de changement de rapport de réduction. Dans ces conditions, elles sont susceptibles de rouler aux vitesses maximum de 100 ou 150 km/h, suivant le rapport choisi. Les redresseurs utilisés pour l'obtention de 1 500 V

← **Automotrices de banlieue**

Ces automotrices type Z 5 100 sont en service sur les lignes de banlieue électrifiées en courant continu 1 500 V. Familières aux Parisiens, elles ont une puissance de 1 210 ch et peuvent circuler à une vitesse maximum voisine de 120 kilomètres/heure.



Prototype de rame en acier inoxydable pour lignes de

courant continu sous caténaire 25 kV sont du type au silicium et ventilés.

Le démarrage est dans tous les cas obtenu par élimination d'un rhéostat de démarrage.

Elles pourront remorquer, par exemple, un train de voyageurs de 500 t en palier à 150 km/h ou un train de marchandises de 800 t en rampe de 10‰ à la vitesse de 45 km/h. Elles seront susceptibles, entre autres, d'assurer la continuité du trafic sur Paris-Bruxelles-Amsterdam. Ces machines seront mises en service au début de 1961.

Automotrices électriques

Les automotrices ont fait l'objet d'un développement peut-être moins spectaculaire que les locomotives, mais comportant également des réalisations intéressantes et significatives. Dans le domaine plus particulier des services de banlieue, un grand avenir est encore promis à ce genre d'engins.

Les premiers éléments automoteurs réalisés après la guerre sont ceux, maintenant bien connus du public parisien, qui furent mis en service sur la banlieue sud-est. Ils se composent de deux ou trois voitures et sont accouplables entre eux pour constituer des rames de grande capacité. Une seule des voitures est motrice, la voiture opposée étant seulement équipée d'une cabine de conduite. Chacun des quatre essieux de l'automotrice est moteur; la puissance totale atteint 1 210 ch en régime continu et permet une accélération élevée au démarrage (0,80 m/s²). Les caisses sont entièrement réalisées en acier inoxydable suivant une technique déjà utilisée sur les automotrices « Budd » mises en service avant la guerre entre Paris et Chartres. Des éléments identiques ont été par la suite construits pour la modernisation des banlieues à courant continu 1 500 V des Régions Sud-Ouest et Ouest. A l'heure actuelle, 82 éléments modernes assurent le trafic de banlieue : 50 comportant une seule remorque et 32 deux remorques.

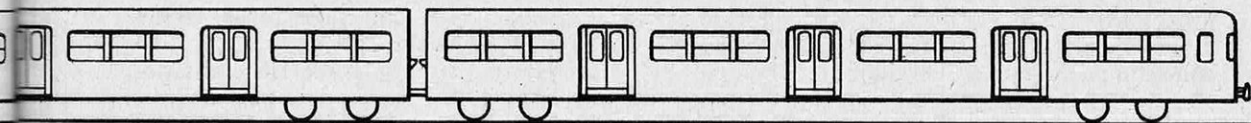
Plus récemment, la S.N.C.F. a mis en service des automotrices dites « tous services » destinées à assurer sur ses lignes électrifiées le trafic léger normalement confié aux auto-

rails unifiés de 825 ch. Leur aspect extérieur et leur couleur rappellent d'ailleurs ce dernier matériel et si ce n'était la présence du pantographe sur la toiture, elles pourraient facilement être confondues avec lui. Ce sont des engins légers (55 t), d'une puissance de 1 160 ch, pouvant circuler à 120 km/h, même en assurant la traction de trois remorques d'autorail.

Avant de quitter le domaine du courant continu, mentionnons les quatre éléments automoteurs à 750 V et prise de courant par 3^e rail mis en circulation ces dernières années sur la ligne à voie étroite qui relie, en Savoie, St-Gervais-les-Bains à Vallorcine et qu'on appelle plus couramment « la ligne de Chamonix ». Ouverte à la circulation entre 1901 et 1908, cette ligne pittoresque comporte des déclivités de 70, 80 et même 90 mm par mètre. L'élément automoteur est normalement constitué par deux automotrices à adhérence totale fonctionnant en unités multiples et encadrant une remorque. Les automotrices sont dotées d'un équipement de freinage rhéostatique et tous les bogies moteurs ou porteurs sont munis de patins de frein électromagnétiques pouvant être mis simultanément en service sur tous les véhicules d'une rame, soit volontairement, soit automatiquement dans le cas d'une rupture d'attelage entre véhicules. Ce matériel réalise la liaison St-Gervais - Chamonix en 36 minutes, soit un gain de 26 minutes sur les horaires précédents, qui étaient, il est vrai, ceux d'un matériel plus que cinquantenaire. Bel exemple de longévité du matériel électrique puisqu'une partie est encore mise à contribution pour assurer les pointes de trafic !

Dans le domaine du monophasé, il n'a pas été jusqu'à maintenant construit de matériel de série. Quelques automotrices circulent en Savoie. Ce sont d'anciennes automotrices à courant continu qui ont été transformées et qui assurent depuis 1951 le service des voyageurs tout en servant de plates-formes d'essais mobiles pour divers équipements : ignitrons, redresseurs au germanium ou au silicium, etc.

Cependant, en vue d'assurer le service des lignes de banlieue à courant monophasé, la S.N.C.F. fait réaliser actuellement différents



e banlieue, pouvant emporter 400 voyageurs, avec automotrice équipée pour le courant monophasé 50 Hz.

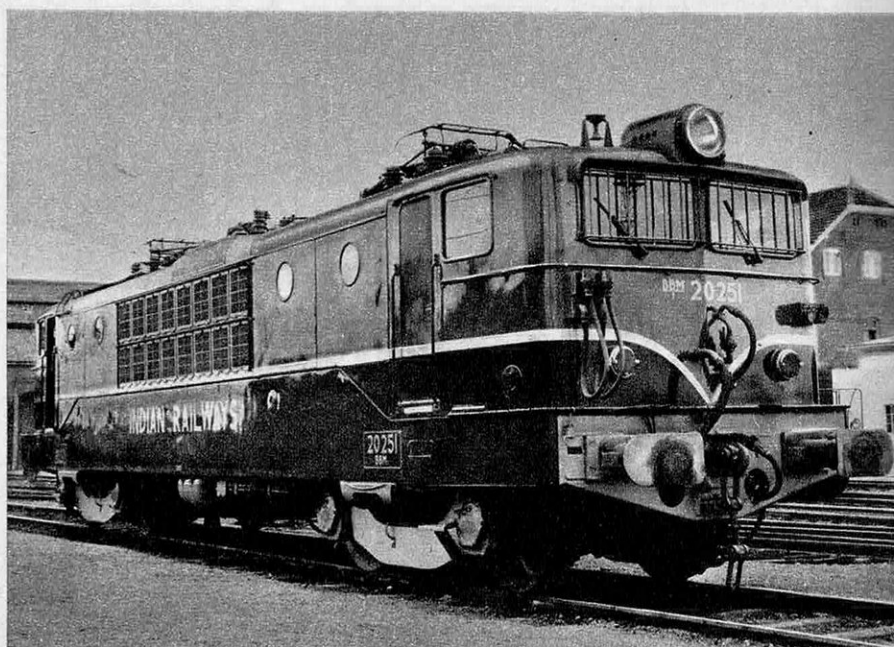
Locomotive BB portugaise

Cette locomotive des chemins de fer portugais est fabriquée par Alsthom pour la partie électrique et Henschel pour la partie mécanique. Elle développe une puissance de 2 700 chevaux à 62 km/h et peut atteindre une vitesse maximum de 120 kilomètres à l'heure. Conçue pour une alimentation en courant monophasé 50 Hz sous une tension de 25 000 V, elle est équipée de redresseurs à ignitrons. Son poids total est de 71,5 tonnes.



Locomotive pour l'Inde

Ces machines de type BB développent une puissance de 2 840 ch et peuvent circuler à la vitesse maximum de 112 km/h. D'un poids de 75,2 t, elles peuvent assurer le service des trains de marchandises et de voyageurs. Elles sont équipées de redresseurs à ignitrons et s'inspirent des récentes locomotives françaises 50 Hz. Les 100 exemplaires de la série ont été construits par le Groupement des Grands Constructeurs Européens.



prototypes d'automotrices : quatre au total destinés chacun à tirer deux remorques. Chacune comportera un seul bogie moteur équipé, comme les locomotives BB 9400 et 16 500, d'un moteur de traction unique. On escompte ainsi faire bénéficier le matériel de banlieue des progrès accomplis dans le domaine de l'adhérence. L'équipement électrique de ces prototypes fait ressortir plusieurs variantes : une d'entre elles est équipée d'un moteur monophasé « direct », mais les trois autres sont du type à redresseurs. Pour ces dernières, la S.N.C.F. a préféré utiliser, au lieu et place de redresseurs à vapeur de mercure (ignitrons ou excitrons), des redresseurs à semi-conducteurs (silicium).

La construction mécanique des nouvelles automotrices a fait également l'objet de soins attentifs. La construction surbaissée avec plancher à 900 mm du plan des rails est tout à fait nouvelle et permettra un accès facile et rapide des voyageurs.

Ainsi, l'électrification des lignes françaises se poursuit. La cadence des programmes actuellement connus permet d'espérer que le réseau électrifié atteindra en 1970 environ 8 000 km, soit plus de 20 % de l'ensemble des lignes, et

que quelque 70 % du trafic seront assurés en traction électrique.

Les efforts, les études et les réalisations audacieuses de la France en matière d'électrification ont eu un grand retentissement et la S.N.C.F. est fière d'être à l'origine du développement de la traction à fréquence industrielle dans le monde.

Après avoir vu nos réalisations, la Grande-Bretagne, l'Inde, le Japon, le Luxembourg, le Portugal, la Russie, la Chine, la Turquie ont entrepris leur électrification en fréquence industrielle. La Yougoslavie suivra bientôt.

En Inde, la S.N.C.F. a été choisie comme conseiller technique des chemins de fer de ce grand pays pour la première étape d'un très vaste programme. La Chine, la Russie, la Turquie, le Luxembourg ont commandé des locomotives ou des automotrices françaises. L'Inde et le Portugal en ont commandé à un groupement européen comprenant en bonne place les constructeurs français.

Telle est la preuve du rayonnement dans le monde de la traction électrique française.

Marcel TESSIER, ingénieur principal
Louis LOUSSERT, ingénieur divisionnaire

Locomotive pour la Russie

50 de ces locomotives du type CC, de 6 000 ch en régime continu, ont été construites par l'industrie française pour les chemins de fer russes. Elles se répartissent en : 10 locomotives pour service voyageurs, 160 km/h ; 40 pour trains de marchandises, 100 km/h, dont 10 avec système de freinage par récupération. Ces machines qui pèsent 126 et 138 t sont toutes équipées de redresseurs à ignitrons.



L'alimentation des lignes électrifiées

SOUS-STATIONS ET TÉLÉCOMMANDE

L'ÉVOLUTION qui s'est produite dans les installations pour la distribution de l'énergie aux lignes électrifiées de la S.N.C.F. n'est pas aussi spectaculaire que celle qui vient d'être exposée pour les locomotives. Elle est cependant réelle.

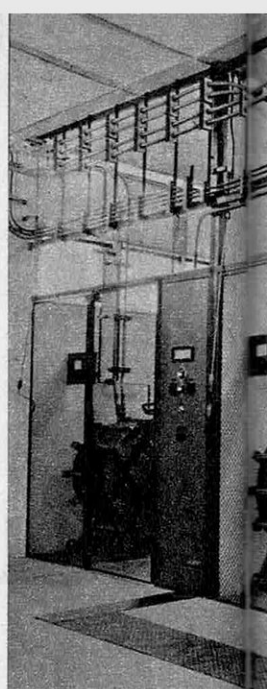
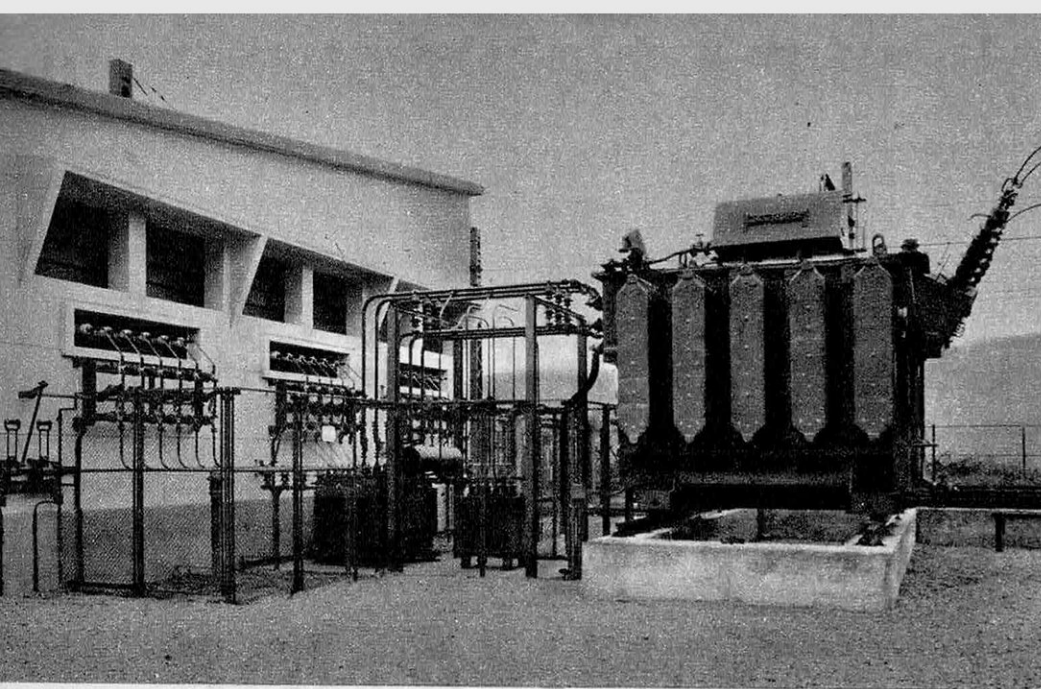
Rappelons tout d'abord l'importance de la S.N.C.F. comme consommateur d'énergie électrique. Depuis 1952, sa consommation a augmenté de 80 %. En 1959, elle a atteint 4 % de la consommation française totale. Ce consommateur qu'est la S.N.C.F. présente d'ailleurs deux particularités : la première, assez peu favorable en réalité, est la variation importante, à chaque instant, de l'énergie consommée aux différents points de ponction. Le point de consommation, c'est-à-dire la locomotive et son train, est, par essence, mobile, et les points de ponction, les sous-stations, sont, eux, fixes. La seconde particularité, celle-ci très favorable, est que la plus forte proportion de l'énergie totale demandée pour la traction des trains l'est la nuit, c'est-à-dire aux heures creuses de la consommation générale française.

1 600 000 kVA de puissance installée

Pour distribuer cette énergie aux lignes caténaires qui assurent l'alimentation des locomotives, l'ensemble actuellement en service comprend :

- 238 sous-stations de conversion pour la traction à courant continu 1 500 V, représentant une puissance installée de 1 024 000 kW ;
- 32 sous-stations pour la traction monophasée 25 kV-50 Hz, représentant une puissance installée de 535 000 kVA.

C'est précisément la mobilité des points de consommation qui rend nécessaire d'aussi fortes puissances installées : quand le train Mistral remorque ses 900 t à 150 km/h, chacune des sous-stations, de Paris à Avignon, doit pouvoir lui fournir à son passage les 3 000 ou 4 000 kW nécessaires, passage qui ne dure qu'une dizaine de minutes. Précisons également que les chiffres cités ci-dessus comprennent les puissances installées en réserve, puissances que nous diminuons de plus en plus, grâce à l'amélioration technique des appareils.



Un principe d'origine a toujours été conservé : celui de la double alimentation. Chaque sous-station est donc raccordée au réseau général, soit par deux lignes en antenne provenant d'un poste E.D.F. voisin, soit par le passage d'une ligne en dérivation, alimentée aux deux extrémités.

L'évolution dans ce domaine est surtout liée à l'évolution du réseau général haute tension. Celui-ci devient de plus en plus étoffé. Par suite, les lignes à construire pour l'alimentation des sous-stations sont souvent très courtes. Dans le cas des sous-stations à courant continu, selon les besoins locaux, l'E.D.F. utilise parfois cette alimentation pour créer un poste de distribution moyenne tension, commun alors avec la sous-station S.N.C.F. C'est le cas de six des quatorze sous-stations de la ligne Lyon-Nîmes. Pour les sous-stations monophasées, où les installations sont très simples, il a pu être possible parfois de s'installer à l'intérieur d'un poste de l'E.D.F. et d'éviter ainsi toute construction de ligne. Si la ligne à construire n'est destinée qu'à la sous-station, elle est alors monophasée (deux conducteurs). Respectant le principe de la double alimentation, on construit alors, en général, deux lignes entièrement séparées. Toutefois, si la distance est très réduite (de l'ordre du kilomètre), les deux lignes sont montées sur le même support : les incidents sur les lignes elles-mêmes sont, en effet, rares. Tous les conducteurs sont en aluminium et âme d'acier, les sections les plus fréquemment utilisées étant 182 et 228 mm².

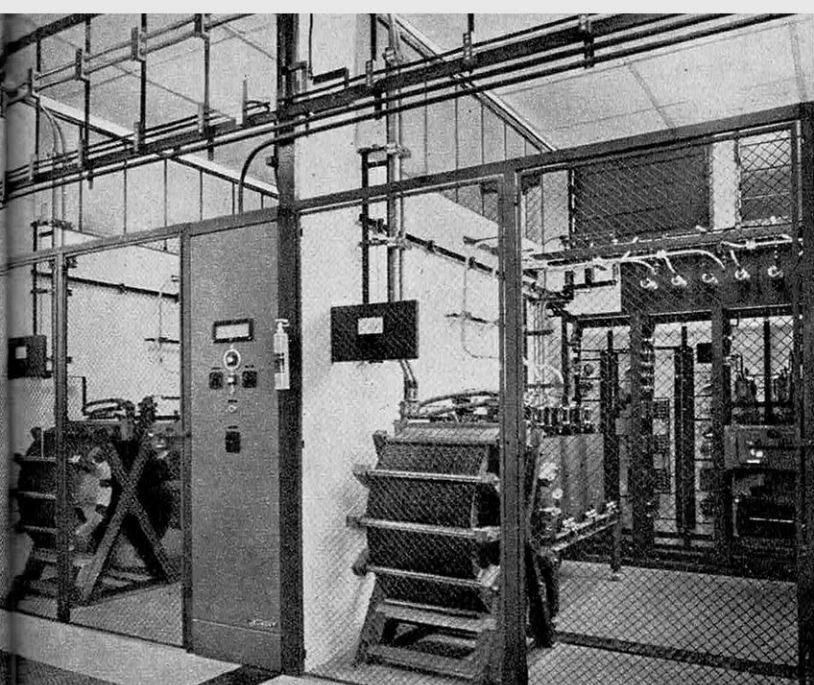
Sous-stations à courant continu

L'électrification Paris-Lyon (1950) avait généralisé l'emploi de redresseurs polyanodiques, refroidis par eau, à vide entretenu, et de grande puissance. Par ailleurs, un groupe de traction comprenait un ensemble transformateur et redresseur autonome.

Les redresseurs utilisés maintenant sont tous des appareils à vapeur de mercure, mais scellés et ventilés (refroidissement par air). Le plus souvent, ce sont des cuves monoanodiques, six d'entre elles constituant un ensemble redresseur. Par ailleurs, les constructeurs de transformateurs et de disjoncteurs sont parvenus à fournir des appareils tels que l'incident sur ceux-ci est exceptionnel. Aussi, une sous-station de 4 000 kW est ainsi composée : un disjoncteur et un transformateur uniques, extérieurs; trois sectionneurs hexapolaires d'anodes, extérieurs également, permettant l'isolement éventuel de chacun des trois groupes redresseurs installés, eux, à l'intérieur du bâtiment. La sous-station peut fonctionner, à puissance réduite, avec deux groupes redresseurs seulement.

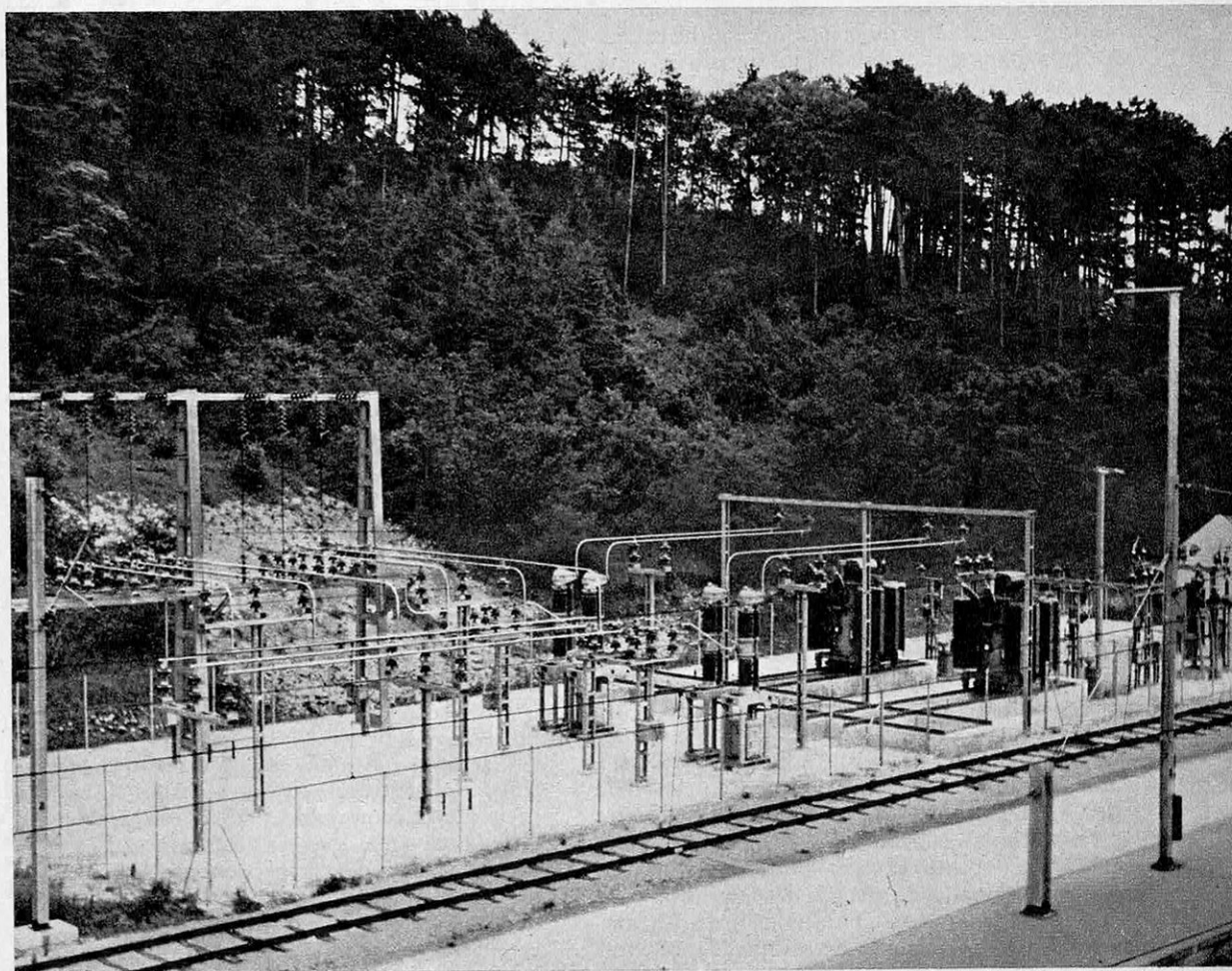
Entre le transformateur et les redresseurs, on intercale, d'une part une self dite self d'écarterement, supprimant la remontée de la tension à vide, et des selfs de répartition dont le rôle est de répartir les courants entre les anodes de même phase des différents redresseurs.

Pour obtenir une tension constante en fonction de l'intensité débitée par les redresseurs, tout au moins jusqu'à la valeur nomi-



← **SOUS-STATION TYPE LYON-NIMES :** La photo de gauche montre l'appareillage extérieur, et, près du bâtiment, les trois sectionneurs hexapolaires. La photo de droite représente, à l'intérieur du bâtiment, les trois groupes redresseurs avec leurs cuves monoanodiques et, à l'entrée, leur self de lissage.

SOUS-STATION 50 PÉRIODES : Cette vue extérieure, qui montre les transformateurs, disjoncteurs et sectionneurs, permet aussi de se rendre compte de l'extrême petitesse du bâtiment par rapport à celui nécessité par une sous-station telle que celle ci-dessus.



nale de l'intensité, les redresseurs comportent un réglage par grilles alimentées à travers des selfs.

La tension continue est distribuée aux différentes caténaires par des disjoncteurs ultrarapides polarisés, qui fonctionnent non seulement sous l'influence d'un maximum d'intensité, mais aussi sous celle de l'augmentation dans le temps de ce courant, grâce à un shunt inductif. Tous les appareils qui concourent à l'alimentation d'une voie, soit entre deux sous-stations, soit entre une sous-station et un poste de sectionnement, sont asservis les uns aux autres : par un circuit pris dans le câble téléphonique et alimenté en 48 V continu, l'ouverture d'un disjoncteur provoque l'ouverture de tous les autres. Les services auxiliaires sont alimentés par un transformateur unique 63 kV/200 V.

Sous-station à courant alternatif 25 kV

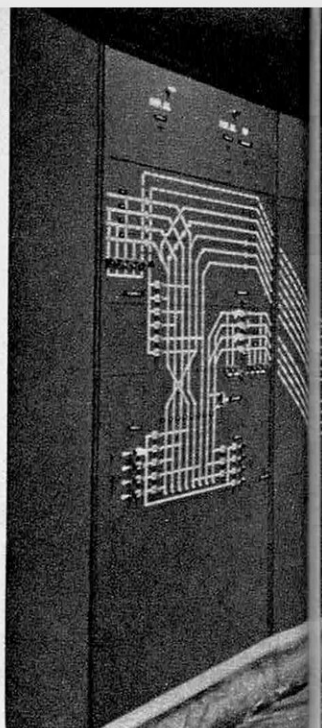
Quoique ces premières sous-stations ne datent que de 1934 (électrification Valenciennes-Thionville), on constate déjà une évolution. Pour diminuer les déséquilibres apportés dans le réseau haute tension par la ponction monophasée de la traction, les premières sous-stations étaient équipées avec un groupe Scott. Un groupe Scott comporte un transformateur dit « base » alimenté entre deux phases et un second transformateur dit « hauteur », raccordé entre la troisième phase et le point milieu de l'enroulement du transformateur base. Les tensions délivrées par les transformateurs base et hauteur sont décalées de 90 degrés et par suite, les lignes caténaires doivent comporter une section électriquement neutre au droit des sous-stations.

Mais, pour que l'équilibre apporté par un tel groupe soit réel, il faut que les charges soient également réparties sur le transformateur hauteur et le transformateur base : or, ce n'est pratiquement jamais le cas en traction électrique. De plus, l'expérience nous a montré que le déséquilibre apporté par une sous-station monophasée était très acceptable, par suite de la puissance du réseau E.D.F.

Aussi, depuis 1958, toutes les sous-stations sont de type monophasé, et les sous-stations Scott ont été transformées, à l'exception de cinq d'entre elles. Le déséquilibre apporte finalement une gêne si réduite que l'on a étendu l'utilisation de la marche en parallèle des sous-stations, ce qui nécessite que des sous-stations successives soient branchées entre les mêmes phases haute tension. On constitue ainsi maintenant des ensembles de deux ou trois sous-stations pouvant fonctionner en parallèle. Les chutes de tension

Un « central sous-stations »

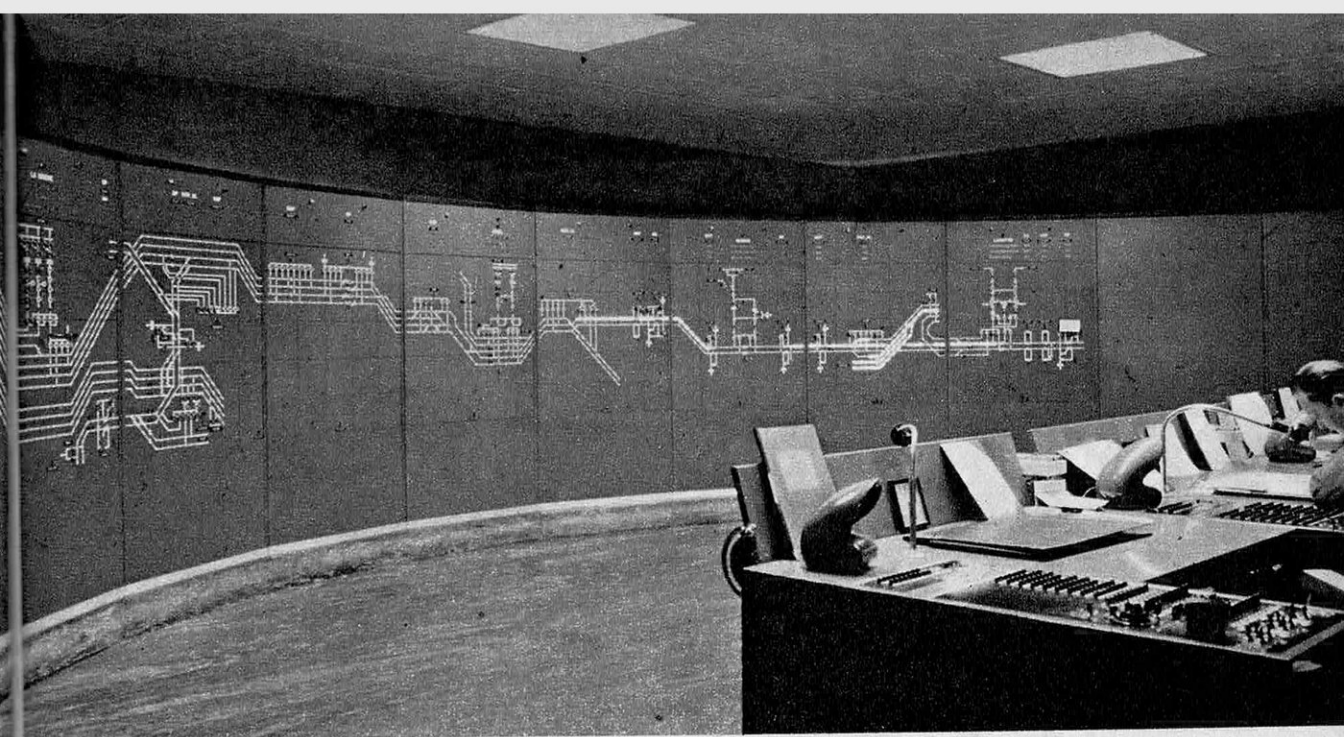
D'un poste central s'effectue la télécommande des sous-stations échelonnées sur une ligne électrifiée. En liaison avec son collègue du « trafic », le régulateur « sous-stations » peut aisément ajuster l'alimentation des installations aux besoins du trafic. En traction monophasée, il arrive à contrôler 600 km de voies. Les tableaux de commande sont maintenant miniaturisés et construits en petits carreaux pour faciliter les modifications ultérieures.



sur les caténaires sont réduites, l'exploitation est plus souple (plus facile en cas d'effacement d'une sous-station) et les sections neutres, déjà supprimées au droit des sous-stations par l'adoption du schéma monophasé, sont également supprimées entre les sous-stations en parallèle. C'est ainsi que, de Paris à Lille, les locomotives n'auront plus que trois sections neutres à franchir, ce qui implique un arrêt de l'effort de traction, et pour les trains rapides, une chute de vitesse de 20 km/h environ.

Une sous-station monophasée moderne comporte donc le plus souvent deux transformateurs de 10 MVA, quelquefois trois. Deux disjoncteurs, haute tension et 25 kV, encadrent le transformateur. De la barre 25 kV, sur laquelle est branché un petit transformateur auxiliaire (10 kVA, secondaire 127 V), partent les deux feeders vers les lignes caténaires. Les disjoncteurs de départ sont munis de réenclencheurs, car 80 % des défauts sont fugitifs. Le réenclencheur ne donne qu'un seul ordre de fermeture, 10 secondes après un déclenchement. Les interrupteurs à coupure en charge répartissent la tension sur les différentes lignes caténaires.

Un petit bâtiment (4 x 3 m) abrite le matériel de contrôle et de protection, l'équipement de télécommande, les batteries et leurs chargeurs, ainsi que les téléphones. Les protections sont de trois natures : relais auxiliaires de protection du transformateur, relais de protection contre un défaut sur les lignes caténaires et relais de protection contre une



réalimentation éventuelle de la haute tension lors d'une coupure haute tension survenant pendant une marche en parallèle de sous-stations.

Entre deux sous-stations, nous trouvons, vers le milieu du secteur, un sectionnement avec section neutre de séparation, laquelle est sous tension si les deux sous-stations encadrantes sont en parallèle. Entre chaque sous-station et ce sectionnement, chaque voie est divisée en sous-secteurs (sans section neutre) par des postes de sous-sectionnement et de mise en parallèle : en principe, ces sous-secteurs sont de 15 km environ.

La télécommande devient électronique

La première installation de télécommande des sous-stations date de 1937 (Paris - Le Mans). Depuis donc déjà longtemps, il a été reconnu plus rationnel de rassembler la commande des sous-stations de tout ou partie d'une ligne dans un poste unique, appelé le « central sous-stations ».

Le « régulateur sous-stations » a devant lui un tableau lui donnant la situation de tous ses groupes, de tous ses départs, etc., et comme il est en liaison directe avec son collègue de la régulation du trafic, il peut à tout moment ajuster la marche des installations aux nécessités du trafic. En outre, il peut plus commodément assurer de longues suppressions de tension pour travaux.

Il est certain qu'ayant une vue d'ensemble de l'alimentation — en traction monophasée,

il contrôle de 400 à 600 km de voies — le régulateur peut immédiatement prendre les mesures nécessaires en cas d'anomalies dans l'alimentation : effacer une sous-station, supprimer la tension sur un secteur, etc.

L'évolution dans la technique même de la télécommande est surtout une évolution dans le matériel utilisé : les qualités requises de fidélité, de rapidité, d'information permanente demeurent les mêmes. Les principes de réalisation également : systèmes à codes binaires, avec contrôle par échanges de codes et transmission des impulsions en fréquences vocales sur une quarte prise dans le câble général de télécommunication. Une quarte suffit à la desserte de 18 sous-stations ou postes de voie.

Mais le matériel a changé : les sélecteurs rotatifs ne sont plus employés depuis 1953, au bénéfice des systèmes « tout relais » ; les équipements de transmission sont depuis 1958 transistorisés. Les tableaux sont à schéma éteint.

Une nouvelle évolution va consister en l'utilisation d'une commutation entièrement électronique, supprimant tout relais. Rapidité, économie, gains de place et suppression d'entretien en constituent les avantages. Déjà, trois agents suffisent à l'entretien des systèmes électro-mécaniques pour un central comportant 30 postes en moyenne, avec entre 300 et 400 télécommandes, et des postes distants de plus de 200 km du poste central.

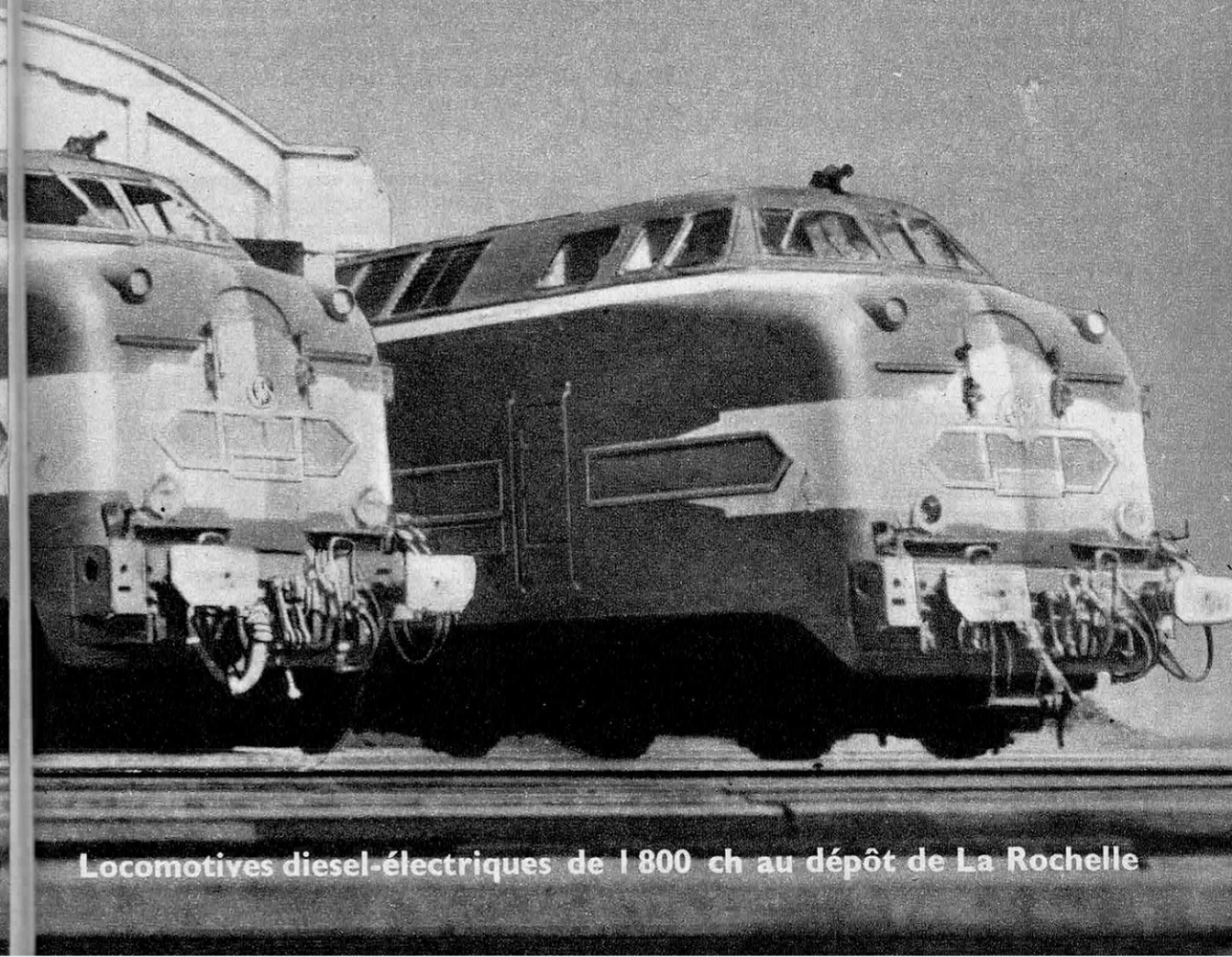
Hubert AUTRUFFE
inspecteur à la S.N.C.F.

TRACT



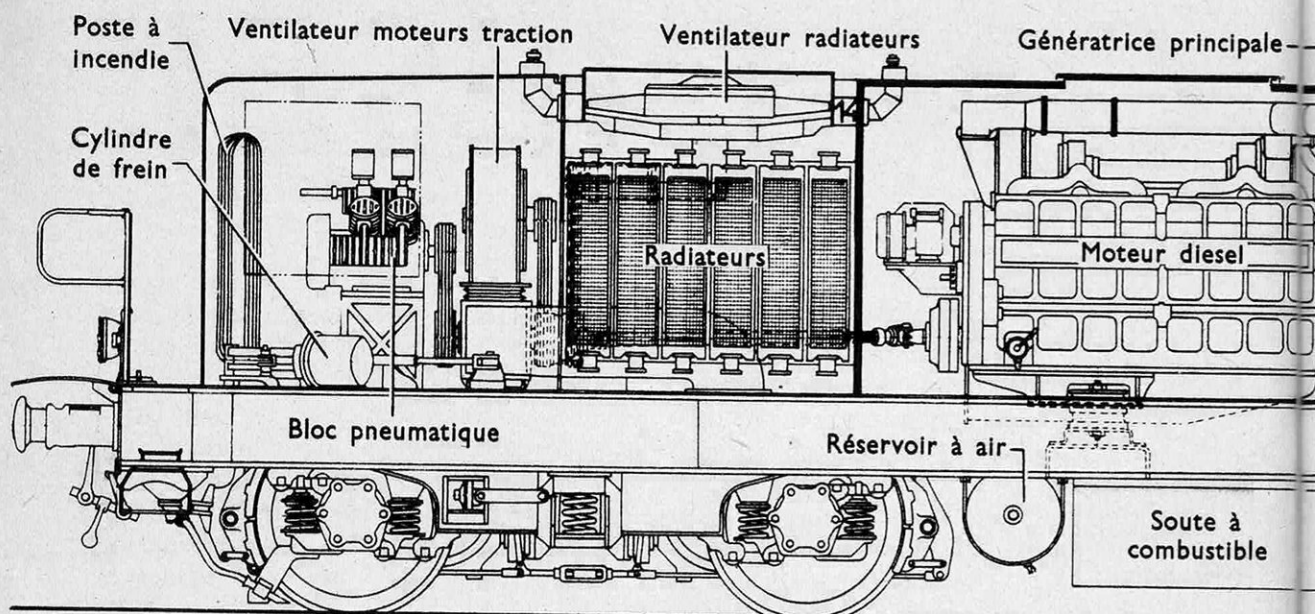
ION DIESEL

VOICI bientôt 30 années que le moteur diesel est venu prendre, au chemin de fer, une place toujours grandissante. Tandis que la traction électrique, plus ancienne, concurrençait en général la locomotive à vapeur sur les lignes à trafic relativement intense et nécessitant des puissances élevées, le diesel s'est attaqué au domaine des puissances faibles, locotracteurs de manœuvres, autorails pour petites lignes ; puis les progrès techniques ayant permis d'accroître les puissances réalisables, on a vu apparaître des autorails plus importants, aptes à prendre des remorques et à se substituer à la plupart des trains omnibus. Enfin des locomotives diesel de puissances croissantes réalisent des performances voisines, dès à présent, de celles des locomotives à vapeur les plus modernes.



Locomotives diesel-électriques de 1 800 ch au dépôt de La Rochelle

Locomotive 040-DG



Les premières machines de cette série, qui doit en compter près d'une centaine, ont été mises en service en 1960. Ce sont des locomotives diesel-électriques de 1 400 ch destinées à la traction des trains de moyen tonnage. Elles pèsent 70,5 t et leur vitesse maximum est de 105 km/h. Ces machines, de conception simple, équipées d'un moteur rapide à 16 cylindres en V, possèdent 2 bogies à 2 essieux et une cabine de

Il peut paraître surprenant que le diesel, pratiquement incapable de surcharge, ait pu s'implanter aussi largement dans un domaine caractérisé, au contraire, par des demandes de puissances continuellement variables, tandis que ses deux concurrents — le moteur à vapeur et le moteur électrique — offrent à cet égard des qualités de souplesse remarquables. Pour pallier ce manque de souplesse, la seule solution consiste à adopter des diesels d'une puissance surabondante la plupart du temps et qui n'est complètement utilisée que pendant de courtes périodes (démarrage des convois, franchissement des rampes); c'est ce qui explique que la traction diesel est restée pendant longtemps dans le domaine des puissances modérées.

Un autre handicap réside, comme on le sait, dans l'impossibilité de disposer de la puissance sur une gamme notable de vitesses, d'où l'obligation d'interposer un système à démultiplication variable. La présence de ces transmissions, souvent plus lourdes que le moteur lui-même, contribue encore à réduire la puissance massique de l'engin.

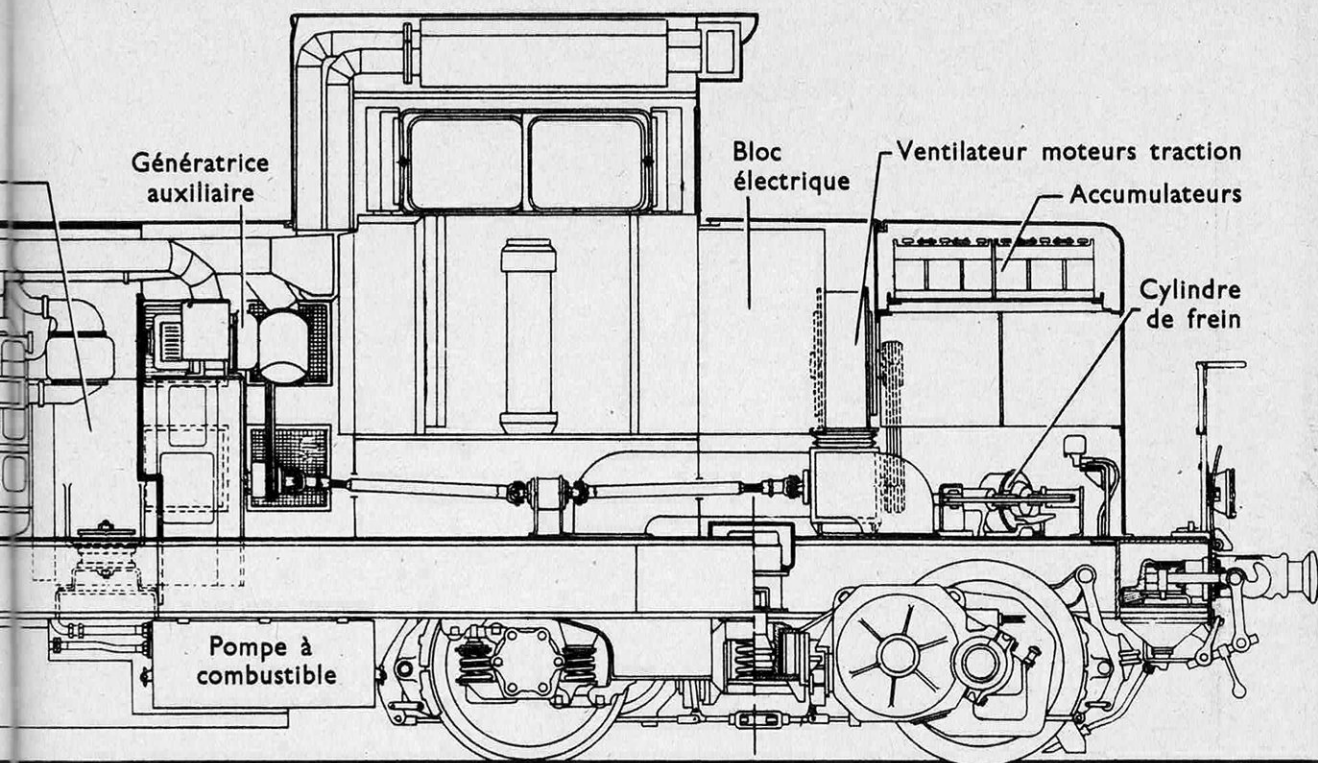
Et pourtant le diesel a réussi à s'imposer

dans de très nombreux cas. A quoi peut-on attribuer ce succès ? Soulignons, en premier lieu, que la locomotive électrique, qui réalise à son bord des transformations d'énergie moins nombreuses que les systèmes de traction autonome et qui puise l'énergie dont elle a besoin sur un réseau d'une puissance pratiquement illimitée, ne peut, pour des raisons financières, venir concurrencer la locomotive à vapeur sur les lignes dont le trafic ne justifie pas d'importants investissements de capitaux dans les installations fixes.

Avantages du diesel

Dans ce domaine, le diesel reste le seul concurrent de la vapeur et présente sur elle des avantages très marqués :

- rendement énergétique beaucoup plus élevé, de l'ordre, en moyenne, de 24 % contre 6 %, qui se traduit par des économies de combustible souvent considérables, des réductions importantes des frais de transport de combustible, et une autonomie accrue; un engin diesel peut, en général, parcourir un millier de kilomètres sans se ravitailler;



conduite unique; elles peuvent être utilisées en couplage, un seul agent assurant la conduite des deux locomotives. Pour le chauffage des trains de voyageurs, il est prévu un fourgon-chaudière accouplé à la locomotive ou, éventuellement, intercalé entre deux locomotives. Ces machines permettent d'étendre la traction diesel à des lignes auxquelles les locomotives de 800 ch et de 80 km/h de la série 040 DE étaient insuffisantes.

- fonctionnement sans consommation sensible d'eau, qualité précieuse dans de nombreux pays;

- grande facilité de conduite, permettant souvent de n'affecter qu'un seul agent à cette fonction;

- confort plus grand offert aux voyageurs et au personnel (absence de poussière, travail à l'abri des intempéries);

- enfin, et comparable à cet égard à la locomotive électrique, la locomotive diesel nécessite très peu de travaux d'entretien courant, ce qui se traduit par des parcours élevés entre deux passages dans un atelier. Cette qualité, peut-être la plus précieuse de toutes, est une source d'économies considérables, car on peut ainsi faire effectuer à l'engin des parcours journaliers beaucoup plus importants que ceux dont serait capable une locomotive à vapeur et, par conséquent, réduire dans de larges proportions le nombre des dépôts d'entretien. C'est ainsi qu'une locomotive diesel remplace, en général, deux locomotives à vapeur.

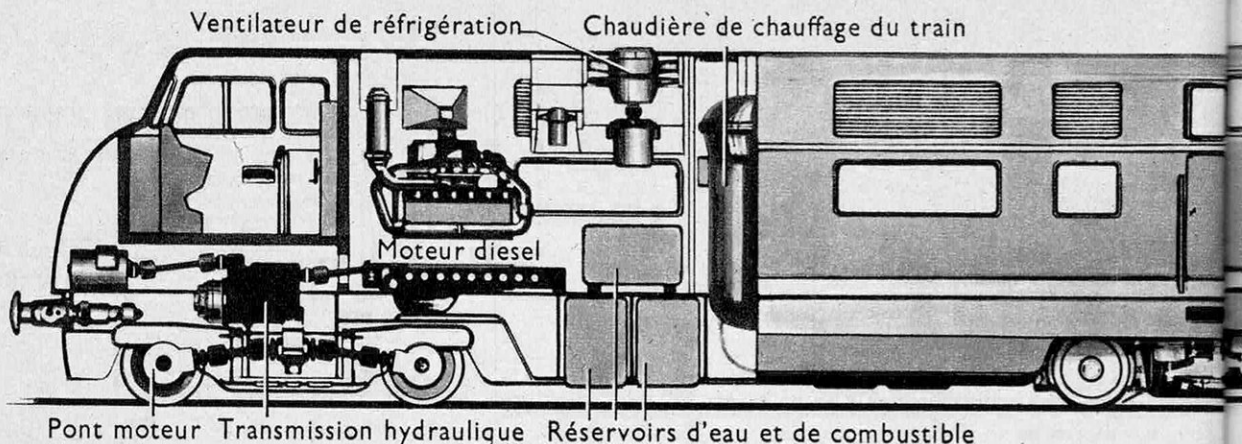
Notons également que l'entretien courant des organes essentiels de la locomotive à

vapeur, chaudière et mécanisme, se fait nécessairement sur la machine elle-même, en immobilisant celle-ci pendant toute la durée du travail. Il est possible, dans le cas de l'engin à moteur diesel, d'opérer par remplacement des nombreuses pièces interchangeables, et généralement facilement démontables, qui le constituent; à cet égard, le matériel diesel se rapproche beaucoup de l'automobile. Ces substitutions de pièces peuvent souvent être effectuées pendant les stationnements normaux dans les dépôts.

Le moteur diesel de traction

Les premiers diesels utilisés en traction étaient des moteurs relativement lents (700 t/mn au maximum), immédiatement dérivés des moteurs fixes ou marins; leur poids atteignait et dépassait même 15 kg au cheval, et leur puissance par litre de cylindrée n'excédait pas 6,5 ch.

La plupart des constructeurs des diesels de traction ont adopté le cycle à quatre temps, qui reste d'un emploi général en Europe. Toutefois, aux U.S.A., la General Motors



construit un moteur à deux temps, qui est actuellement le diesel de traction le plus utilisé.

Vers 1930 prenait pratiquement naissance le diesel rapide (1500 t/mn), léger et compact, plus spécialement destiné à l'auto-rail. Aujourd'hui, tandis que la vitesse des moteurs rapides reste presque toujours voisine de 1500 t/mn, celle des moteurs de traction dits « lents » s'est accrue; on ne trouve plus guère de moteurs tournant à moins de 900 t/mn.

La puissance massique des diesels, y compris ceux à deux temps, a été augmentée par la généralisation de la suralimentation, qui consiste à utiliser l'énergie restant disponible dans les gaz d'échappement pour actionner une turbine à gaz qui entraîne un compresseur d'air monté en amont de l'admission aux cylindres. On accroît ainsi le poids de combustible injectable par litre de cylindrée, tout en améliorant le refroidissement de la chambre de combustion. Sur les moteurs les plus récents, la pression de l'air d'alimentation dépasse 2,3 hectopièzes (pression absolue) et cet air doit être refroidi, entre compresseur et cylindres, par passage dans un échangeur inséré dans un circuit d'eau spécial, dont la température est plus basse que celle de l'eau de refroidissement du diesel.

L'accroissement des pressions moyennes exige également un refroidissement plus poussé des pistons, et on rencontre maintenant des moteurs de traction, même rapides, dont les pistons sont, à cet effet, parcourus par une circulation d'huile.

Malgré ces améliorations sensibles des performances, la longévité des moteurs modernes va croissant, et il n'est pas rare de rencontrer des moteurs dont les parcours entre révisions dépassent largement 1/2 million de kilomètres.

Sur les locotracteurs de manœuvres, on développe les moteurs à refroidissement par air qui évitent les sujétions causées par les risques de gel.

L'accroissement de la puissance des locomotives de ligne nécessite des installations de refroidissement encombrantes, dont on cherche à réduire l'importance en maintenant sous pression les circuits d'eau.

Les transmissions mécaniques

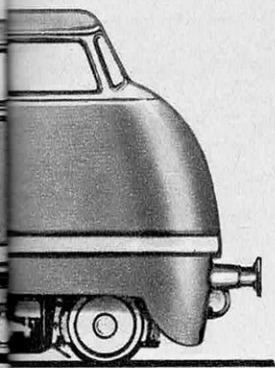
Le diesel ne pouvant développer un couple utile à partir de l'arrêt, il est nécessaire de doter les matériels équipés de tels moteurs d'un système de transmission à démultiplication variable, qui permet d'utiliser une fraction aussi élevée que possible de la puissance du moteur sur toute la gamme de vitesse du véhicule. En principe, on s'arrange pour utiliser le moteur à des vitesses comprises entre la vitesse nominale et les 2/3 de celle-ci.

Des nombreux systèmes de transmission expérimentés jusqu'à présent, seules les transmissions mécaniques, électriques et hydrauliques ont fait l'objet de réalisations étendues dans les chemins de fer.

Les transmissions mécaniques, du type classique, comportent un embrayage et une boîte de vitesses qui ne diffèrent pas sensiblement, dans leur principe, de celles utilisées

Diesel-électrique britannique →

L'« East Anglian » des British Railways est tiré par cette locomotive diesel-électrique type 4 de 2 000 ch, construite à 125 exemplaires par English Electric. D'un poids de 135 t, elle comporte 2 bogies à 3 essieux plus 2 essieux porteurs l'un à l'avant, l'autre à l'arrière. Son effort de traction est de 23,5 t. La mise en service date de 1958.



Diesel - hydraulique allemande V-200

Cette locomotive type BB utilisée par les Chemins de fer fédéraux allemands, pèse 76 t et atteint 140 km/h. Elle est équipée de deux moteurs diesels rapides de 1 100 ch avec transmissions hydrauliques type Voith. Les boîtes de vitesse sont reliées par des arbres à cardan à des ponts moteurs à engrenages coniques montés sur les deux essieux des bogies.

sur le matériel automobile. Ces transmissions sont surtout répandues sur les autorails, où elles sont utilisées jusqu'à 500 ch, et sur les locotracteurs, jusqu'à 200 ch. Récemment, l'application de transmissions mécaniques a été faite sur des locomotives jusqu'à 800 ch.

Elles ont l'avantage d'un rendement total élevé, de l'ordre de 85 à 90 %, mais ne permettent pas l'utilisation de la pleine puissance du diesel sur toute la gamme de vitesse. D'autre part, dès que les efforts à transmettre

atteignent une certaine importance, comme c'est notamment le cas sur les locomotives, les transmissions mécaniques sont difficiles à réaliser pour les raisons suivantes :

- difficulté de démarrage d'un convoi lourd à partir de l'arrêt. C'est là un problème d'embrayage; cet organe doit être largement dimensionné pour que la chaleur dissipée lors d'un démarrage n'amène pas de déformation de ses pièces constitutives. La difficulté a été tournée depuis quelques années en faisant appel au coupleur hydraulique, dont nous parlerons à propos des transmissions hydrauliques. Sur les autorails et locotracteurs, on utilise également des embrayages à friction à commande automatique, qui facilitent les manœuvres;

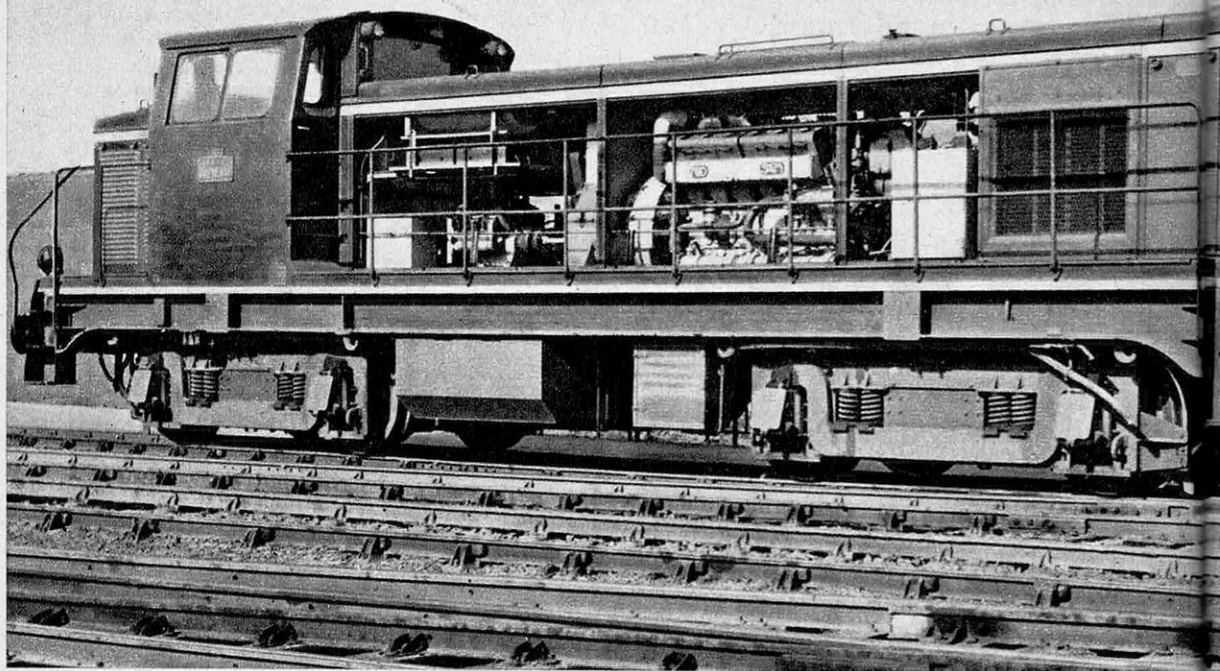
- difficultés de synchronisation des arbres de la boîte de vitesses en raison de l'inertie importante des masses tournantes;

- suppression de l'effort moteur pendant le passage des vitesses, d'où réactions entre les attelages des wagons.

Les transmissions électriques

Lorsque la puissance à transmettre dépasse 500 à 600 ch, la transmission électrique est le système le plus répandu, mais il rencontre





maintenant un concurrent sérieux dans la transmission hydraulique.

Une transmission électrique classique à courant continu comporte :

- un groupe électrogène constitué par un diesel et une génératrice dite génératrice principale;

- une génératrice auxiliaire entraînée, dans la plupart des cas, par le diesel et dont le courant est utilisé à la charge d'une batterie d'accumulateurs et à l'excitation de la génératrice principale;

- un ou plusieurs moteurs de traction;

- l'appareillage de commande;

- un système de régulation plus ou moins compliqué, destiné à ajuster la puissance fournie par la génératrice principale sur la puissance que peut fournir le diesel.

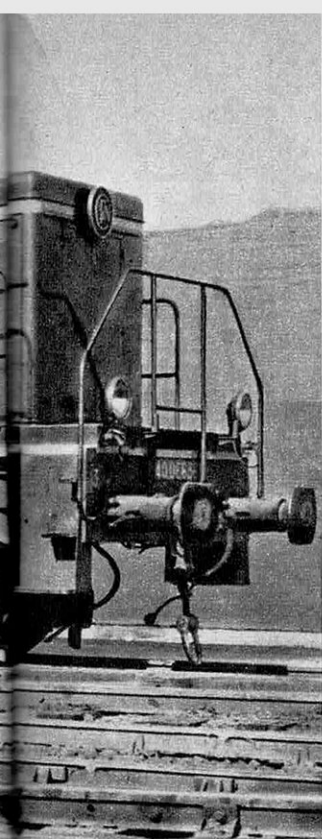
Dans la transmission électrique, la puissance à la jante est, au rendement global près, aussi voisine que possible de la puissance maximum que peut développer le diesel, celui-ci tournant à vitesse constante, et ceci pour toute la gamme des vitesses du véhicule comprises entre celle à partir de laquelle il n'y a plus de risque de patinage jusqu'à la vitesse maximum d'utilisation. Malgré un rendement un peu inférieur à celui d'une transmission mécanique (80 %), elle présente donc le gros avantage de permettre de disposer, au

rendement près, de la pleine puissance du diesel sur une plage très étendue de la gamme des vitesses.

Toutefois, l'utilisation de la pleine puissance du diesel est limitée, aux basses vitesses, par l'intensité maximum que peut débiter la génératrice sans un échauffement incompatible avec la bonne tenue des isolants, et, aux vitesses élevées, par la tension maximum que peut fournir la génératrice.

La transmission électrique présente des facilités d'installation certaines, puisque la liaison entre les organes générateurs (groupe électrogène) et récepteurs (moteurs de traction) se fait par câbles. Elle se prête particulièrement bien au fonctionnement des locomotives en unités multiples, c'est-à-dire accouplées et conduites par un seul agent.

Elle permet aussi de doubler le poids adhérent d'une locomotive par l'adjonction d'un truck moteur lesté, ne comportant que des moteurs de traction alimentés par le groupe électrogène de la locomotive. Cette disposition a été adoptée en France par la S.N.C.F. pour les locomotives de manœuvres qui peuvent circuler en unité simple, en unité double ou accouplées à un truck moteur à trois essieux, pour assurer le débranchement des trains lourds de marchandises sur les buttes des gares de triage.



Locomotive 040-DE

Cette locomotive diesel-électrique de 825 ch pèse 68 t et sa vitesse maximum est de 80 km/h. Près de 500 locomotives de ce type assurent les manœuvres lourdes dans les gares importantes et les triages ainsi que la traction des trains de marchandises sur les petites lignes. Elles ont un seul moteur diesel attelé à la génératrice à courant continu alimentant les 4 moteurs de traction des deux bogies.

Les moteurs de traction, à courant continu, sont jusqu'à présent du type à excitation série; les efforts à la jante dépendent uniquement des intensités absorbées. Pour que la puissance soit sensiblement constante, dans la zone d'utilisation, la tension fournie par la génératrice doit varier à l'inverse de l'intensité.

Divers systèmes de régulation automatique permettent de se rapprocher avec plus ou moins d'exactitude de cette loi idéale.

Les transmissions hydrauliques

Ces transmissions, plus récentes que les précédentes, utilisent deux sortes d'appareils : des coupleurs et des convertisseurs de couple.

Le coupleur hydraulique est constitué par deux couronnes en forme de demi-torcs creux, disposées face à face, qui tournent dans un carter rempli d'huile. Les deux couronnes sont munies d'aubages plans disposés radialement. La couronne motrice est solidaire de l'arbre du moteur. La couronne réceptrice est solidaire de l'arbre assurant la transmission du mouvement vers les essieux.



Locotracteur de ma- nœuvres de 180 ch

La série Y 7 100 est à transmission hydraulique, tandis que les précédents modèles étaient à transmission électrique. Plusieurs centaines d'engins de cette puissance effectuent les manœuvres dans les gares de la S.N.C.F.

La première joue le rôle de pompe centrifuge et la seconde celui de turbine. L'huile, mise en mouvement par rotation de la couronne motrice, circule dans les aubages, sous l'effet de la force centrifuge, et entraîne la couronne réceptrice. Au départ, le glissement relatif des deux couronnes est de 100 %. Au fur et à mesure que la vitesse du véhicule et, par suite, celle de la couronne réceptrice augmentent, le glissement diminue et, en régime établi, ne dépasse pas 2 à 3 %, c'est-à-dire que la vitesse de la couronne réceptrice est 98 à 97 % de celle de la couronne motrice.

Le coupleur, en régime établi, transmet intégralement le couple moteur; d'autre part, le rendement et le glissement d'un coupleur, exprimés en fractions décimales, ont une somme constante égale à l'unité. Pour un glissement de 2 à 3 %, le rendement est de 98 à 97 %.

Le coupleur est employé soit dans les transmissions hydrauliques, soit comme embrayage dans les transmissions mécaniques avec boîte de vitesses.

Le convertisseur de couple

Le convertisseur de couple comporte, comme le coupleur, une couronne à aubages formant pompe, une deuxième couronne formant turbine et, enfin, une virole fixe à aubages à réaction qui assure le guidage des filets liquides.

L'huile reçoit, par la rotation de la couronne-pompe, l'énergie mécanique du moteur sous forme d'énergie de pression et d'énergie cinétique qu'elle transmet à la turbine, exerçant ainsi un couple déterminé sur l'arbre de sortie. La virole absorbe, sous forme de contre-couple, la différence entre les couples d'entrée et de sortie et dirige l'huile sur la couronne pompe, sous l'angle le plus favorable à l'écoulement.

En général, les convertisseurs sont conçus pour donner sur l'arbre de sortie arrêté, donc au démarrage, un couple multiple du couple d'entrée, dans un rapport de 3 à 4,5 au maximum. Le moteur fonctionnant à plein couple, sa vitesse varie peu lorsque la vitesse du véhicule augmente, mais le rapport du couple secondaire au couple primaire diminue.

Le rendement du convertisseur de couple varie avec le rapport des vitesses entre le primaire (couronne-pompe) et le secondaire (couronne-turbine). Le rendement maximum, voisin de 85 %, est généralement obtenu quand le rapport ci-dessus est de l'ordre de 0,5 environ. Il y a donc intérêt à utiliser cet appareil au voisinage de la seule zone de rendement favorable. En moyenne, le rendement

d'une transmission hydraulique à convertisseur de couple est de l'ordre de 75 à 80 %.

Une transmission hydraulique est généralement constituée par la juxtaposition de plusieurs appareils (convertisseurs et coupleurs) entrant successivement en service, par remplissage ou vidange de l'un ou de l'autre, et combinés fréquemment avec des dispositifs mécaniques (engrenages multiplicateurs, inverseurs, etc.). Sauf dans quelques cas particuliers, on accroît le champ d'action de la transmission et on améliore le rendement moyen en lui adjoignant une boîte mécanique à deux vitesses (par exemple 80 et 120 km/h maximum), manœuvrable seulement à l'arrêt; pour les trains de marchandises, par exemple, dont la vitesse est limitée, on emploie le petit régime (80 km/h).

Le chauffage des voyageurs

Le développement de la traction diesel a posé des problèmes nouveaux pour le chauffage des voyageurs pendant la saison froide.

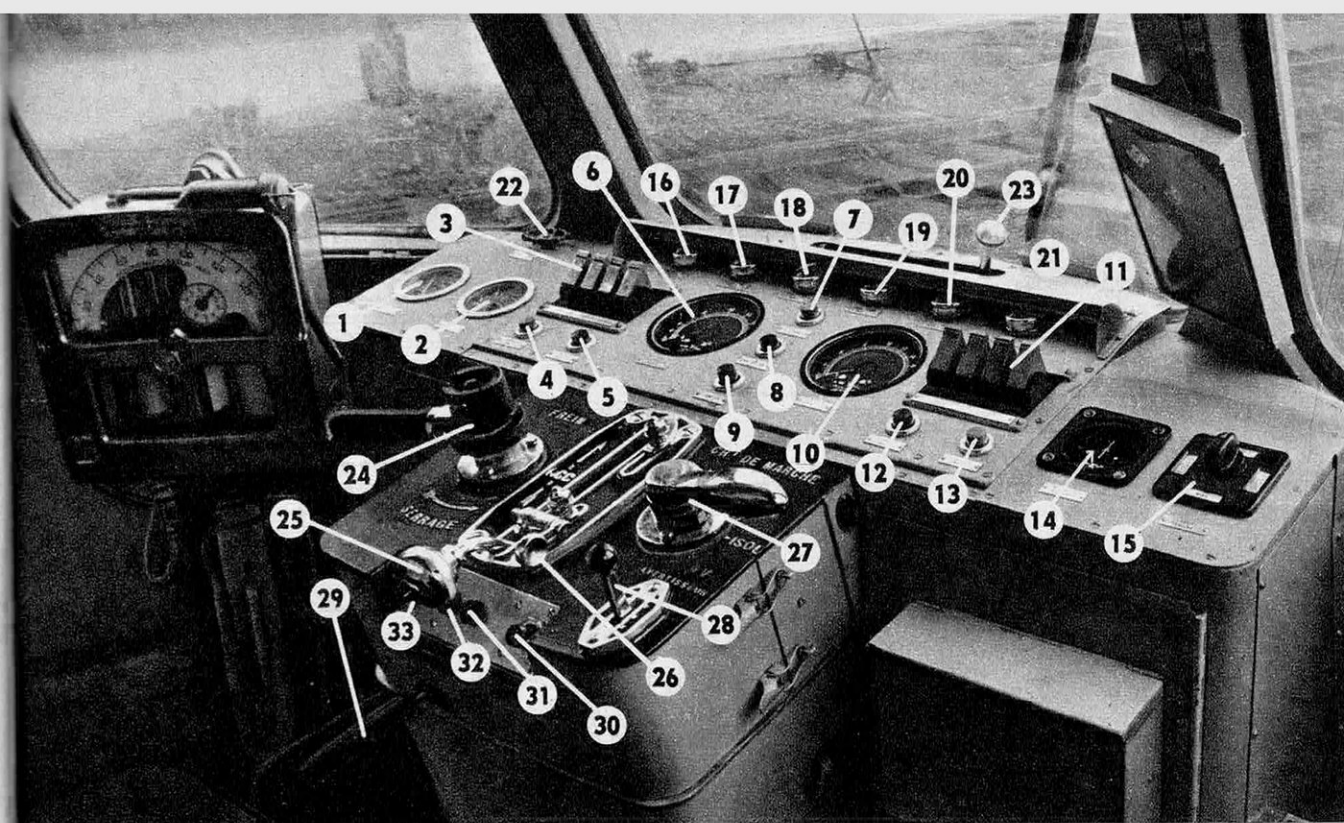
Lorsqu'il s'agit des autorails, l'eau de refroidissement du diesel constitue une source de chaleur gratuite qu'il est facile d'utiliser pour le chauffage, en la faisant circuler soit dans des aérothermes, soit dans des batteries de chauffe sur lesquelles l'air extérieur, préalablement filtré, est pulsé par un ventilateur avant de pénétrer dans des compartiments.

Par contre, pour chauffer un train de voyageurs, il faut tenir compte des installations existantes dans les voitures, qui sont conçues pour être alimentées soit par la vapeur, soit par l'énergie électrique provenant de la locomotive. Or, ces formes d'énergie n'existent pas naturellement sur les locomotives diesel; en particulier, celles à transmission électrique ne disposent pas d'énergie électrique à tension constante. On est donc conduit à adopter l'une des solutions suivantes :

- doter les voitures d'une source de chauffage autonome (brûleur automatique à gasoil); c'est ce qui est généralement fait pour les remorques d'autorails et pour certaines voitures;

- installation d'une chaudière à vapeur à vaporisation instantanée, avec la réserve d'eau nécessaire, soit sur la locomotive, soit dans un fourgon spécial adjoint au train;

- installation sur la locomotive, ou dans un fourgon, d'un groupe électrogène produisant du courant à tension constante, sous une des tensions adoptées internationalement pour le chauffage électrique des voitures. Mais, dans ce dernier cas, une modification doit être apportée aux voitures pour que le



Poste de conduite d'une rame TEE française :

- | | | |
|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| 1 Manomètre simple | 12 Arrêt moteur II | 23 Levier essuie-vitre |
| 2 Manomètre double | 13 Lancement moteur II | 24 Robinet de frein aut. |
| 3 Phare-code signal arrière | 14 Ampèremètre | 25 Commande accélération |
| 4 Lancement moteur I | 15 Essais témoins | 26 Bouton homme mort |
| 5 Arrêt moteur I | 16 Voyant m. av., mot. I | 27 Changement de marche |
| 6 Tachymètre moteur I | 17 Voyant m. arr. mot. I | 28 Avertisseurs de route |
| 7 Allumage | 18 Lampe témoin, mot. I | 29 Genouillère h. mort |
| 8 Extinction | 19 Lampe témoin, mot. II | 30 Sablage |
| 9 Jumelage | 20 Voyant m. arr., mot. II | 31 Fanal |
| 10 Tachymètre moteur II | 21 Voyant m. av., mot. II | 32 Phare |
| 11 Antibuée - écl. cabine | 22 Robinet essuie-vitre | 33 Vigilance (sign. avert.) |

courant de retour soit assuré par des conducteurs isolés des rails, les installations de signalisation des lignes non électrifiées n'admettant généralement pas la circulation de courants notables dans les rails.

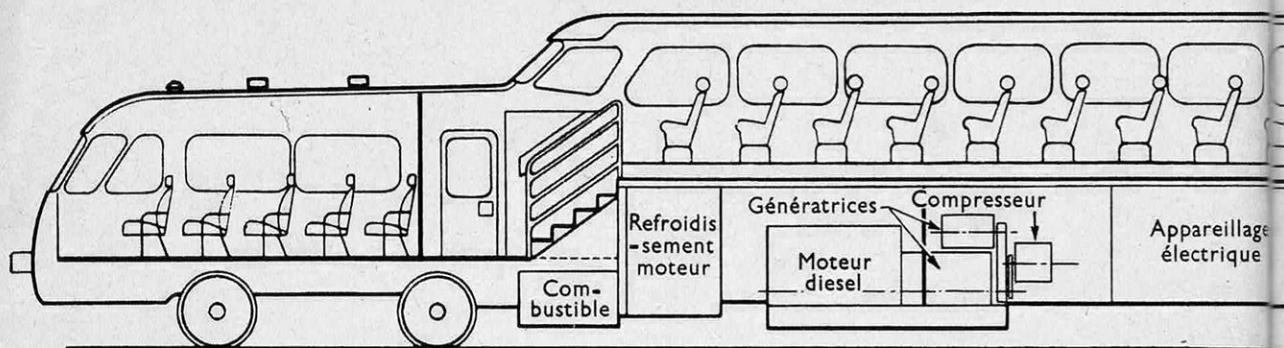
Services de manœuvres

C'est dans ce domaine que les engins diesel ont fait d'abord leur apparition ; les Chemins de fer français, notamment, utilisèrent des locotracteurs de faible puissance dès 1925, dans les gares de petite et de moyenne importance.

Depuis 1930, les locomotives diesel de

manœuvres, dont les puissances s'échelonnent maintenant entre 400 et 1200 ch, se sont largement développées dans de nombreux pays. On a même reconnu l'intérêt d'en faire usage dans certaines grandes gares des lignes électrifiées, afin d'éviter l'équipement électrique, toujours assez onéreux, de la totalité des voies de service.

Sur les grands réseaux des États-Unis, les manœuvres sont exclusivement effectuées par locomotives diesel. En France, sur le réseau de la S.N.C.F., le pourcentage est voisin de 50 % et s'accroît chaque année. La S.N.C.F. dispose actuellement d'un peu plus de 1 500 engins diesel de manœuvres, et 175 loco-



motives et locotracteurs sont en construction.

Les locotracteurs de manœuvre, c'est-à-dire les engins de puissance modérée comportant seulement deux essieux, sont utilisés non seulement dans les gares, mais par la plupart des établissements industriels raccordés aux chemins de fer. La puissance de ces engins est comprise entre 50 et 200 ch environ.

Les possibilités d'un locotracteur de 50 ch, pour la desserte d'usines et de chantiers, sont déjà notables ; il peut déplacer une rame d'une vingtaine de wagons.

Les chemins de fer français utilisent deux autres catégories de locotracteurs :

— des engins d'une soixantaine de chevaux, pesant 16 t, à transmission mécanique, plus spécialement affectés à la desserte des gares de moyenne importance ;

— des engins de 150 ch à 180 ch, pesant 32 t, qui sont très répandus sur l'ensemble du réseau. D'abord équipés avec une transmission électrique, les séries plus récentes ont reçu une transmission hydraulique et on s'oriente maintenant vers la transmission mécanique, en raison des meilleures performances réalisables avec cette dernière et de son prix modéré.

Ces locotracteurs remplacent fréquemment d'anciennes locomotives à vapeur à trois essieux. Ils peuvent manœuvrer des trains de 600 à 1 000 t environ.

Locomotives de manœuvres

Les locomotives diesel de manœuvres utilisées par les réseaux ferrés comportent, le plus souvent, trois essieux couplés, disposés dans un châssis rigide, ou quatre essieux qui sont alors répartis dans deux bogies. En raison de la régularité du couple moteur, les machines à quatre essieux peuvent assurer la presque totalité des services de manœuvres

difficiles, antérieurement assurés par des machines à vapeur plus lourdes à 5 essieux couplés.

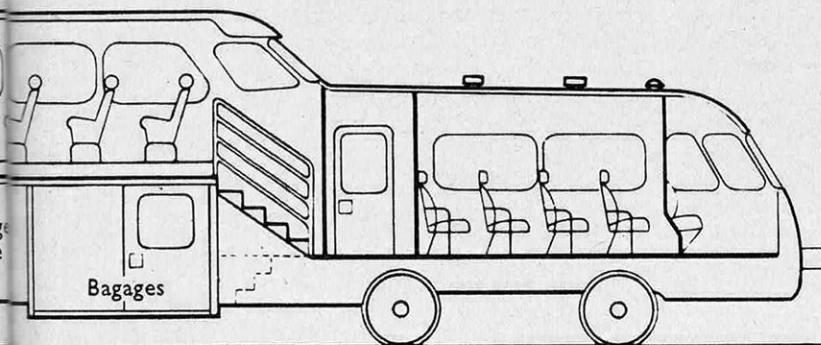
Toutefois, pour le débranchement des trains de marchandises lourds sur les buttes de triage, qui requiert de très gros efforts, soutenus à une vitesse voisine de 3,5 km/h, la S.N.C.F. utilise des locomotives de 500 ch, à trois essieux couplés, jointes à un truck tracteur. On réalise ainsi un ensemble à grande adhérence (108 t), capable de débrancher des trains dont le tonnage peut atteindre 2 500 t. Des réservoirs supplémentaires de gasoil sont disposés sur le truck, de sorte que la locomotive peut être utilisée pendant une semaine, de jour et de nuit, sans être ravitaillée.

En Europe, la puissance des locomotives diesel de manœuvres n'excède guère 600 ch, alors qu'en Amérique, où le tonnage des trains de marchandises atteint fréquemment 5 000 à 6 000 t, la puissance de ces locomotives est d'environ 1 000 à 1 200 ch.

Les autorails

La création des autorails, qui remonte à une trentaine d'années, correspondait à un véritable besoin, illustré par l'essor rapide que ce matériel a pris ; c'est à lui qu'on doit, notamment, le maintien des services rentables de voyageurs sur de nombreuses lignes secondaires. Le tableau ci-dessous indique, pour les différents modes de traction, les parcours moyens journaliers des trains de voyageurs en France au service d'hiver 1960-61 (y compris les trains de banlieue) et montre la place importante prise par les autorails :

— traction autonome (locomotives à vapeur et diesel) ..	104 000 km
— traction électrique	140 000 km
— autorails	224 000 km



Autorail panoramique

LES autorails panoramiques de la S.N.C.F., mis en service en 1959, circulent sur les lignes touristiques de la Côte d'Azur, des Alpes et des Cévennes. Le moteur de 825 ch, la transmission et la soute à bagages sont installés sous la partie réservée aux voyageurs. Il y a 88 places assises, dont 44 à la partie supérieure (1^{re} classe) dotée de vitres courbes chauffées anti-givre.



L'effectif des autorails français n'est cependant pas considérable : un millier d'unités, et ce parc est à peu près stabilisé, les constructions neuves remplaçant les engins anciens mis à la réforme. Mais les possibilités d'emploi sont toujours en progrès au fur et à mesure de la modernisation du parc : puissances plus élevées permettant l'utilisation de remorques, possibilité d'utilisation intensive grâce à la robustesse du matériel, formation de rames automotrices, avec plusieurs autorails manœuvrés par un seul conducteur. Actuellement, la puissance moyenne des

autorails en service dépasse 300 ch ; certains atteignent 825 ch. Leur parcours journalier moyen est de 275 km, et quelques-uns atteignent 550 km.

L'effectif de leurs remorques, qui n'atteint pas encore les mille unités, est toujours en progression.

En Allemagne et en Italie, le parc des autorails est du même ordre qu'en France. L'Angleterre s'est aperçue plus tardivement de l'intérêt des autorails et fait maintenant un gros effort pour développer ceux-ci sur une large échelle.

Les autorails sont généralement utilisés pour les services courants, nécessitant une faible ou moyenne capacité, dans les relations omnibus, express et directes. En outre, quelques-uns sont spécialement affectés aux services plus luxueux des relations rapides entre grands centres. En particulier, six réseaux de l'Europe occidentale ont organisé des services de rames automotrices rapides, dites Trans-Europ-Express, reliant les principales capitales.

Les autorails français

Les autorails français pour services courants peuvent se ramener à deux types :

— Le premier, pour services faciles, comprend la majorité du parc des autorails, d'une puissance voisine de 300 ch, mais qui tend à s'accroître; les prochaines séries développent 425 ch. On peut rattacher à cette catégorie d'anciens autorails de 100 et 150 ch, qui ne sont plus construits depuis plusieurs années en raison de leur capacité et de leurs performances insuffisantes.

— Le deuxième comprend les autorails puissants, de 600 et 825 ch. Cette dernière puissance permet de satisfaire les besoins les plus difficiles des services autorails et paraît un maximum raisonnable.

Pour les services courants, la vitesse des autorails ne dépasse pas 120 km/h, mais dans les services rapides, et en particulier dans les autorails T.E.E. (Trans-Europ-Express), elle peut atteindre 140 km/h.

Tous les autorails sont maintenant munis de diesels à 4 temps et, en raison de la légèreté nécessaire, rapides, tournant généralement à 1 500 t/mn; des vitesses plus élevées, jusqu'à 1 800 t/mn sont envisagées pour de prochaines séries. Tous les moteurs modernes sont suralimentés.

Autrefois, certains autorails ont été équipés avec deux moteurs, parce qu'on ne disposait pas toujours de la puissance voulue avec un seul, et aussi parce qu'on espérait avoir moins de pannes complètes avec deux moteurs.

Mais, les progrès aidant, on dispose aujourd'hui de moteurs de la puissance voulue et les pannes de moteurs sont devenues extrêmement rares : les autorails modernes sont donc équipés en général avec un seul moteur (1), ce qui est favorable à la fois à la construction et à l'entretien.

Les moteurs étaient, jusqu'à présent, généralement placés dans un compartiment de la caisse, où ils prennent une place que l'on

préférait pouvoir utiliser pour les voyageurs : on s'oriente donc vers le moteur plat, monté sous châssis, ce qui devient possible avec des moteurs modernes à cylindres sensiblement horizontaux lorsque la puissance à développer reste inférieure à 500 ch. Les futurs autorails S.N.C.F. de 425 ch comporteront cette disposition.

Un autre agencement original est celui des autorails panoramiques de la S.N.C.F. : le moteur de 825 ch du type ordinaire en V, est placé, avec l'équipement de traction, sous une partie des compartiments à voyageurs; ces compartiments sont surélevés et bénéficient en conséquence d'une vue panoramique.

Les autorails ne sont généralement pas cloisonnés en petits compartiments : les voyageurs sont installés dans un ou plusieurs compartiments, avec couloir central. Les sièges sont ou fixes avec places en vis-à-vis, ou réversibles par groupes de deux. Certains trains autorails de luxe possèdent une cuisine et les voyageurs peuvent être servis à leur place sur des tables amovibles. Sur les modèles les plus récents, des fenêtres demi-ouvrantes, avec déflecteur dirigeant l'air vers le plafond, permettent l'aération des grands compartiments, sans courants d'air désagréables. L'éclairage est réalisé par tubes fluorescents alimentés en courant continu à 72 volts.

Locomotives de ligne

La traction diesel de ligne s'est d'abord développée aux États-Unis d'Amérique il y a une vingtaine d'années et y a pris un essor considérable, parce qu'elle remplace complètement la traction à vapeur et a stoppé, jusqu'à présent, les électrifications.

La faveur dont jouit la traction diesel aux États-Unis provient, pour une large part, des caractéristiques des réseaux américains, très favorables à ce mode de traction :

— grandes distances à parcourir, qui dépassent très souvent les possibilités d'une locomotive à vapeur;

— nombreuses lignes à voie unique, parcourues par des trains lourds et généralement peu fréquents, facteur peu favorable à l'électrification;

— libre concurrence entre les réseaux, qui incite à investir les capitaux dans le matériel moteur plutôt que dans les installations fixes qui seraient très dépréciées en cas de déplacement de trafic.

En raison des tonnages élevés des trains américains et des grandes vitesses pratiquées par de nombreux trains de voyageurs, la puissance nécessaire pour remorquer les trains atteint souvent 4 000 à 5 000 ch, parfois plus.

(1) Le réseau britannique reste toutefois fidèle aux engins à 2 moteurs.



Alco DL-701



Cette locomotive diesel-électrique américaine est un engin tous usages développant 1950 ch. Elle peut convenir aussi bien pour les services de voyageurs sur les grandes lignes que pour la traction des trains de marchandises. Son poids est de 117 t et elle est équipée d'un moteur diesel à 12 cylindres en V. Elle possède 2 bogies à 2 essieux équipés chacun de 2 moteurs de traction. Suivant la démultiplication, elle atteint une vitesse de 105 km/h (service marchandises) ou 147 km/h (voyageurs).

Alco DL-640

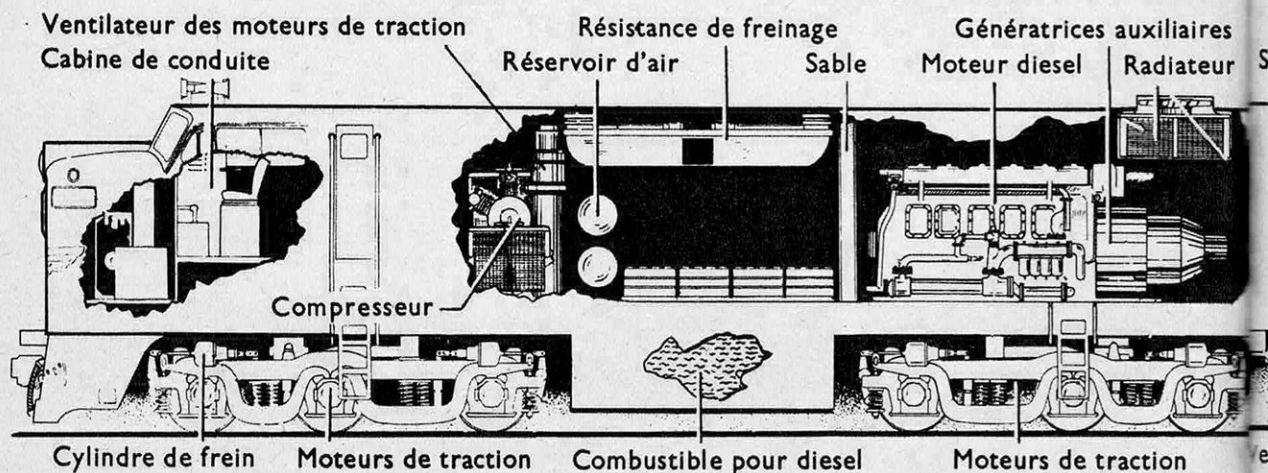
C'est un des plus récents modèles de locomotives diesel-électriques américaines, qui est exclusivement destiné à assurer la traction des trains de marchandises rapides. Elle a été commandée dans ce but par plusieurs réseaux des États-Unis et les premières machines sont entrées en service en 1960. Elles sont équipées d'un moteur diesel suralimenté de 16 cylindres en V développant 2 600 ch et pèsent 115 t. Elles possèdent 2 bogies à 2 essieux moteurs. Vitesses maximum de 105 à 128 km/h.





Une locomotive turboélectrique

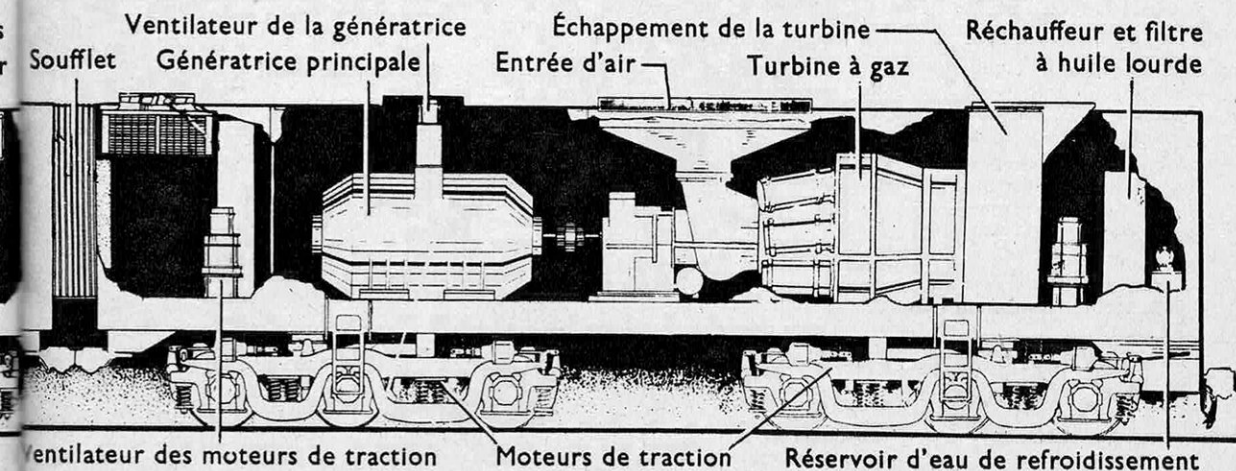
L'UNION PACIFIC RAILROAD a commandé 30 de ces engins à la General Electric pour assurer la traction de ses trains de marchandises lourds sur de grandes distances. La locomotive proprement dite se compose de deux éléments couplés en permanence. Dans l'élément de tête se trouvent la cabine de conduite, les diverses commandes et les sources d'énergie auxiliaires; la principale est un moteur diesel de 1 000 ch qui, par l'intermédiaire de génératrices électriques, sert au démarrage de la turbine à gaz et assure en marche





e de 8 500 ch en service aux U.S.A.

la charge des accumulateurs, l'entraînement des ventilateurs de refroidissement des génératrices et des moteurs de traction et l'éclairage; les manœuvres à faible vitesse dans les gares se font aussi au diesel. Le second élément porte la turbine à gaz et les génératrices alimentant les moteurs de traction. L'ensemble des deux éléments pèse 408 t et repose sur 4 bogies à 3 essieux, tous moteurs. Le combustible est de l'huile très lourde stockée à chaud dans un tender isolé par de la laine de verre et contenant 130 m³. Vitesse max: 105 km/h.



Les locomotives diesel, toutes à transmission électrique, sont donc constituées, le plus souvent, par deux à six unités, développant chacune 1 500 à 2 400 ch, accouplées entre elles et conduites par le conducteur de l'unité de tête.

En Europe, la traction diesel de ligne a été plus lente à s'étendre, les réseaux ayant davantage porté leurs efforts sur l'électrification de leurs lignes importantes, que la constitution et l'importance du trafic justifiaient pleinement. Au demeurant, il importait de porter d'abord les efforts de dieselisation sur les services de manœuvres et sur la desserte des petites lignes. On assiste toutefois, depuis quelques années, à un début de substitution de la traction diesel à la traction à vapeur sur les lignes d'importance moyenne dont le trafic ne justifie pas l'électrification.

En France, des locomotives de 2 000 ch assurent depuis six ans le service de la section non électrifiée de la « grande ceinture » de Paris, et des locomotives diesel-électriques de 1 800 ch desservent les lignes de la région de La Rochelle. Des locomotives de 2 000 à 2 600 ch sont mises en construction pour étendre ce mode de traction à des lignes non électrifiées, telles que Paris-Belfort et Paris-Cherbourg. Les progrès réalisés dans les moteurs diesels et dans les transmissions permettent d'envisager, dans un proche avenir, la réalisation de locomotives diesel de 3 000 à 4 000 ch en une seule unité, dont les performances dépasseront celles des locomotives à vapeur les plus puissantes. D'autre part, la faculté de faire fonctionner les locomotives diesel en plusieurs unités couplées manœuvrées par un seul conducteur, donne la pos-

sibilité d'améliorer les performances des trains rapides les plus lourds.

La traction diesel de ligne se développe également dans les pays voisins, notamment en Allemagne où il est fait exclusivement des locomotives à transmission hydraulique, et en Angleterre où les chemins de fer britanniques mettent en application un très important programme de remplacement de la traction à vapeur.

Les pays d'Afrique et d'Asie, dont les réseaux ferrés sont moins développés, font un appel chaque année accru à la traction diesel; en particulier, sur les réseaux ferrés d'Afrique du Nord et des pays de la Communauté, la traction à vapeur a pratiquement disparu depuis plusieurs années.

Cet exposé montre que ce nouveau mode de traction prend une extension très rapide, et l'avenir n'est pas très éloigné où il aura, avec la traction électrique, complètement supplanté la vieille locomotive à vapeur.

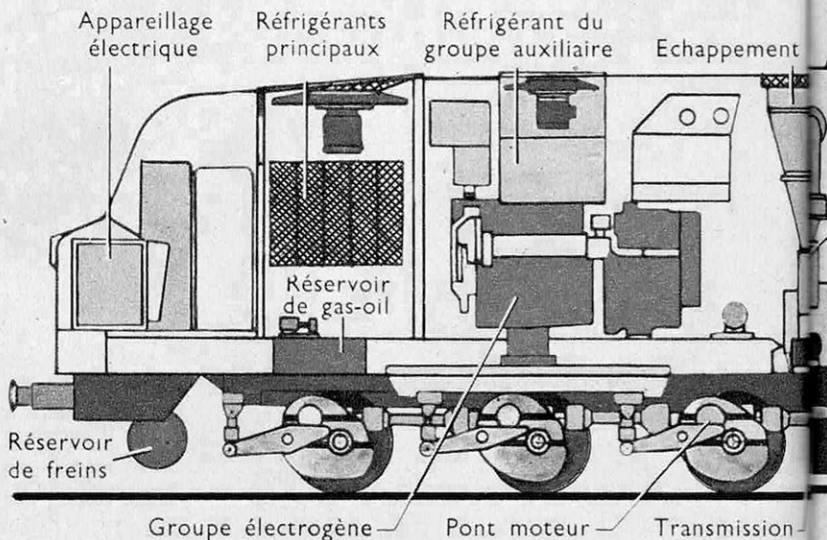
Les locomotives à turbine à gaz

Avant même que les locomotives diesel aient atteint leur plein développement, une concurrence est apparue: la locomotive à turbine à gaz.

Rappelons que la turbine à gaz est alimentée, dans sa conception la plus classique, par les gaz chauds provenant de la combustion directe d'un combustible dans de l'air préalablement comprimé; pour que la turbine fournisse sur son arbre de l'énergie mécanique utilisable, il faut que la puissance absorbée par le compresseur qu'elle entraîne soit inférieure à la puissance mécanique disponible sur

Locomotive Renault à turbine à gaz

Dans cet engin actuellement aux essais et qui doit développer une puissance de 2 400 chevaux et rouler à 120 km/h, les gaz sont produits par des générateurs à pistons libres constitués par deux pistons opposés à double face se déplaçant en sens contraires dans un cylindre, une des faces jouant le rôle de compresseur. La puissance est transmise directement de l'arbre de la turbine à l'arbre longitudinal qui entraîne les ponts moteurs des deux bogies par l'intermédiaire d'une boîte mécanique qui possède deux vitesses.



l'arbre de la turbine. Cette condition n'a été remplie que lorsque les rendements des turbomachines ont atteint des valeurs notables et lorsqu'il a été possible de faire supporter aux aubages des turbines des températures suffisamment élevées.

La température des gaz à l'entrée de la turbine est d'environ 600°. Une transmission électrique, comme sur les machines diesel, entraîne les essieux.

Par rapport à la locomotive diesel, la locomotive à turbine à gaz présente l'avantage de comporter un mécanisme relativement simple, sans organes à mouvements alternatifs, consommant peu de matières de graissage en raison de la réduction des organes frottants, et ne nécessitant pas d'eau.

La puissance massique de la locomotive à turbine à gaz est un peu plus élevée que celle de la locomotive diesel-électrique, tout au moins dans les régions tempérées; la puissance de la turbine décroît, en effet, assez rapidement lorsque la température ambiante augmente.

Par contre, dans l'état actuel de la technique, le rendement de la turbine à gaz n'est guère, à pleine charge, que de l'ordre de la moitié de celui du diesel, et l'écart s'accroît aux charges partielles, de sorte que la consommation de combustible est beaucoup plus élevée. Cet inconvénient est toutefois atténué par le fait que la turbine à gaz conçue comme il vient d'être exposé peut brûler des combustibles liquides plus lourds, donc un peu moins coûteux que le gasoil alimentant les diesels.

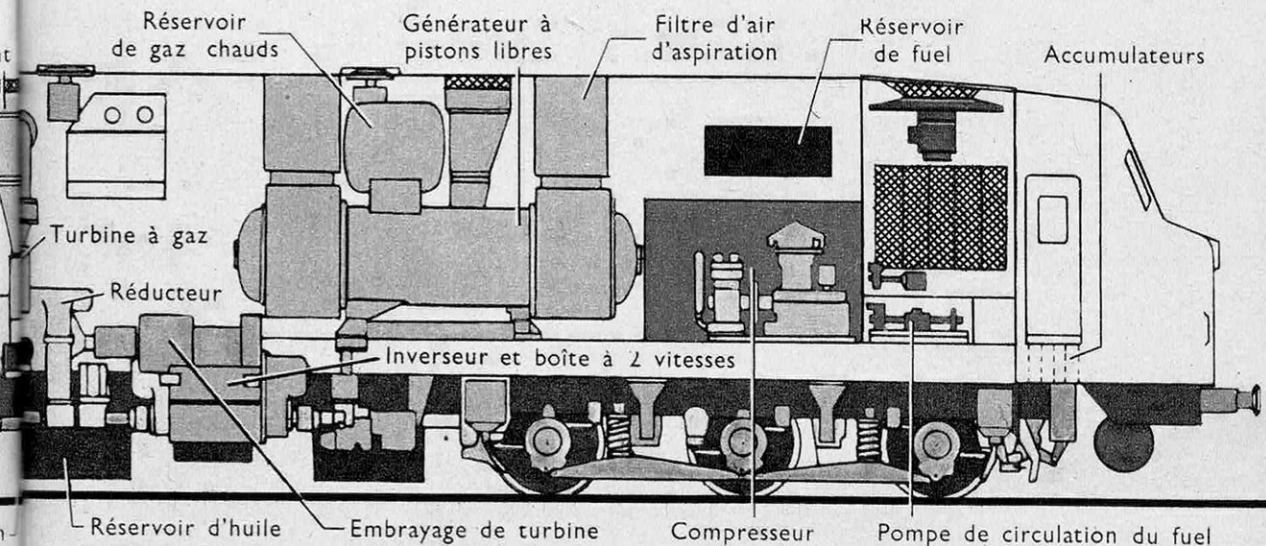
La première locomotive à turbine à gaz a vu le jour en Suisse pendant la guerre, et deux

autres locomotives ont été construites peu de temps après en Angleterre. A vrai dire, ce type de machine n'a pas eu de suite en Europe, en raison, semble-t-il, de la difficulté de faire fonctionner dans de bonnes conditions la turbine à gaz aux régimes très variables que requiert en général un service ferroviaire. Par contre, une quarantaine de locomotives à turbine à gaz, dont certaines développent 8 500 ch, sont en service aux États-Unis où elles assurent la traction de trains de marchandises lourds à grande distance entre l'ouest et le centre des États-Unis, c'est-à-dire dans des conditions de service nécessitant de faibles variations de puissance.

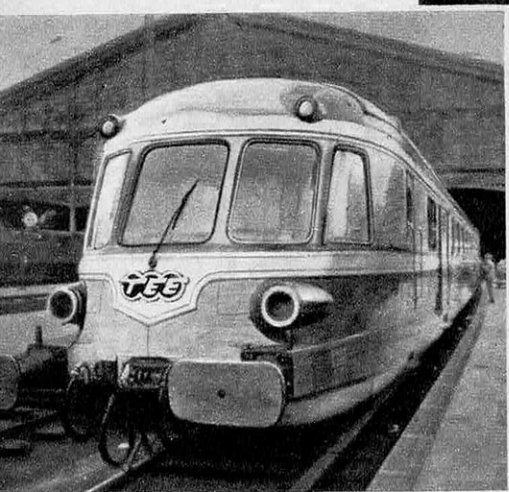
Les chemins de fer russes ont actuellement aussi en essais de puissantes locomotives de cette classe.

En France, un groupe de constructeurs, sous la direction des usines Renault, procède aux essais d'un type spécial de locomotive à turbine à gaz, dans laquelle les gaz chauds sous pression sont produits par un générateur à pistons libres. Une autre particularité de cette machine réside dans l'emploi d'une transmission mécanique entre la turbine à gaz et les essieux. Après avoir réalisé une locomotive expérimentale de 1 100 ch, ces constructeurs procèdent aux essais, sur le réseau de la S.N.C.F., de deux locomotives de 2 400 ch. Le rendement d'une telle locomotive est comparable à pleine charge à celui d'une locomotive équipée de moteurs diesels. L'avenir montrera si ces nouvelles réalisations sont de nature à concurrencer efficacement le diesel dans le domaine ferroviaire.

Charles TOURNEUR
Ingénieur en Chef à la S.N.C.F.



Le Service des voyageurs





Sur Paris-Lille : téléphone à la disposition des voyageurs.

LE progrès a, comme toutes choses, ses détracteurs, mais tous lui reconnaissent au moins une vertu, celle de leur avoir apporté un confort qu'ils apprécient. Les voyages eux-mêmes ne constituent plus des expéditions pénibles. On peut dévorer des centaines de kilomètres et se sentir aussi frais à l'arrivée qu'au départ.

Or l'obtention d'un bon confort sur rail a toujours posé un problème difficile à résoudre. Sans doute le rail offre une surface théoriquement plane, mais il faut rouler « dur sur dur » avec toutes les conséquences que cela pose au point de vue stabilité, suspension et insonorisation, autant de conditions d'un bon confort

Rame de banlieue américaine entièrement climatisée, à deux étages.



← **Sur les rames TEE le confort a été particulièrement étudié**

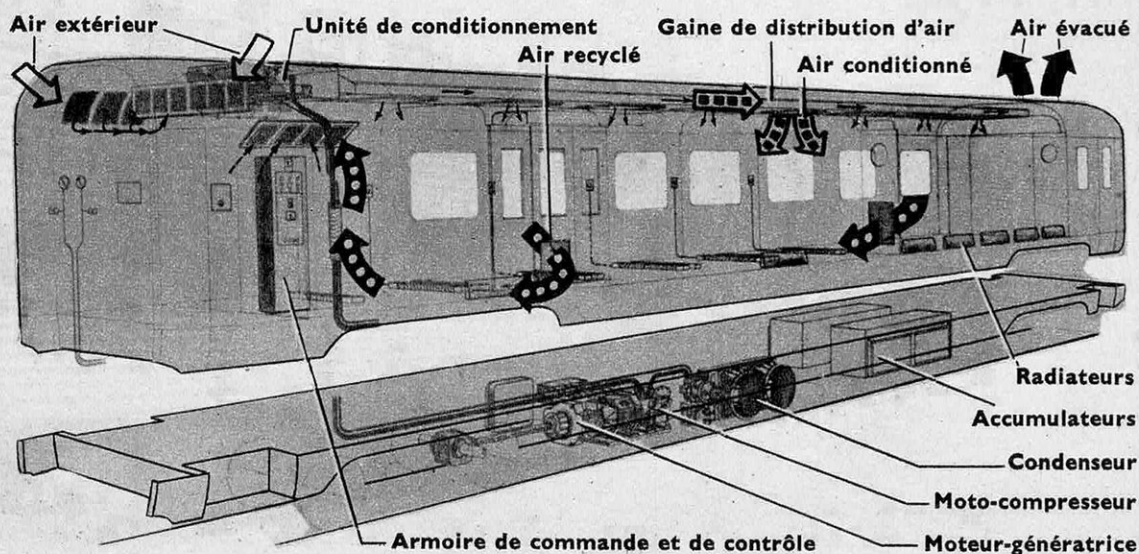


auxquelles s'ajoutent le chauffage, l'éclairage, la bonne conception des sièges, etc. La S.N.C.F. s'est attaquée avec bonheur à toutes ces conditions requises de façon à offrir à ses clients un confort souvent supérieur à celui qu'ils ont sur bonne route avec une automobile de bonne marque.

Si le bogie à deux essieux, fait à l'origine pour permettre à de longues voitures de circuler dans des courbes de faible rayon, apportait un élément favorable à la résolution

du problème de la « tenue de voie » et de la suspension, il ne le résolvait qu'en dessous de 120 km/h. Au-delà, les jeux et les imperfections de la voie pouvaient redonner, en des périodes de résonance, des mouvements de lacet désagréables. Or 140 km/h est une vitesse courante sur les lignes électrifiées et le Mistral marche à 150 km/h.

Les anciens bogies type « Pennsylvania » ont dû être pour leur part soigneusement vérifiés. Ils sont maintenant supplantés par



← Les lignes U.S.A. touristiques

Sur le réseau du Western Pacific Railroad, ces voitures panoramiques ont été mises en service pour permettre aux voyageurs de mieux jouir du paysage, atout de confort non négligeable dans l'âpre concurrence rail-route des U.S.A.

Nouveau wagon → Paris-Avignon

Le transport des voitures « accompagnées » du train « auto-couchettes » Paris-Avignon a rencontré un tel succès qu'il va connaître de nouvelles extensions et que ces nouveaux wagons des Ateliers de Vénissieux vont être mis en service.



les bogies type « Pennsylvania perfectionné » et les bogies Y 20 d'une conception toute nouvelle. Dans les premiers, des glissiers latéraux reçoivent une partie de la charge et permettent de réduire au maximum les différents jeux fonctionnels. Dans la seconde, les jeux sont purement et simplement supprimés grâce à des liaisons dites « positives » obtenues par des bielles articulées munies de « silentbloks ». Ces derniers bogies, bien amortis et d'un entretien peu onéreux sont ceux qui équipent, entre autres, le Mistral.

Le conditionnement d'air a lui aussi été pour la première fois généralisé en 1956 sur le Mistral après des essais en 1954, sur deux voitures-bar. Les baies sont fixes, les courants d'air, les fumées et les poussières sont évités et l'isolation thermique est renforcée.

L'étude du système de chauffage des voitures courantes a conduit à une isolation très poussée des parois et à l'adoption, sur les voitures modernes des grandes lignes, d'un équipement dit « à soufflage continu et à

température modulée » qui ne risque plus d'incommoder les voyageurs par des bouffées d'air chaud.

L'insonorisation a elle-même été perfectionnée et si, dans les voitures de 3^e classe de 1939, l'indice d'intelligibilité varie de 19 à 33 %, on atteint actuellement de 47 à 65 % et même 82,5 % dans un compartiment de milieu du Mistral (40 à 60 % est l'indice normal d'une bonne voiture).

En éclairage, une des transformations les plus marquantes, due à une société française, a été le remplacement de la dynamo classique par un alternateur homopolaire auquel est adjoint un redresseur de puissance au sélénium ou au silicium. Le rotor non bobiné est sans bagues ni balais. L'ensemble très simple et robuste est d'un entretien excessivement réduit. Évidemment, les tubes fluorescents ont remplacé les lampes classiques.

Mais la S.N.C.F. ne pouvait s'arrêter à un confort, si parfait soit-il. Elle devait tenir compte des exigences de la vie moderne et offrir aux hommes d'affaires, ingénieurs, hommes politiques, fonctionnaires, etc., des trains commodes.

Actuellement, plus de 50 « trains d'affaires » rapides et confortables, répondent à ces conditions, soit en « service intérieur », en « service international » (TEE) ou en « relations à grande distance ». Ils sont en eux-mêmes une synthèse des plus récents progrès de la S.N.C.F.

← Voiture-bar climatisée

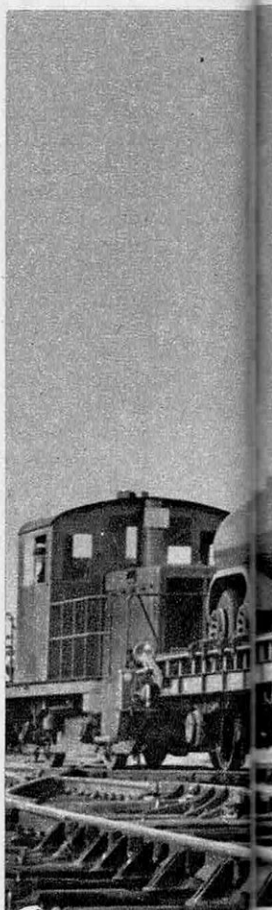
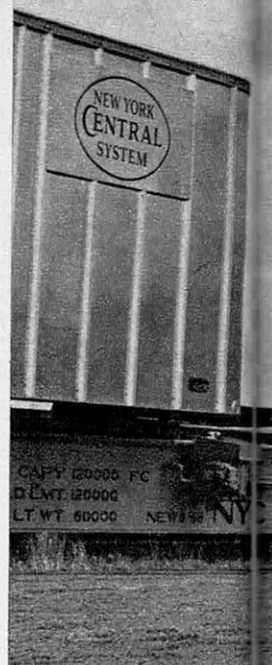
En 1954, la S.N.C.F. faisait un essai de climatisation sur deux voitures-bar. Le schéma en est donné ci-contre. Cet essai ayant été couronné de succès, le train drapeau n° 1 de la S.N.C.F., le Mistral, a été entièrement climatisé par un système analogue dès août 1956. Une génératrice actionnée par la rotation d'un essieu donne l'énergie nécessaire.

Le Service des marchandises

SANS doute moins spectaculaire, le service des marchandises est cependant le plus important de la S.N.C.F. ; il fournit en effet 70 % de ses recettes. Il lui a donc fallu moderniser ce service au même titre, et sinon plus, que celui des voyageurs. Cette modernisation porte tant sur l'acheminement des marchandises, leur collecte, leur manipulation, leur distribution, que sur le triage, dans des gares spécialisées, des wagons chargés et la répartition des wagons vides suivant les besoins très variables des utilisateurs.

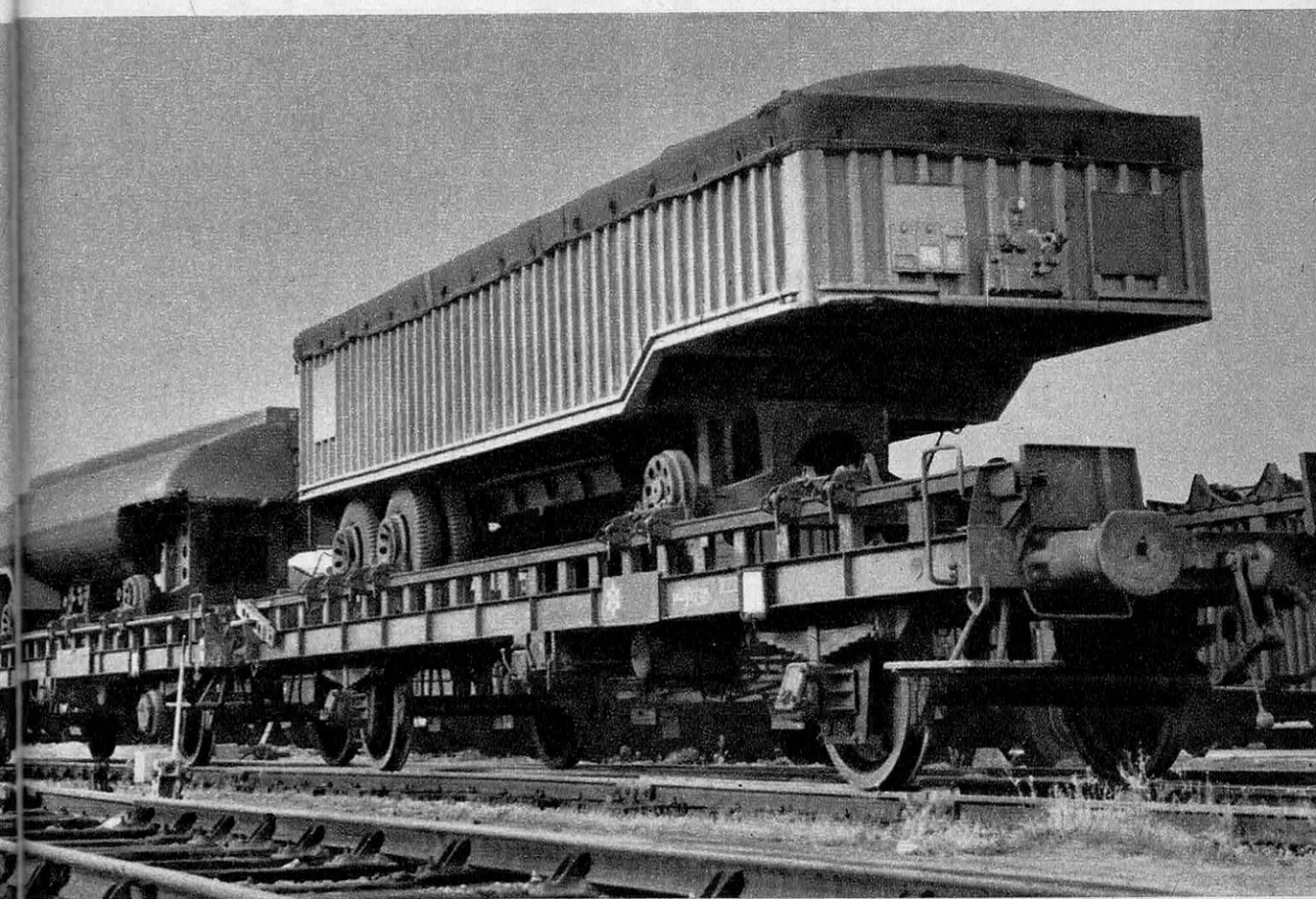
A la base, les transports sont classés en deux catégories : ceux

Une grue spéciale
« Griffet » charge
des containers.





Le « Flexi-Van » américain de 18 tonnes passe aisément du wagon à la semi-remorque.



Remorques « Rail-Route » sur wagons spéciaux facilitant chargement et déchargement.



← Frigo «Rail-route»

Cette remorque, tractée sur route pour les opérations de ramassage, est chargée sur wagon spécial. Elle permet le porte à porte sans renoncer à la rapidité du rail.

Wagon Kangourou →

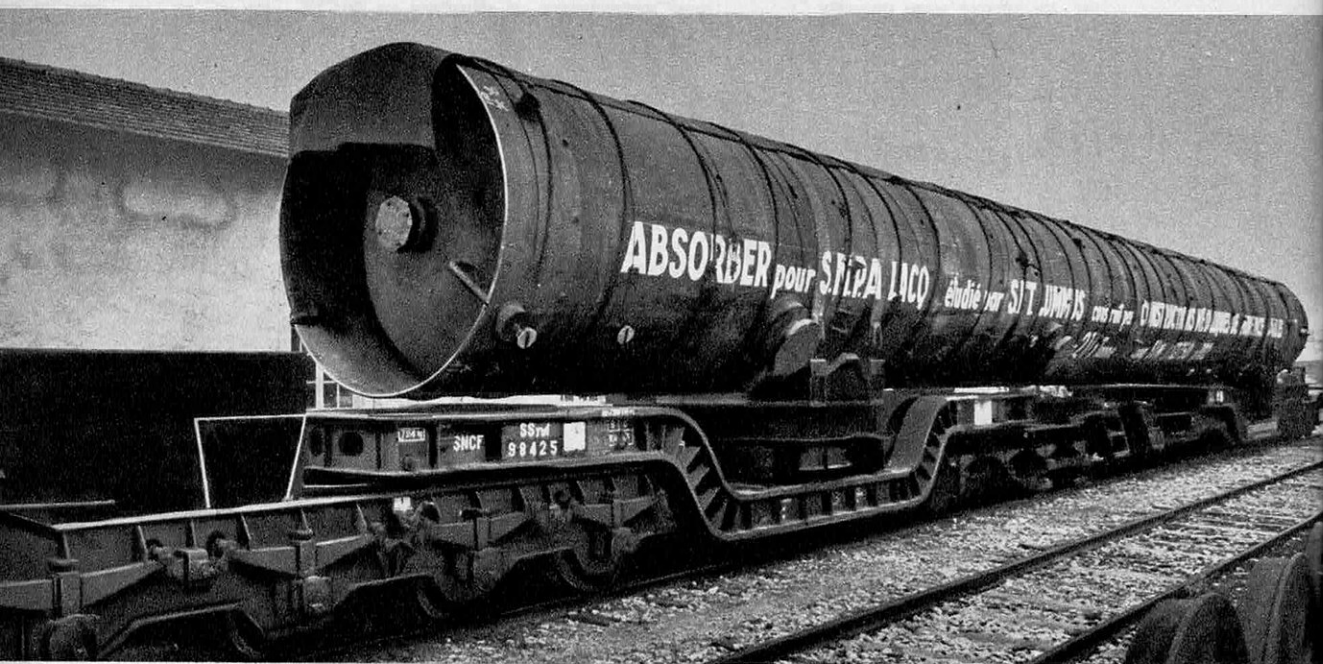
Cette plate-forme possède une sorte de poche où se logeront les roues arrière de la semi-remorque. On gagne ainsi de la place utile tout en respectant le gabarit.

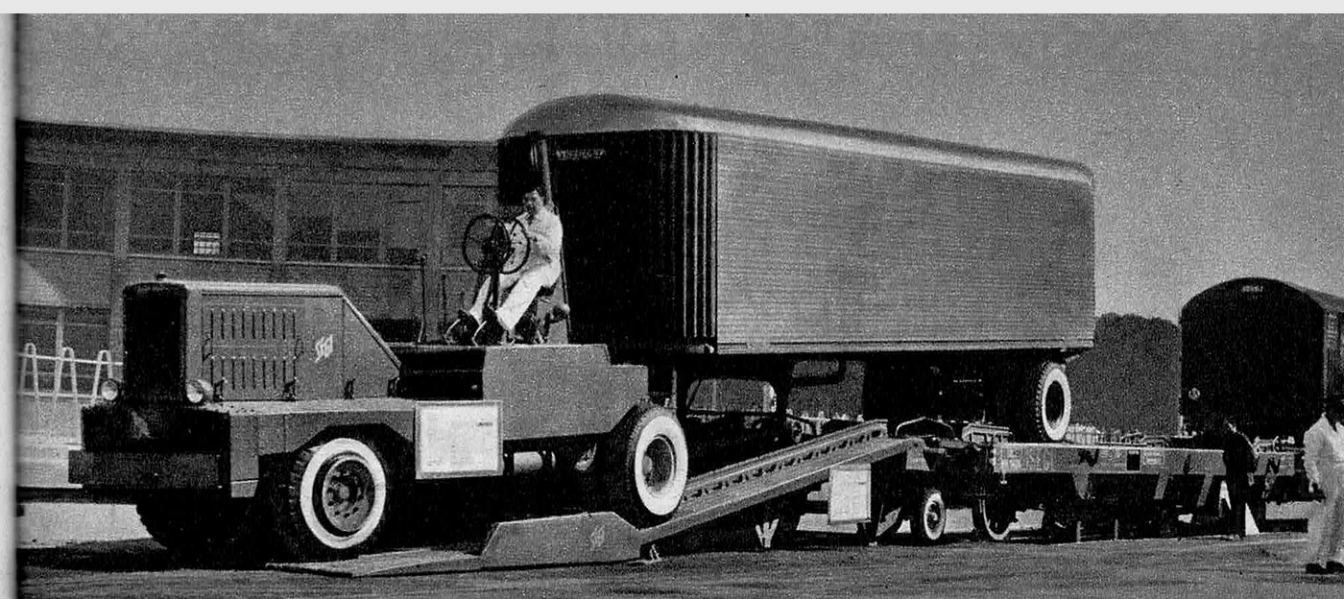
pour lesquels la rapidité du transport est primordiale (denrées périssables, colis isolés, etc.) auxquels s'applique le régime accéléré, dit RA ; ceux qui ne nécessitent aucune urgence particulière (charbons, minerais, matériaux de construction, etc.) et qui relèvent du régime ordinaire, dit RO.

Le service RA ressemble beaucoup au service des voyageurs avec ses trains de messageries presque tous réguliers. Au contraire, le service RO vise à l'utilisation à plein des possibilités de traction, toutes les augmentations de trafic étant absorbées par des services facultatifs ne comportant

que des trains à pleine charge en vue d'arriver à un prix de revient aussi bas que possible.

Pour la collecte et la distribution des marchandises, les solutions sont des plus variées jusqu'à la solution du « porte à porte », soit avec la remorque wagon ou le container désormais classiques, soit avec les diverses remorques « rail-route » dont le trafic intéresse actuellement 170 gares spécialement équipées et déborde même sur les réseaux belges, allemands et italiens. Ces remorques et leurs plates-formes de transport ont été spécialement conçues pour permettre un charge-





ment et un déchargement extrêmement rapide, de l'ordre de 3 minutes. Certaines plates-formes dites « kangourous » permettent aux roues des remorques de s'effacer de façon à utiliser au maximum la section utile permise par le gabarit.

L'ensemble des semi-remorques U.F.R., géré par le Groupement technique des transporteurs mixtes rail-route (G.T.T.M) qui groupe 200 sociétés, ne comprend actuellement pas moins de 2 050 unités. C'est le seul exemple en Europe d'une organisation rail-route professionnelle.

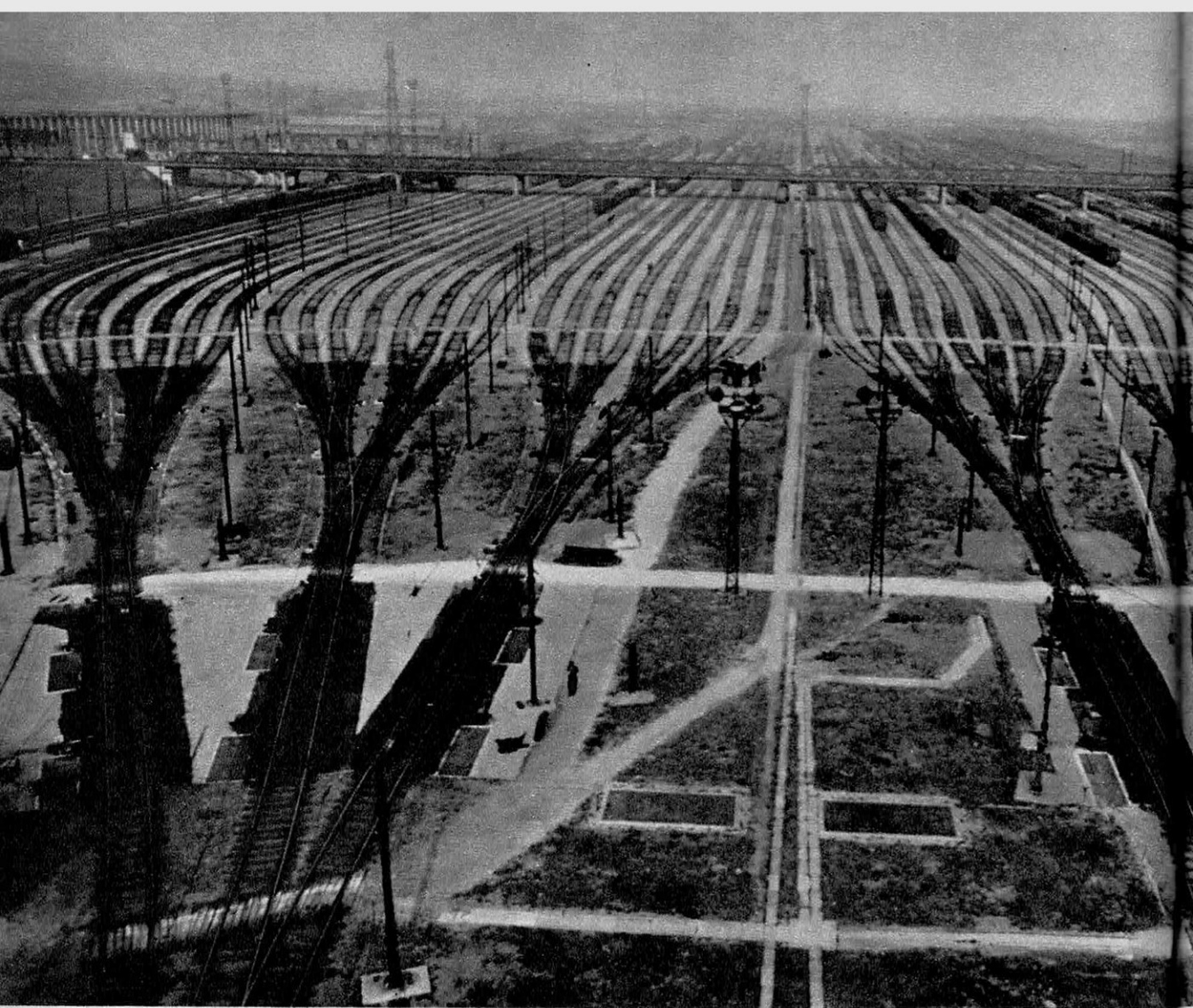
Une autre révolution a consisté dans le

transbordement des colis avec l'utilisation de palettes dont le nombre est de plus de 300 000, se répartissant en 6 groupes différents. Il en est résulté une augmentation importante de la rentabilité des chantiers de manutention, une diminution sensible des colis détériorés et, enfin, une amélioration des conditions de travail du personnel auquel on demande moins d'efforts physiques, mais plus d'habileté. Le rendement a lui aussi été augmenté dans le triage même des wagons par suite de l'adoption de systèmes d'aiguillages et de « rails-freins » plus ou moins automatiques, ainsi que de locomotives diesel

← Ce transport exceptionnel de 216 t à destination de Lacq a nécessité un wagon spécial.

Le chargement →
de palettes
se fait aisément
à l'aide de ce
chariot élévateur.





La gare de triage Gevrey-Chambertin près de Dijon avec sa batterie de six « rails-freins »

de manœuvres télécommandées depuis le poste de « butte ».

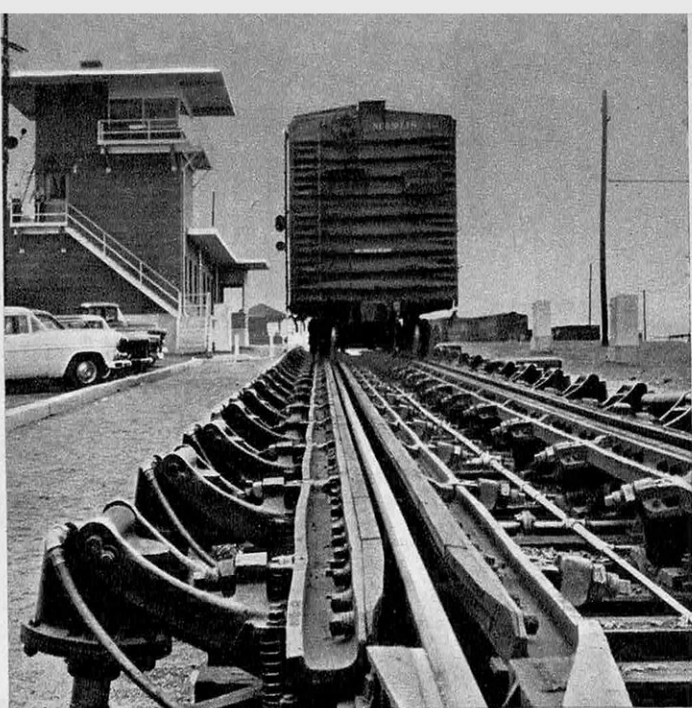
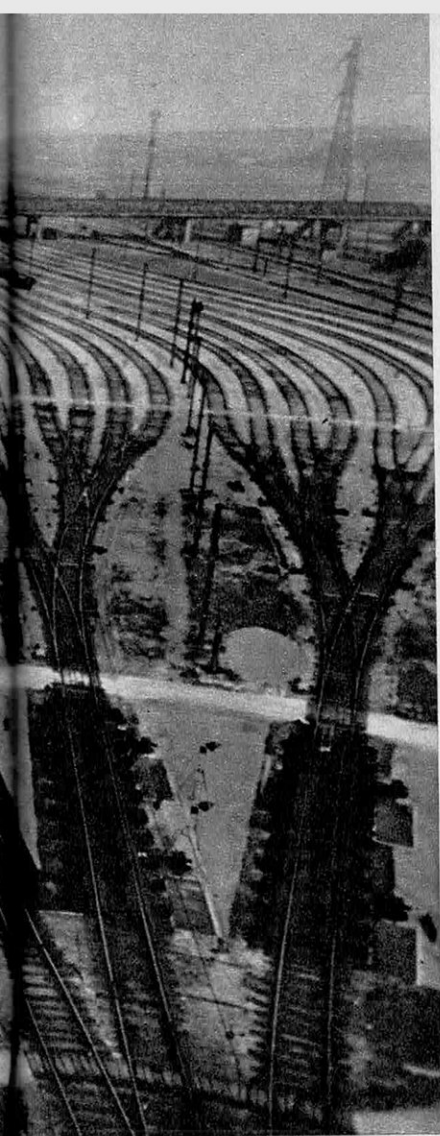
Mais une bonne gestion marchandises exige plus. Il faut que les wagons vides qui se trouvent en trop dans certaines gares soient envoyés le plus rapidement possible là où ils font défaut. Cette répartition du matériel vide, dont la définition paraît très simple, est en réalité très complexe par suite de l'importance du parc de wagons, près de 500 000, du nombre des « lieux à pourvoir » et de la fluctuation des demandes.

Grâce à des fichiers-wagons, où chaque wagon est représenté par une fiche de couleur avec les renseignements le concernant (renseignements que l'on peut reporter sur des cartes perforées), il est possible à tout moment de connaître la situation du matériel

dans la zone d'action du fichier. Chacun des 40 arrondissements de l'Exploitation reçoit ainsi les renseignements de 50 à 90 fichiers et les transmet à une Centrale Répartition installée à la Direction du Mouvement à Paris.

Cette organisation permet déjà une adaptation rapide aux besoins de la clientèle. C'est pour en diminuer l'inertie que la S.N.C.F. a mis en service un réseau de téléimprimeurs ; par la suite, les renseignements reçus par bandes perforées seraient exploités par l'ensemble électronique de gestion d'Auteuil.

On se rendra compte de l'importance de ces mesures quand on saura qu'en réduisant d'une demi-journée le délai moyen s'écoulant entre les chargements successifs d'un même wagon, ce sont 16 000 wagons environ que l'on peut éviter de commander dans les années à venir.



Frein de voie américain à dispositif électronique.

Les gares de triage modernes

Le triage des wagons ne pouvant se faire qu'en les séparant au moyen d'aiguillages appropriés, on a cherché à améliorer le rendement des « buttes » de triage en faisant descendre les wagons le plus vite possible et le plus près possible les uns des autres. D'une part, les aiguilles sont commandées électriquement, parfois automatiquement par un poste à billes. De l'autre, des freins de voies évitent les rattrapages entre wagons. Aux U.S.A. certains de ces rails-freins automatiques sont commandés par radar et bascule électronique.



Poste de triage de Minot (U.S.A.). Le chef de poste dispose de radio, haut-parleurs, etc.



L'ensemble Gamma 60 installé à la gare d'Auteuil.

Gestion électronique à la S.N.C.F.

C'EST aux U.S.A., en 1951, que le premier « ensemble électronique de gestion » — c'est-à-dire la première machine électronique capable de faire de véritables travaux administratifs — est apparue sur le marché : l'UNIVAC de Sperry Rand.

Les immenses possibilités offertes par ces machines leur ont assuré un développement foudroyant outre-Atlantique, où l'on comptait déjà plus de 400 grandes machines au début de 1957. En Europe, le marché n'a pas tardé à s'ouvrir, tant aux machines américaines importées ou construites sous licence qu'à des machines de construction européenne, où la France commence à occuper un rang éminent.

Les possibilités de ces ensembles électroniques de gestion tiennent à trois qualités fondamentales :

— l'extrême rapidité de leur fonctionnement, plus de 1 000 fois supérieure à celle des machines classiques à cartes perforées ;

— l'énorme capacité d'emmagasinement de données de leurs « mémoires », qui peuvent stocker aisément toutes les données de base d'un travail complexe ;

— l'infinie souplesse des opérations qu'elles peuvent effectuer, grâce à leur faculté de s'adapter aux programmes les plus variés.

On réalise immédiatement la rapidité de ces ensembles par le fait que les temps opératoires s'expriment en millionièmes de seconde ou « microsecondes ».

Dans la partie centrale de la machine, on trouve des mémoires dites à « accès rapide », composées de tores de ferrites qu'on lit en renversant leur magnétisme rémanent par un courant électrique, en dix microsecondes. Les opérations plus complexes, comme l'addition ou la comparaison de deux nombres de dix chiffres prennent cent microsecondes, et l'opération la plus longue, la division, prend six cents microsecondes.

Pour alimenter les unités centrales fonc-

tionnant à ces vitesses, il ne peut être question d'introduire les chiffres à la main, ni même avec des cartes perforées : on utilise des rubans recouverts d'une fine poudre magnétique, sur lesquels on peut inscrire dix chiffres décimaux par millimètre. Ces rubans sont « lus » par des têtes magnétiques devant lesquelles ils défilent à une vitesse de plus de 2,50 m par seconde, ce qui permet d'introduire 25 000 chiffres par seconde.

Les seuls organes des ensembles électroniques de gestion qui n'atteignent pas, pour le moment, la vitesse électronique sont les organes d'entrée et de sortie, et particulièrement l'organe d'impression, où la mécanique reprend ses droits : encore une imprimante moderne débite-t-elle au moins 300 lignes de 120 caractères à la minute, c'est-à-dire à peu près autant que 200 dactylographes.

La capacité des ensembles électroniques de gestion n'est pas moins étonnante que leur rapidité de fonctionnement. La mémoire à accès rapide, dans laquelle les informations sont stockées à l'instant même de leur traitement, peut contenir jusqu'à 200 000 chiffres décimaux immédiatement disponibles. Quant aux rubans magnétiques, chacun d'entre eux contient plus de 10 millions de chiffres décimaux et un grand ensemble électronique de gestion peut en utiliser plusieurs milliers, classés en réserve dans une pièce ordinaire, et équivalant à d'énormes salles d'archives.

Alors que, dans toutes les machines employées auparavant, les mécanismes ne pouvaient effectuer qu'un nombre très limité d'opérations simples, et qu'il fallait un certain nombre de manipulations pour passer d'un travail à un autre, l'ensemble électronique de gestion exécute un travail d'après un « programme » composé d'une série d'« instructions » codifiées en signaux électroniques, et le passage d'un programme à un autre se compte en microsecondes.

Cette souplesse d'adaptation des programmes a permis aux calculatrices électroniques scientifiques, qui ont précédé les ensembles électroniques de gestion, d'aborder les problèmes les plus complexes en les décomposant en une succession d'opérations simples, et, pour prendre un exemple particulièrement frappant, de calculer la trajectoire d'un projectile en moins de temps qu'il ne met pour la parcourir.

Des calculatrices aptes à des tâches multiples

Une des caractéristiques les plus remarquables des ensembles électroniques de gestion est leur aptitude particulière à effectuer, en plus des quatre opérations arithmétiques qui suffisent aux travaux administratifs, les opérations logiques que les théories mathématiques modernes rassemblent sous le nom d'« algèbre de Boole » et qui permettent de systématiser et d'enchaîner pratiquement tous les processus concevables de transformation de l'information.

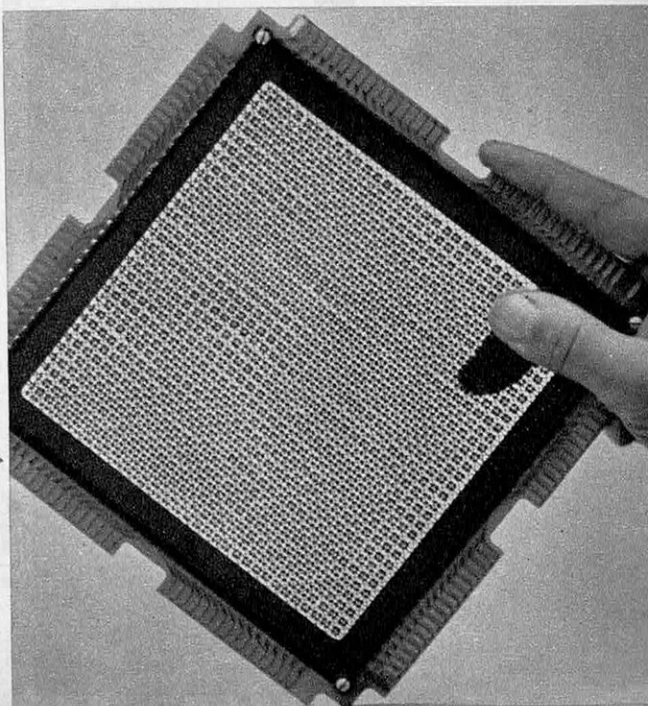
Les Chemins de fer qui avaient introduit, les premiers en France, en 1926, les machines à cartes perforées, constituaient un domaine naturel pour l'utilisation des ensembles électroniques de gestion.

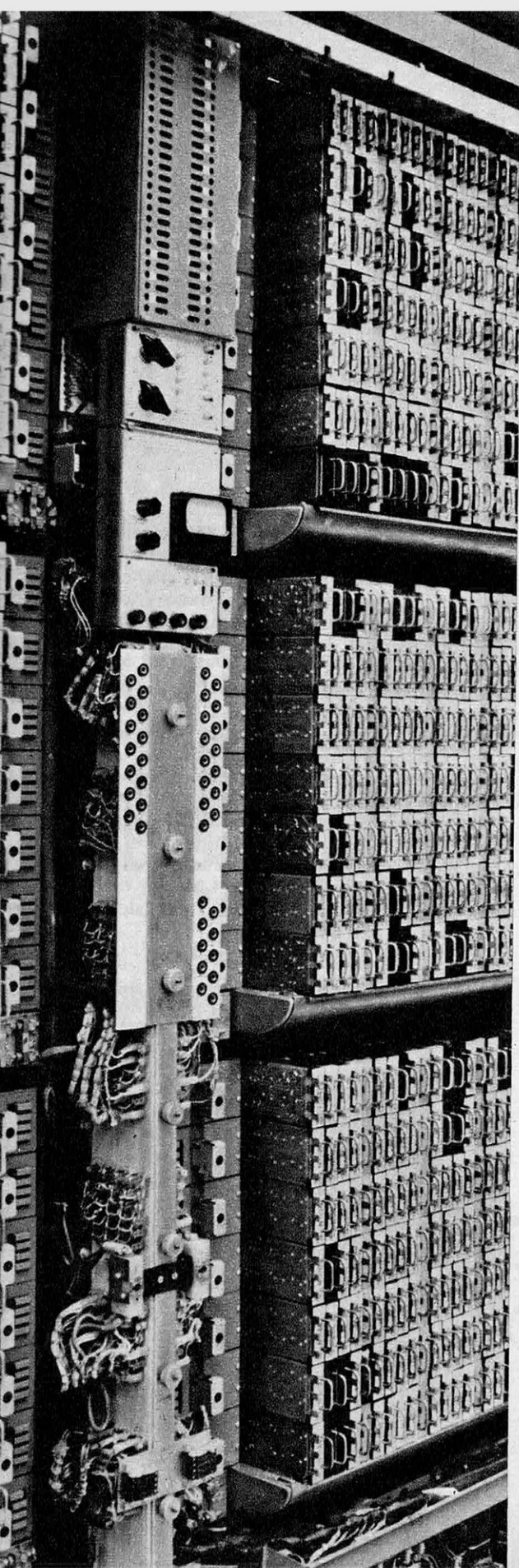
Dès la fin de 1955, la S.N.C.F. a décidé d'étudier l'utilisation éventuelle d'une telle machine et a commencé les premiers travaux préparatoires ; elle a en particulier envoyé une mission aux États-Unis au début de 1957 pour s'informer des derniers développements de cette technique.

Ces premières études ont montré que les problèmes administratifs justiciables d'un traitement par ensemble électronique de gestion étaient multiples et importants, et qu'en particulier tous les travaux effectués déjà avec des machines à cartes perforées pouvaient être transposés fructueusement sur les nouvelles machines. Une application a été immédiatement réalisée dans le domaine des statistiques de parcours des trains et des locomotives, ainsi que dans celui du calcul

La mémoire rapide →

Les éléments de base de la mémoire de la calculatrice sont des matrices planes où sont groupés plusieurs milliers de minuscules tores en ferrite.





← Les circuits logiques

On a ici une vue partielle de ces circuits. Il y a 48 000 plaquettes de 600 types standard avec au total 300 000 diodes et 35 000 transistors.

des primes des mécaniciens et chauffeurs avec un ensemble électronique de gestion de taille moyenne, un ordinateur 650 I.B.M. qui fonctionne de façon très satisfaisante depuis 1957.

Mais l'étude a montré en outre que de nombreux travaux peu accessibles à la mécanographie classique entraient dans le champ des nouvelles techniques. C'est ainsi que le calcul et le mandatement des prestations de la Caisse de Prévoyance — qui joue le rôle d'une Caisse de Sécurité Sociale pour les cheminots et leurs familles — jusqu'ici exécutés par voie purement manuelle, pouvaient être effectués par un ensemble électronique de gestion.

De même, les nouvelles possibilités des machines permettaient d'aborder certains problèmes statistiques jusqu'ici jugés d'un coût prohibitif, bien que la connaissance de leurs résultats eût permis d'apporter des améliorations sensibles à l'exploitation; tel est le cas de la répartition des wagons vides, que les chemins de fer du monde entier résolvent de façon empirique tout en étant pleinement conscients des progrès que permettrait une meilleure connaissance de leur évolution.

Enfin, la S.N.C.F., pour effectuer les nombreux calculs scientifiques qu'entraîne le développement de sa technique — comme le calcul des horaires — aura évidemment plus de commodité à se servir d'une machine lui appartenant qu'à recourir à des centres extérieurs de calcul.

Une machine pour les travaux de gestion et de recherche

La multiplicité des applications possibles a nécessité tout d'abord la création de 5 groupes de travail spécialisés, mis en place dans le courant de 1956 et chargés respectivement des questions de personnel, de mouvement, de comptabilité, de gestion des stocks et des questions commerciales.

Simultanément, le service des Études Générales de la S.N.C.F., chargé des questions de mécanographie, a commencé à se pencher sur le problème de l'ensemble électronique de gestion lui-même, en étudiant et comparant les possibilités des diverses machines qui étaient disponibles sur le marché.

Ce Service acquit la conviction que la puissance des machines était suffisante pour qu'on pût envisager de faire exécuter tous les travaux de la S.N.C.F. sur une machine unique; cette solution économique offrait en outre l'avantage de rassembler en une seule équipe tous les techniciens destinés, après formation spéciale, à assimiler pleinement les nouveaux procédés.

La décision de commander un ensemble électronique de gestion fut prise par la S.N.C.F. à la fin de 1957 et le choix se porta, compte tenu des diverses caractéristiques des travaux envisagés, sur un ensemble Gamma 60 de la Compagnie des Machines Bull, de fabrication française.

Cet ensemble, dont l'installation vient juste d'être terminée, est à l'heure actuelle le plus important, sinon le plus puissant d'Europe.

Il comportera, en situation définitive, les unités d'entrée et de sortie suivantes :

- 4 lecteurs perforateurs de cartes de 300 cartes/minute chacun,
- 4 lecteurs perforateurs de bandes à 200 codes/seconde chacun,
- 9 imprimantes à 300 lignes de 120 caractères par minute.

Les moyens de traitement se composeront de :

- 1 mémoire centrale de 200 000 chiffres numériques,
- 1 unité arithmétique et logique,
- 1 traducteur,
- 1 comparateur,
- 3 tambours magnétiques de 150 000 chiffres numériques chacun,
- 24 dérouleurs de rubans magnétiques.

Le service direct de la machine nécessitera une demi-douzaine de techniciens.

Les auxiliaires de la machine

L'installation de l'ensemble électronique de gestion ne se borne pas à le placer dans une salle et à lui fournir du courant électrique ordinaire. L'alimentation doit être assurée en courant stable, fourni par un groupe convertisseur, alimenté soit en courant industriel direct, soit avec des groupes électrogènes diesel de secours.

En outre, tous les locaux contenant les machines électroniques et les rubans magnétiques doivent être isolés de l'air extérieur et alimentés en air conditionné et dépoussiéré, dans le double but d'éviter les incidents éventuels dus aux poussières et d'évacuer la chaleur dissipée dans tous les organes par les quelque 180 kW nécessaires au fonctionnement de l'ensemble.

Les sous-sols du bâtiment, où se trouve également une chaufferie classique, se présentent comme une véritable usine sillonnée de tuyaux et de câbles électriques.

A côté de ces auxiliaires nécessaires au fonctionnement matériel de la machine, les problèmes soulevés par son approvisionnement et l'évacuation de sa production ont également exigé des solutions très étudiées. De nombreuses machines annexes servant à déliasser, à découper et à mettre sous enveloppe les imprimés occupent une grande pièce qui ne rappelle que de très loin les bureaux d'ordre traditionnels des grandes administrations.

Le tout, avec l'ensemble des bureaux des techniciens, a trouvé place dans une ancienne remise de rames électriques de banlieue, à côté de la petite station d'Auteuil-Boulogne, sans que le flâneur soupçonne que, derrière les frondaisons du boulevard Suchet, la plus formidable machine de bureau de France vient d'entrer en fonctionnement au service de la plus grande entreprise du pays.

De la solde des agents au contrôle du mouvement des wagons

Étant donné la multiplicité des travaux administratifs qui seront confiés à l'ensemble électronique de gestion de la S.N.C.F., il ne saurait être question de mettre au point simultanément leur programmation sur la machine. C'est par étapes successives que les travaux seront transférés dans le nouveau centre d'Auteuil-Boulogne.

Bien entendu, les travaux qui ne doivent être pris que dans les phases ultérieures font dès maintenant l'objet d'études préalables au cours desquelles toutes les procédures traditionnelles sont soumises à une révision systématique destinée aussi bien à les alléger qu'à les adapter aux exigences particulières de la machine.

La première étape concerne la solde du personnel, c'est-à-dire la confection, le mandatement et la comptabilisation des bulletins de paie mensuels des agents du cadre permanent de la S.N.C.F.; elle doit être achevée au début de l'année 1961.

La seconde étape sera constituée par les travaux de la Caisse de Prévoyance, c'est-à-dire le calcul et le règlement des demandes de prestations de sécurité sociale émanant des cheminots en activité, de leurs familles ainsi que des retraités. La machine vérifiera les droits des intéressés et appliquera les barèmes de remboursement, en tenant compte de la multiplicité des modalités de règlement des prestations individuelles ou collectives.

Plus tard, l'ensemble électronique abordera les travaux de la Caisse des Retraites, puis des travaux commerciaux d'ordre statistique et comptable.

Il s'agit là d'une application où l'ensemble électronique de gestion offrira, pour un prix de revient très modique, la possibilité de disposer de statistiques nouvelles permettant une meilleure gestion, et avec des délais beaucoup plus courts que ceux donnés par les machines à cartes perforées.

Ultérieurement, il établira les statistiques de mouvement des trains: il s'agit là de l'application mentionnée plus haut et déjà réalisée sur un ordinateur I.B.M. 650; son transfert sur une grosse machine ne présente pas de difficultés, mais n'a pas non plus d'urgence particulière.

Ensuite, il restera de nombreuses applications comptables générales, où le travail préalable de révision et d'adaptation aux machines électroniques est le plus fructueux; aussi mettra-t-on aisément à profit le délai restant avant leur exécution.

Il reste enfin d'autres applications pour lesquelles l'ensemble électronique de gestion offre la possibilité d'élaborer des renseignements nouveaux, permettant de transformer, parfois de façon révolutionnaire, les procédures mêmes de gestion. Tels sont:

- le contrôle du mouvement des wagons, permettant une meilleure organisation du travail des grands triages et une répartition plus économique des wagons vides,

- la gestion des stocks, qui se prêtera vraisemblablement à des inventaires beaucoup plus rapprochés, permettant d'en réduire en toute sécurité le montant.

Ces applications nouvelles posent des problèmes théoriques souvent ardu, sur lesquels un grand nombre de réseaux de chemins de fer mondiaux travaillent simultanément et il est encore prématuré de se prononcer sur la nature exacte des solutions qui seront adoptées.

Il ne faut pas oublier enfin que, grâce à son aptitude particulière à effectuer plusieurs travaux simultanément, l'ensemble Gamma 60 de la S.N.C.F. constituera un outil permanent de recherches pour des travaux scientifiques ou spéciaux, comme le calcul des horaires des trains, ou celui de la distance « courte » entre deux points quelconque de l'ensemble du réseau.

Ainsi qu'on l'a déjà vu, un ensemble électronique de gestion n'est pas une machine de bureau ordinaire, avec laquelle on effectue plus rapidement et plus économiquement les mêmes travaux que précédemment. Son utilisation entraîne l'adoption de méthodes révolutionnaires pour exécuter les tâches adminis-

tratives — le « traitement de l'information », selon la terminologie scientifique: il introduit dans l'ensemble de la gestion des transformations aussi importantes que celles provoquées par le travail à la chaîne dans l'industrie automobile. Pour tirer tout le parti possible de la machine centrale, et pour aboutir à une solution rationnelle et harmonieuse, il est indispensable qu'à tous les échelons les cellules administratives modifient leurs méthodes et « repensent » leurs procédures.

On ne saurait trop insister sur l'importance que revêt, pour l'organisation d'une grande administration, son orientation vers l'utilisation d'un ensemble électronique de gestion. Ce n'est pas un outil d'exception, auquel certains spécialistes ont recours pour des calculs trop ardu pour le cerveau humain; c'est au contraire un centre nerveux de l'entreprise, dans lequel toute la partie fastidieuse de la comptabilité et de la statistique classiques s'effectue avec une rapidité extrême, laissant à l'homme sa fonction supérieure d'analyse et de jugement.

Une meilleure gestion, mais aussi de meilleurs réflexes commerciaux

Pour que le rôle de la machine atteigne à ce niveau, il est nécessaire que son introduction dans la vie administrative ne soit pas simplement confiée à une équipe de spécialistes: il est essentiel que la direction générale de l'entreprise elle-même apporte son impulsion et son autorité à la mise en place des nouvelles structures. C'est ainsi que le problème a été pris dès 1955 à la S.N.C.F., où le désir un peu simpliste d'employer une machine moderne a été dominé par le souci d'adapter l'ensemble des travaux de bureaux aux impératifs de la bonne gestion.

Il n'est pas indifférent à une Direction commerciale de disposer presque immédiatement de ses statistiques de trafic, car cela lui permet d'acquérir les réflexes rapides que sa clientèle aussi bien qu'elle-même désirent. Si, de plus, certains procédés d'analyse statistique permettent d'améliorer la prévision à court et moyen terme du mouvement des voyageurs et des marchandises, on imagine aisément à quel point la tâche des dirigeants s'en trouvera allégée. Enfin, on ne saurait assigner de limite au domaine de la recherche scientifique: toute l'histoire de la S.N.C.F. montre qu'une administration qui consacre à la recherche les efforts nécessaires fait le meilleur des placements.

R. HUTTER,

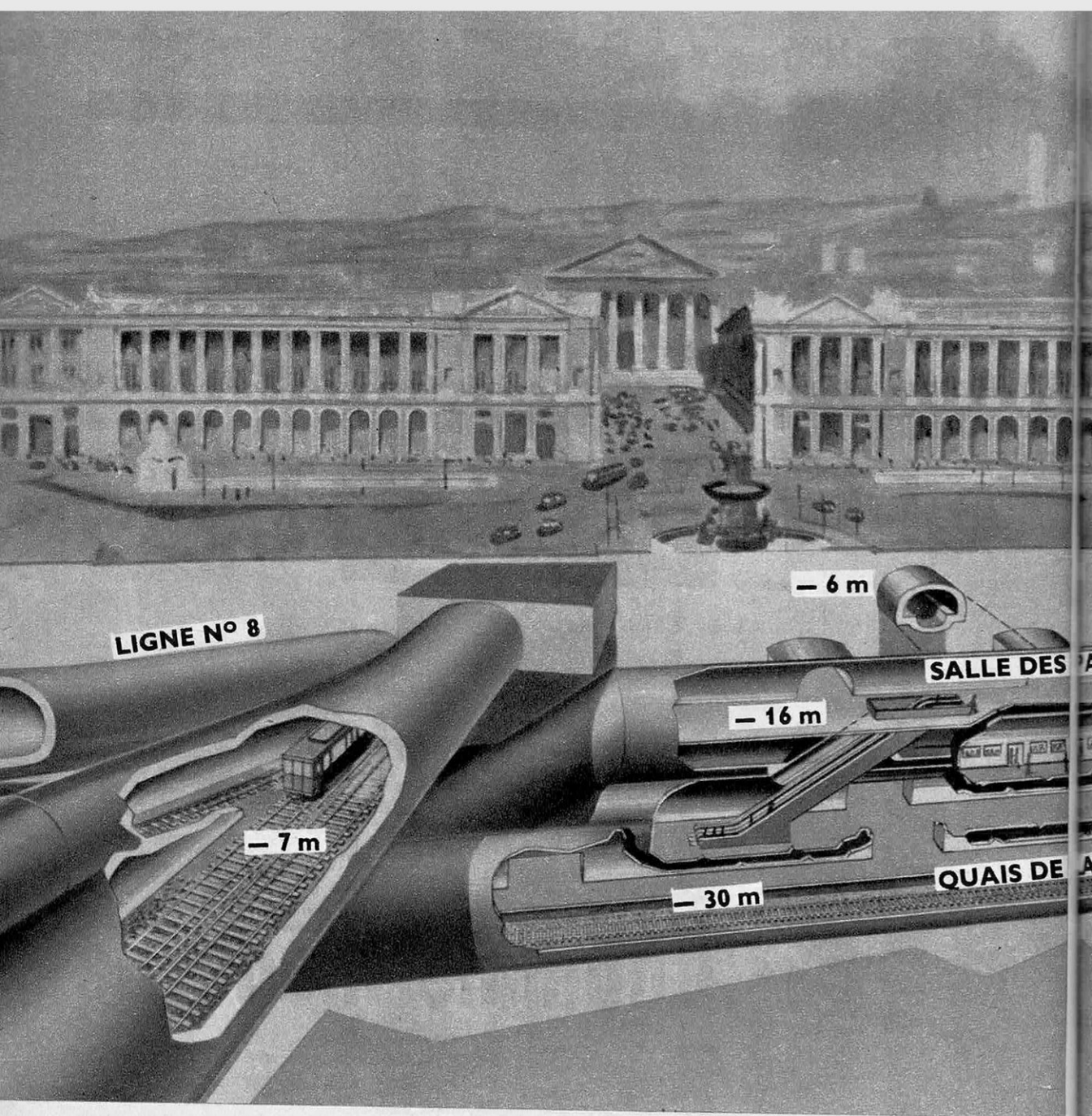
Directeur des Études Générales à la S.N.C.F.

CHAQUE
MOIS : **SCIENCE**
et **VIE**

**le magazine
de
l'homme moderne**

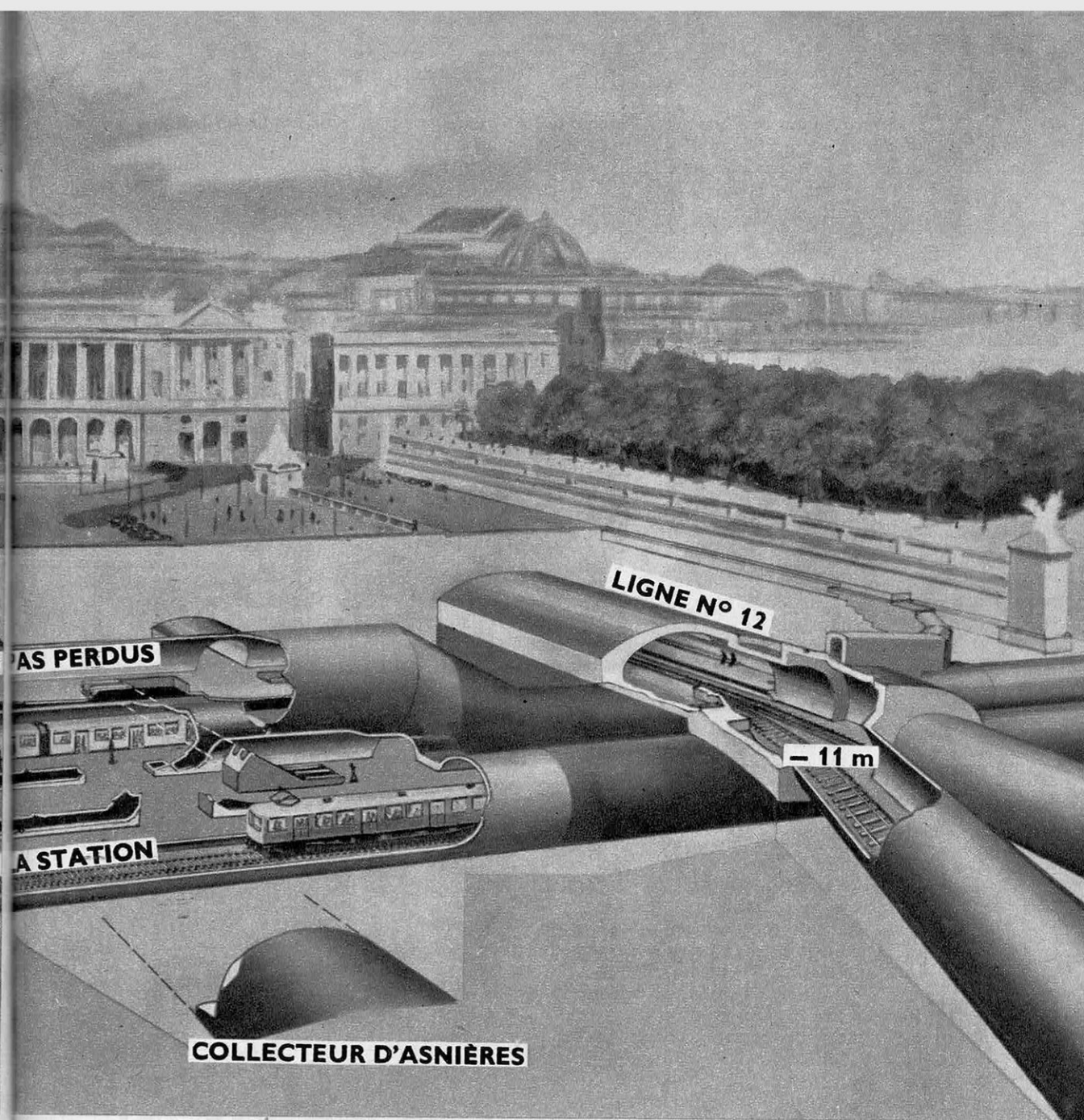


INFORME, EXPLIQUE



Station « Concorde » de la future transversale rapide sur l'axe Est-Ouest.

LE MÉTRO



POLITAIN



LE Métropolitain de Paris est à l'image de l'énorme concentration urbaine qu'il dessert : 10 800 habitants au km², contre 2 000 à Londres et 3 900 à Berlin, dans la zone parcourue par les lignes métropolitaines de ces villes.

Conçu pour libérer une cité surpeuplée d'une circulation intense et constamment difficile — les voitures à chevaux et les tramways du début du siècle étaient aussi encombrants que nos automobiles modernes —, le métro fut, au départ, limité à la ceinture des fortifications, avec des tunnels à petit gabarit, destinés à une desserte purement urbaine, des courbes à court rayon et de fortes rampes pour suivre à faible profondeur le tracé des rues, solution qui sacrifiait la vitesse en exploitation au bon marché de la construction. Le tarif unique adopté d'emblée interdisait les extensions trop lointaines.

La construction, entre les deux guerres, des prolongements de banlieue a sensiblement respecté les principes initiaux. Peut-être en a-t-elle quelque peu altéré la logique. Elle a certainement rendu sensible la limite au-delà de laquelle de nouvelles extensions ne pourraient plus être admises.

700 000 voyageurs par heure

Le Métropolitain de Paris présente des caractéristiques nettement tranchées qui le distinguent de tous les autres.

Tout d'abord son maillage très serré :

— 14 lignes d'une longueur totale de 169 km, soit 1 118 m par km² contre 145 m à Londres, 93 m à Berlin;

— 344 stations espacées en moyenne de 520 m. Aucun point de Paris n'est à plus de 500 m d'une station de métro.

Ensuite l'intensité du trafic, découlant également de la forte concentration de la population. L'intervalle entre les trains descend aux heures d'affluence à 105 secondes, ce qui autorise en moyenne un débit de 25 000 voyageurs par ligne dans chaque sens.

Ce trafic est assuré dans les meilleures conditions de sécurité sur un réseau où les ingénieurs se sont attachés à réaliser une exploitation aussi simple que possible. Le Métropolitain est composé de lignes strictement

indépendantes, sans terminus intermédiaires ni embranchements, à l'exception de deux d'entre elles. Les trains vont d'un terminus à l'autre et les causes de trouble sont ainsi réduites au minimum.

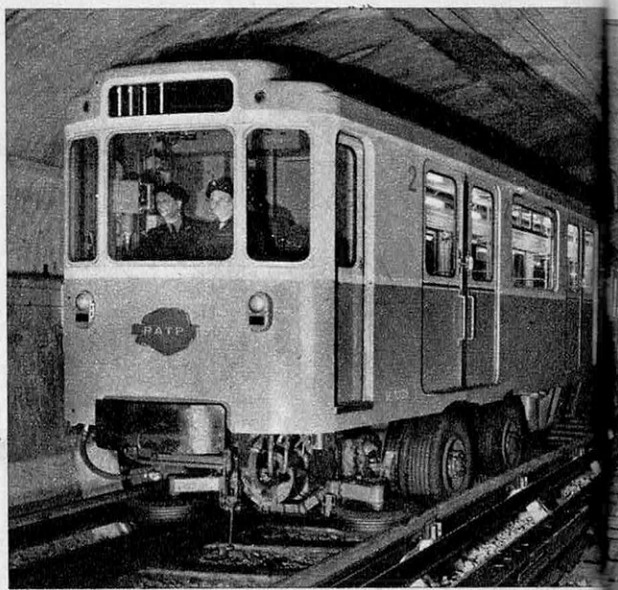
Le souci de simplicité et de sécurité qui a inspiré les conceptions d'ensemble et les principes de l'exploitation du métro a également déterminé l'orientation des techniques qui concourent à en assurer le fonctionnement.

En dépit de la variété apparente du matériel roulant, les équipements ont été unifiés de façon à rendre les voitures absolument interchangeables dans les diverses compositions de trains, en accouplant des motrices à 2 ou 4 moteurs avec le nombre nécessaire de remorques. Avec les trains à 5 voitures utilisés sur 9 lignes, le poids total est de l'ordre de 140 tonnes, la puissance de 1 400 ch. La longueur de ces trains (75 m) correspond à celle des stations.

La voie normale est constituée par des rails de 18 m de long et de 52 kg au mètre. Chaque coupon de rail repose sur 23 traverses. L'épaisseur du ballast est, sauf exceptions, de 40 cm. Des trains de meulage, équipés de patins de brique munis d'abrasifs spéciaux, parcourent périodiquement la voie à grande vitesse pour faire disparaître l'usure ondulatoire des rails.

Les courbes, dont le rayon minimum normal sur les voies principales est de 75 m, peuvent descendre jusqu'à 40 m. Toutes les courbes dont le rayon est inférieur à 300 m comportent un contre-rail. Le maximum admis

LE MÉTRO SUR PNEUS équipe déjà la ligne N° 11; on le verra bientôt sur la ligne n° 1 et il sera étendu ultérieurement aux autres lignes. Les surfaces de roulement en bois seront remplacées par des surfaces en acier. A droite, détail d'un bogie avec ses roues horizontales de guidage et ses roues auxiliaires métalliques pour le passage des aiguillages.



pour les rampes des lignes est de 40 mm par mètre. Il est souvent atteint.

L'énergie électrique nécessaire au réseau ferré, tant pour la traction que pour l'éclairage, est fournie par le réseau haute tension de l'E.D.F. Des câbles triphasés de 10 000 V aboutissent à des postes de haute tension, véritables centres de répartition d'où ils sont dirigés sur les cabines haute tension des sous-stations. Trente-cinq sous-stations, équipées avec des commutatrices ou des redresseurs à vapeur de mercure, transforment le courant alternatif 10 000 V en courant continu 600 V.

Pour des raisons de sécurité, deux éclairages distincts sont établis en souterrain : l'éclairage normal, dont l'alimentation est assurée par les machines en parallèle avec des batteries d'accumulateurs, l'éclairage protégé branché directement sur les batteries sans interposition de fusibles, ce qui garantit la continuité de son fonctionnement, même si l'alimentation haute tension a une défaillance ou si les fusibles sautent. L'éclairage normal emprunte un trolley en fil nu dans le tunnel, et l'éclairage protégé des câbles armés dans des caniveaux en béton.

La succession des trains à des intervalles réguliers, qui peuvent atteindre 1 mn 45 s aux heures d'affluence, a nécessité une signalisation à block automatique, où les indications des signaux dépendent uniquement de la position des trains sur les circuits de voie.

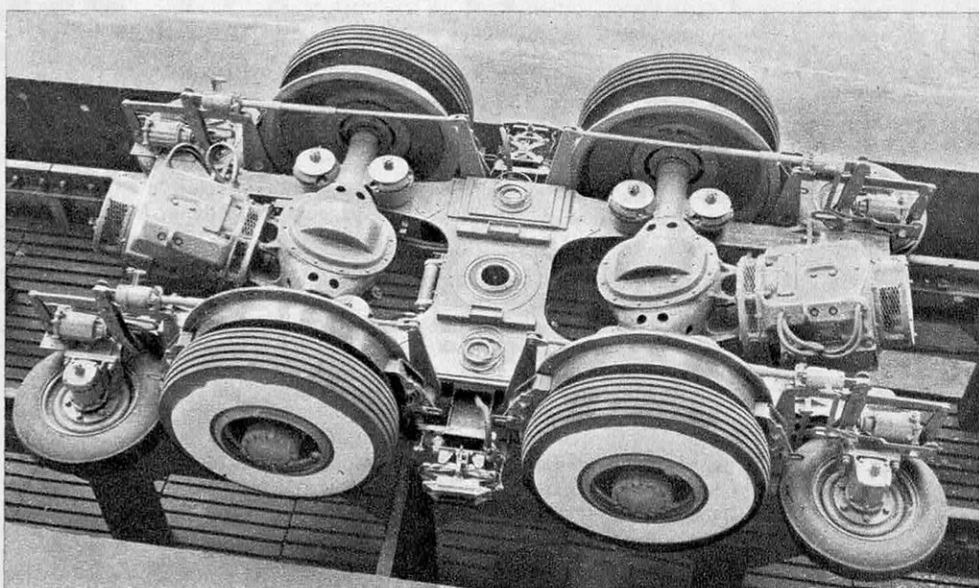
Chaque voie est divisée par des joints isolés en sections appelées « circuits de voie ». L'occupation d'un circuit par un train met au

rouge le signal amont correspondant, et ce signal ne repasse au vert que lorsque les deux circuits de voie à l'aval sont entièrement libérés. Un train est donc toujours couvert par deux signaux à l'arrêt, qui délimitent une section dite « section tampon ». Les seules dérogations à cette règle fondamentale ont été admises pour limiter les conséquences des arrêts anormalement longs dans les stations les plus chargées. Dès qu'un train a dégagé le quai sur 60 m environ, le train suivant peut, sur indication donnée par un feu jaune, pénétrer dans la station à faible vitesse.

La protection, contre les infiltrations d'eau, d'un réseau dont une grande partie baigne dans une nappe aquifère, a une importance primordiale. Les infiltrations peuvent être évaluées à 7 400 000 mètres cubes environ par an. L'épuisement et le refoulement de l'eau sont assurés par un important réseau de drainage aboutissant à 211 postes d'épuisement. En outre, des groupes de pompes supplémentaires ont été prévus aux points vulnérables en cas de crues importantes. Le débit total est de 45 000 m³ à l'heure.

Stations modernes; rames plus nombreuses et plus confortables

Telle est, encore aujourd'hui, dans ses grandes lignes, l'organisation technique du Métropolitain. Mais, au cours des dernières années, un renouvellement profond s'est manifesté. Il a permis de répondre à l'accroissement du volume des transports.



Les métropolitains étrangers

LE MÉTRO DE NEW YORK est le plus important du monde avec 29 lignes qui s'étendent sur 380 km, et compte 482 stations. Le nombre annuel des voyageurs s'élève à 1 330 000 000 et les 6 500 voitures de ce réseau parcourent chaque année un total de 487 millions de voitures-kilomètres. Ce réseau comporte des services omnibus et express sur chacune des 29 lignes.

LE MÉTRO DE LONDRES a un caractère tout différent. Bien que son réseau soit presque aussi long que celui de New York (362 km) et que ses trains empruntent environ 45 km des lignes supplémentaires de banlieue des British Railways, le nombre des voyageurs n'atteint que 669 millions. Par contre, le nombre de voitures est élevé, environ 4 000 qui parcourent chaque année 340 millions de voitures-kilomètres. Le métro de Londres compte 7 lignes avec 230 stations.

LE MÉTRO DE MOSCOU en dépit de la faible longueur de son réseau (75 km, 6 lignes et 50 stations seulement), se classe parmi les plus importants puisqu'on peut estimer à 900 millions le nombre de ses voyageurs.

LE MÉTRO DE BERLIN, avec 10 lignes d'une longueur de 83 km et 101 stations, transporte 240 millions de voyageurs. Le nombre de voitures-kilomètres est de 40 millions.

A HAMBURG, le nombre de voyageurs est moins élevé, 143 millions de voyageurs avec 34 millions de voitures-kilomètres, sur un réseau de 80 km (5 lignes et 68 stations).

Une mention particulière doit être faite pour un réseau très court, celui de **Madrid** (28 km 4 lignes, 54 stations) mais avec une très grosse intensité de trafic (392 millions de voyageurs).

LE MÉTRO DE BARCELONE a des caractéristiques analogues : 15 km, 2 lignes, 28 stations et un trafic de 152 millions de voyageurs.

LE MÉTRO DE STOCKHOLM est le plus moderne de l'Europe. La première ligne a été inaugurée en 1953. Avec 36,9 km de longueur, 3 lignes, 45 stations et 380 voitures, il transporte 109 millions de voyageurs par an.

Mentionnons encore en Europe les métros de :

- **Vienne** : 26,500 km, 2 lignes, 25 stations, 95 millions de voyageurs ;
- **Rome** : 11 km de longueur, 11 stations, 11 millions de voyageurs transportés ;
- le récent métro de **Léninegrad** ;
- **Lisbonne**, dont l'exploitation vient de commencer ;
- et, enfin les deux métros de moindre importance : **Glasgow** et **Budapest**.

AUX ÉTATS-UNIS, en dehors de New York, on compte 3 métros :

- **Chicago** : 110 km, 7 lignes, 135 stations, 1 216 voitures et 113 millions de voyageurs ;
- **Philadelphie** : 40 km, 3 lignes, 54 stations, 131 millions de voyageurs ;
- **Boston** : 35,6 km, 3 lignes, 33 stations, 90 millions de voyageurs.

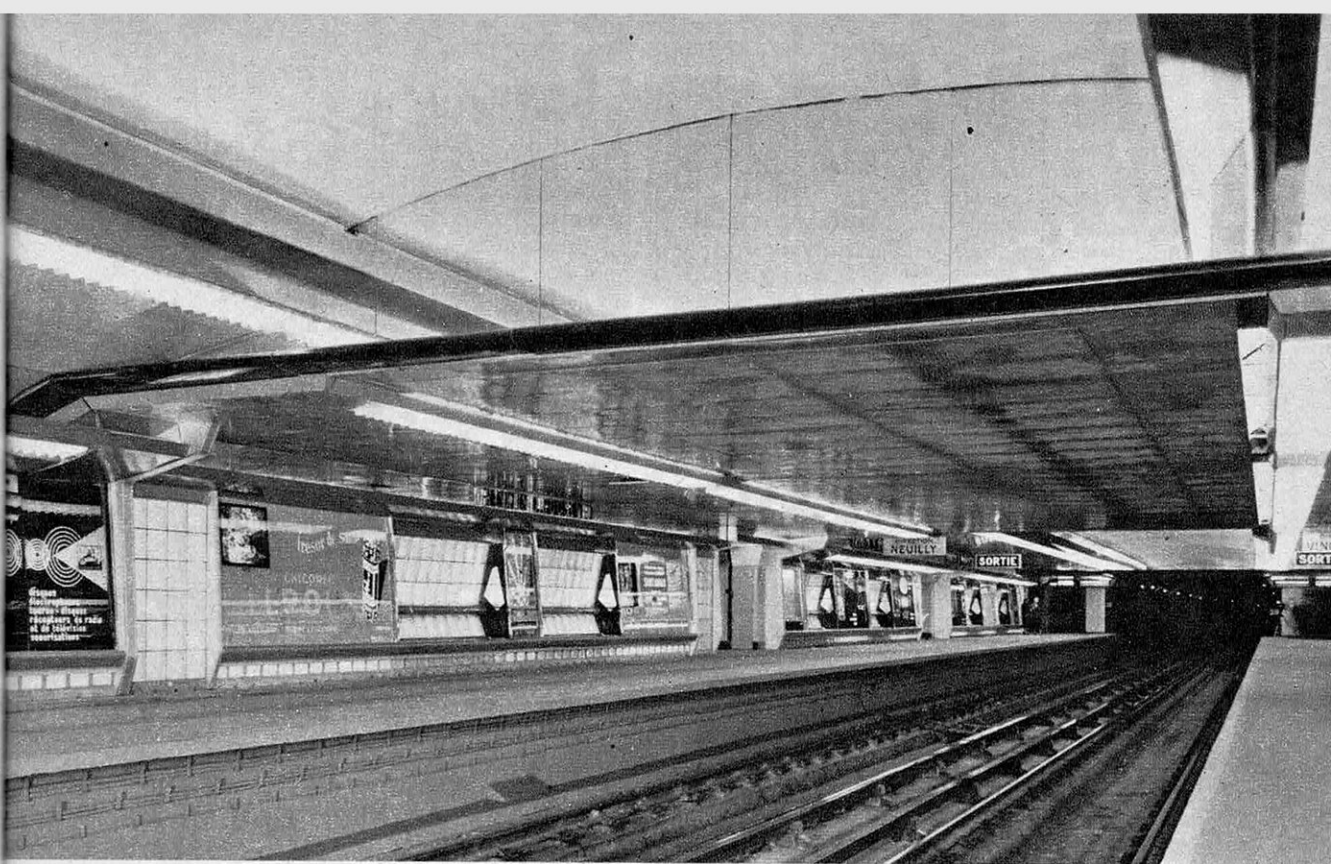
EN AMÉRIQUE DU SUD, il n'existe encore qu'un seul métro, celui de **Buenos Aires**, en République Argentine. Il transporte 317 millions de voyageurs sur 5 lignes longues de 30,7 km comportant 54 stations.

EN ASIE enfin, nous trouvons trois réseaux de métropolitain, tous trois d'ailleurs au Japon.

Le plus ancien et le plus important est celui de **Tokyo**. Il comporte 24 stations réparties sur 2 lignes d'une longueur totale de 24 km. Il transporte 191 millions de voyageurs par an.

LE MÉTRO D'OSAKA, long de 14 km, n'a qu'une ligne ouverte en 1933, comprenant 13 stations. Il transporte 204 millions de voyageurs par an.

NAGOYA, ville de 1 million et demi d'habitants, dispose depuis le 15 novembre 1957 d'un embryon de métro : 1 ligne longue de 2,600 km avec trois stations seulement, transportant environ 15 millions de voyageurs par an.



LA STATION FRANKLIN ROOSEVELT avec ses gémaux, son éclairage et ses marbres, cette station est sans nul doute l'une des plus belles d'Europe. Prototype de la station de demain, aussi bien par son style que par ses perfec-

tionnements techniques : portillons automatiques à ouverture totale, machines à billets auto-imprimeuses, etc., sa généralisation à toutes les autres stations parisiennes est cependant liée à la rentabilité de ses installations publicitaires.

La demande de transports, à peu près constante entre les deux guerres, a, en effet, considérablement augmenté du fait de l'accroissement de la population et, surtout, du plein emploi. Les variations en cours de journée se sont accrues, les voyages effectués par les travailleurs représentant une part de plus en plus grande du trafic. Enfin, par suite de la réduction du nombre des jours de travail dans la semaine, de la généralisation et de l'allongement des congés payés, l'essentiel de l'activité du Métropolitain se trouve concentré sur quelques heures dans la journée, sur quelques jours dans la semaine et, dans l'année, sur 10 mois et demi à peine.

La modernisation du Métropolitain réalisée au cours des dernières années est le résultat d'études approfondies qui ont remis en question tous les aspects de l'exploitation. La mise au point du réseau a porté tout d'abord :

- sur le mouvement des trains : le nombre des rames en circulation aux heures d'affluence est passé de 400 en 1938 à 500 en 1960, bien que la composition et l'effectif

du parc de matériel roulant n'aient pas sensiblement varié ;

- sur l'organisation des stations, de leurs accès et des intercommunications, afin de faciliter l'écoulement des voyageurs, soit par de nouveaux aménagements aux points délicats du réseau, éliminant certains goulots d'étranglement, soit par la mise en service de divers dispositifs, tels les portillons automatiques à ouverture totale, les ascenseurs et les escaliers mécaniques modernes, les machines à billets auto-imprimeuses.

L'amélioration des conditions d'exploitation des stations a entraîné une certaine réduction des dépenses. Le regroupement des contrôles ou la création de recettes-contrôles a permis des économies supplémentaires.

Pour le confort des voyageurs, l'éclairage fluorescent a été généralisé sur tout le réseau. 16 stations ont été complètement transformées. Parmi elles, « Franklin D. Roosevelt », ornée de reproductions d'œuvres d'art, complétée par une salle de distribution revêtue de marbre,

est certainement la plus belle réalisation d'Europe occidentale.

La Régie a entrepris la transformation de l'alimentation en énergie électrique. Le plan en cours de réalisation prévoit la construction de 4 grands postes de transformation alimentés par la ceinture 60 000 volts du réseau E.D.F. qui entoure la région parisienne. Dans chacun de ces postes, la tension sera abaissée à 15 000 volts et distribuée à 95 postes monogroupes à commande automatique répartis le long des lignes pour l'alimentation de circuits de traction. Le premier poste haute tension 60 000 volts est en construction rue Monttessuy. Cinq sous-stations monogroupes sont déjà en service.

Rames articulées et rames sur pneus

C'est sur le matériel roulant qu'a porté l'effort essentiel. L'évolution technique, dans ce domaine, s'est accomplie en deux étapes. A la première correspond le matériel articulé en service sur la ligne 13, qui est caractérisé par un sensible allègement (110 tonnes par train de 2 éléments au lieu de 140 tonnes avec le matériel traditionnel) et autorise des découpléments qui peuvent être utiles sur certaines lignes, pour proportionner le service aux fluctuations de la demande de transport.

Les trains sont composés de deux éléments munis d'un dispositif d'accouplement automatique. Chaque élément est constitué par un ensemble de 3 caisses portées sur 4 bogies. Un grand nombre de solutions modernes se trouvent rassemblées sur ce matériel, dont les performances au démarrage et au freinage marquent un sensible progrès.

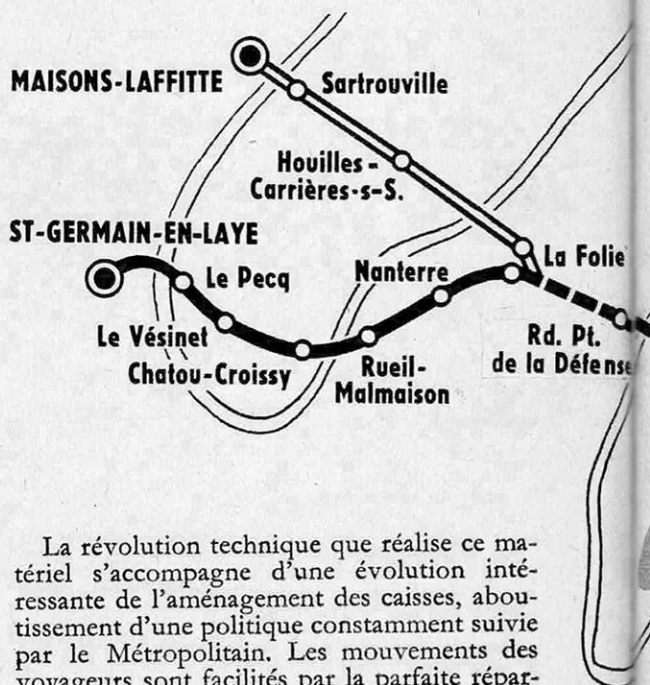
La seconde répond aux exigences des transports urbains, qui imposent des arrêts très rapprochés et, par conséquent, des démarrages et des freinages très rapides. On lui doit l'adoption du métro sur pneus, qui garde les avantages essentiels du chemin de fer et apporte, par l'adhérence du pneu sur une piste de bois, de béton ou d'acier, l'avantage d'accélération et de décélérations extrêmement efficaces, et assure aux voyageurs un confort et un silence dont ne peuvent approcher, en tunnel ou en viaduc, les matériels à bandages métalliques, même avec les roues élastiques modernes.

Cette solution, mise au point par la Régie autonome des transports parisiens, a été, après cinq ans d'expérience, adoptée sur la ligne n° 11 qui est exploitée depuis quatre ans avec ce mode de traction. Il a été décidé de l'appliquer sur la ligne n° 1 et il est prévu de l'étendre progressivement à d'autres lignes du réseau.

Les bogies des voitures qui composent les nouveaux trains sont équipés de roues comparables à celles des poids lourds et munies de pneumatiques. Ils roulent sur des pistes de bois dur sur la ligne 11 et, demain, d'acier sur la ligne 1. Le guidage est assuré par des roues horizontales, également munies de pneumatiques, disposées de part et d'autre des bogies et prenant appui sur des barres de guidage latéral.

Les rails normaux sont conservés entre les deux pistes, ainsi que les appareils de voie. Des roues auxiliaires métalliques, semblables à celles des chemins de fer, entrent en contact avec le rail en cas de dégonflage des pneus. Leur mentonnet assure le guidage du matériel sur les aiguillages, dont le franchissement est effectué sans guidage latéral.

Comme la voiture ne subit plus les à-coups du roulement sur rails, la construction a pu être allégée et des résultats satisfaisants sont obtenus avec des prix de revient inférieurs à ceux qu'imposeraient les formules classiques.



La révolution technique que réalise ce matériel s'accompagne d'une évolution intéressante de l'aménagement des caisses, aboutissement d'une politique constamment suivie par le Métropolitain. Les mouvements des voyageurs sont facilités par la parfaite répartition des portes le long du train, leur largeur utile qui permet à deux personnes d'emprunter en même temps chacune d'elles, largeur qui résulte non seulement des dimensions de la porte, mais aussi de la place disponible au droit de chaque montant, par suite de l'éloignement des sièges. Notons également l'ouverture à commande semi-automatique de ces portes.

L'amélioration des performances de démarrage et de freinage autorise une réduction des intervalles entre les trains et par conséquent une augmentation de la capacité horaire de transport. Sur la ligne « Vincennes-Neuilly », dont l'équipement en métro sur pneus va commencer, l'intervalle entre les trains pourra être ramené, sans inconvénient, de 1 mn 45 s à 1 mn 30 s. Sur la ligne 11 où le resserrement des intervalles n'était pas nécessaire, l'avantage essentiel a résidé dans l'amélioration de la vitesse commerciale, augmentée de 16 %, ce qui a permis de retirer 2 trains du service de la ligne, sans réduction du nombre des parcours.

Enfin, l'allègement du matériel, de l'ordre de 15 %, a entraîné une économie de courant qui permet de compenser largement le supplément de consommation correspondant à la différence de résistance au roulement constatée entre le bandage pneumatique et le bandage métallique.

Le réseau parisien est desservi par 1 342 motrices, 1 345 remorques et 40 éléments

articulés qui parcourent chaque année 165 millions de voitures-kilomètres et transportent 1 150 millions de voyageurs.

Les projets d'avenir

Les conceptions qui ont constamment inspiré la construction, l'équipement et l'exploitation du métro aboutissent à des limitations de vitesse et de capacité de transport qui, jointes au principe du tarif unique, font obstacle aux extensions en banlieue.

Dans Paris, le maillage très serré n'appelle que des retouches de détail, notamment pour renforcer la desserte du quartier des Champs-Élysées par jonction de la ligne 14 à la branche nord de la ligne 12.

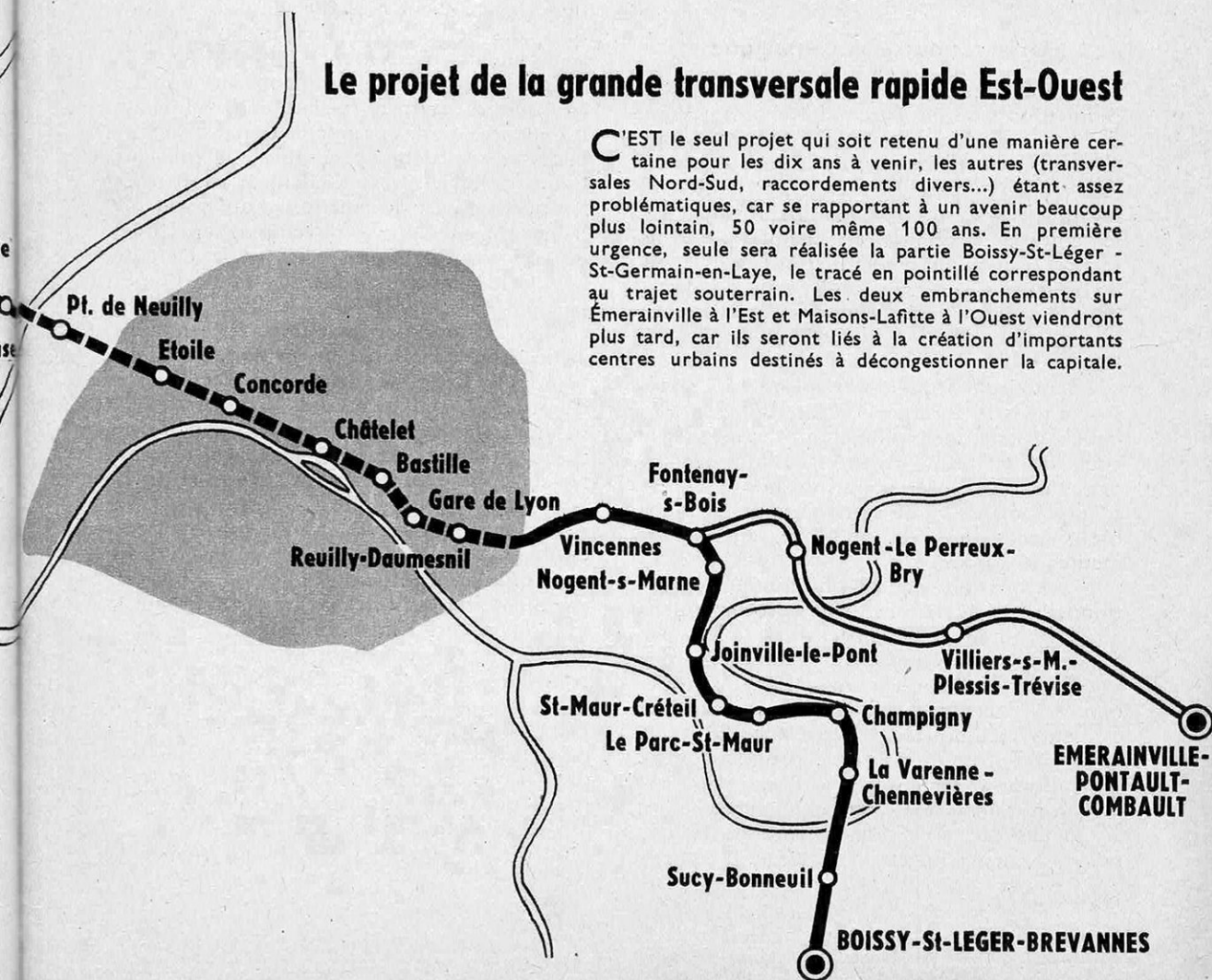
Plus importants sont les projets qui ont pour but l'amélioration du service.

Cette amélioration résultera, pour l'essentiel :

— du resserrement des intervalles et, par conséquent, de l'augmentation du débit, rendus possibles par le métro sur pneus ;

Le projet de la grande transversale rapide Est-Ouest

C'EST le seul projet qui soit retenu d'une manière certaine pour les dix ans à venir, les autres (transversales Nord-Sud, raccords divers...) étant assez problématiques, car se rapportant à un avenir beaucoup plus lointain, 50 voire même 100 ans. En première urgence, seule sera réalisée la partie Boissy-St-Léger - St-Germain-en-Laye, le tracé en pointillé correspondant au trajet souterrain. Les deux embranchements sur Émerainville à l'Est et Maisons-Lafitte à l'Ouest viendront plus tard, car ils seront liés à la création d'importants centres urbains destinés à décongestionner la capitale.



— de l'allongement des stations de certaines lignes afin d'autoriser la circulation de trains à 7 voitures.

L'accroissement de la capacité et du nombre des trains n'aura toute son efficacité qu'à la condition que des intervalles normaux soient constamment maintenus entre les rames.

Pour obtenir ce résultat, la Régie étudie :

1^o la régulation automatique : un appareillage repérant la position des trains permettra de contrôler les perturbations de faible importance et de les amortir en donnant aux trains suivants et même précédents, des ordres de ralentissement ou d'accélération, ce qui empêchera de faibles écarts initiaux de s'amplifier de train en train.

2^o la commande centralisée : elle aura pour effet de contrôler et de réduire les perturbations plus importantes en apportant à un régulateur central le renseignement immédiat et en lui donnant le moyen d'intervenir aussitôt pour faire prendre, dans le délai le plus bref, les mesures nécessaires, non seulement au point où l'incident a lieu, mais aussi sur l'ensemble de la ligne intéressée.

Une conduite automatique

La Régie poursuit également la mise au point d'un système de conduite automatique des trains. Le dispositif utilisé comporte deux éléments : un fil inducteur disposé entre les rails et un appareillage capteur monté sur les motrices. Le premier matérialise sur le sol les vitesses à obtenir en chaque point, le second, qui reçoit les inductions, agit automatiquement sur l'appareillage de conduite, dans le cadre de la position des signaux, pour obtenir l'accélération, le ralentissement ou l'arrêt.

La modernisation des stations sera poursuivie dans la mesure où le produit des nouvelles installations publicitaires couvrira le coût de la transformation. Elle s'accompagnera de la construction de nouveaux escaliers roulants et du remaniement de nombreux accès et correspondances, afin d'augmenter le confort.

Il est possible que la physionomie traditionnelle des stations soit profondément modifiée au cours des prochaines années par l'adoption du contrôle de l'admission des voyageurs sur les quais au moyen des tourniquets fonctionnant avec des jetons. Les éléments techniques de cette opération ont déjà fait l'objet d'une étude complète, mais sa réalisation demeure subordonnée à l'application d'un système tarifaire très simplifié.

Quelles que soient les améliorations qui peuvent encore lui être apportées, le métro-

politain n'est plus à l'échelle des besoins créés par l'éclatement de la population dans la banlieue moyenne et la grande banlieue.

La desserte de cette zone, dont l'urbanisation s'accélère d'année en année, est assurée, en dehors du réseau d'autobus de banlieue et de grande banlieue, par les lignes régionales S.N.C.F. dont l'utilisation impose aux voyageurs un transbordement au niveau des terminus parisiens.

Des communications directes entre les zones d'activités dites tertiaires (administratives, commerciales, etc.) de Paris et les zones résidentielles de banlieue, dans l'immédiat, et, demain, entre le centre de Paris et les noyaux urbains dont la construction est envisagée, ne peuvent être obtenues que par des transversales ferroviaires.

La future transversale

Ces transversales auront des correspondances avec le métro, qui constitue un excellent moyen de diffusion omnibus, et mettront en communication à travers Paris des lignes de banlieue S.N.C.F. choisies en fonction des perspectives d'urbanisation des régions qu'elles desservent.

Des données dont la concordance apparaît au premier examen tracent dès maintenant l'itinéraire d'une première transversale : la nécessité de débrancher une ou plusieurs lignes de St-Lazare actuellement surchargée, les perspectives de création d'un noyau urbain à Montesson, le développement prévu de la région du Rond-Point de la Défense, l'évolution rapide de Neuilly et de l'Ouest parisien qui s'affirmeront de plus en plus comme des quartiers d'affaires, et, vers l'Est, la nécessité de donner un prolongement urbain à la ligne de Vincennes électrifiée et d'assurer l'écoulement des voyageurs de la banlieue sud-est S.N.C.F. à la gare de Lyon, dessinent déjà une transversale Ouest-Est dont les stations urbaines seront : Rond-Point de la Défense, Neuilly, Étoile, Concorde, Châtelet, Bastille, Gare de Lyon. Elle sera raccordée, à l'Ouest, à la ligne de St-Germain avec une branche vers Montesson, à l'Est au chemin de fer de Vincennes avec une branche éventuelle vers Emerainville.

Cette ligne, au gabarit normal, sera construite à une profondeur moyenne de 30 mètres, sur le trajet de la première ligne de métro — Vincennes-Neuilly — qui, en dépit de toutes les améliorations envisagées ne sera pas en mesure d'assurer à elle seule le trafic prévu pour 1970 sur l'axe Ouest-Est.

Charles ROUSSEL
Ingénieur en chef de la R. A. T. P.

L'INDUSTRIE FRANÇAISE DE LA CONSTRUCTION DE LOCOMOTIVES

L'INDUSTRIE française de la construction de locomotives, l'une des plus anciennes du monde puisqu'elle est née avec le chemin de fer français, compte une dizaine d'entreprises qui occupent environ 10 000 personnes et ont réalisé en 1959 un chiffre d'affaires de près de 30 milliards de francs.

Sa capacité annuelle pratique de production est évaluée actuellement à environ 400 locomotives électriques et diesel-électriques.

L'équipement industriel de chacune des entreprises est très important et comporte les machines-outils les plus modernes. Grâce à quoi on observe un taux de productivité très élevé : en 10 ans, le nombre d'heures nécessaires pour construire une même locomotive a diminué de près de moitié.

* * *

Le principal client de cette industrie est la S.N.C.F. qui absorbe annuellement 70 % de son chiffre d'affaires; son activité est donc essentiellement fonction du volume et du rythme des commandes de ce grand client nationalisé. C'est d'ailleurs en association étroite avec lui que sont résolus les principaux problèmes techniques, notamment en ce qui concerne les études. Les constructeurs ont souvent à présenter des projets de prototypes sur des données très générales fournies par la S.N.C.F. qui leur laisse ainsi une très large marge d'initiative. Les cahiers des charges, les spécifications techniques et le contrôle de la S.N.C.F. sont réputés pour leur rigueur.

La contre-partie en est évidemment la qualité exceptionnelle des matériels livrés à la S.N.C.F.

Les pays de la Communauté française sont également des clients réguliers de cette industrie. Ils constituent par excellence le domaine de la traction diesel. Celle-ci s'y est substituée à la traction vapeur en moins de 15 ans dans d'excellentes conditions de rentabilité. Les constructeurs français, pour satisfaire cette clientèle particulière, fabriquent des matériels parfaitement adaptés à des conditions locales difficiles : climat, sable, relief.

Ils possèdent donc à fond une double expérience : celle acquise auprès des chemins de fer français et celle acquise auprès des chemins de fer d'outre-mer.

* * *

Ces expériences ont porté leurs fruits dans le domaine plus vaste de l'exportation. On sait, en effet, que les besoins de nombreux pays étrangers en matériel de traction restent encore considérables, qu'il s'agisse de parcs à moderniser, de capacités de transport à accroître, de lignes nouvelles à créer.

On peut estimer à plusieurs dizaines de milliers le nombre de locomotives électriques ou diesel nécessaires au remplacement, au cours des 25 prochaines années, des quelque 150 000 locomotives à vapeur qui roulent encore dans le monde.

Il est certain que le développement de la capacité industrielle des pays où doit se faire cette conversion leur permettra de satisfaire à leurs besoins dans une proportion croissante. L'industrie française peut cependant raisonnablement espérer construire une part importante des locomotives modernes destinées à remplacer la traction à vapeur dans ces pays.

Les constructeurs français, appuyés sur la remarquable référence et le prestige mondial de la S.N.C.F., multiplient les efforts pour y développer leurs ventes. Des résultats spectaculaires n'ont cessé de récompenser cette action persévérante.

Et cependant que de difficultés à vaincre, sur tous les plans :

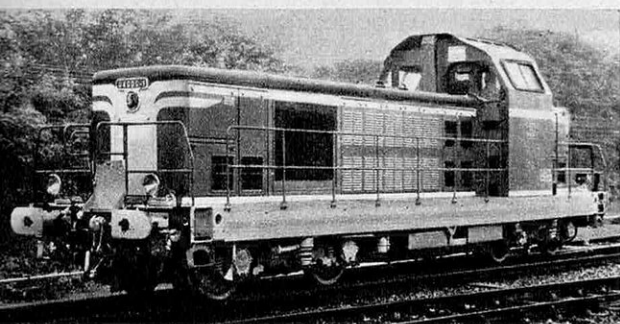
— obstacles d'ordre physique : différences d'écartement des voies, différences de climat (moins 50 °C en U.R.S.S., plus de 40 °C aux Indes), différences d'altitude;

— obstacles d'ordre technique : différences de spécifications, exigences de fournitures spéciales;

— obstacles d'ordre financier : nécessité de crédits de plus en plus longs, alourdissant les prix;



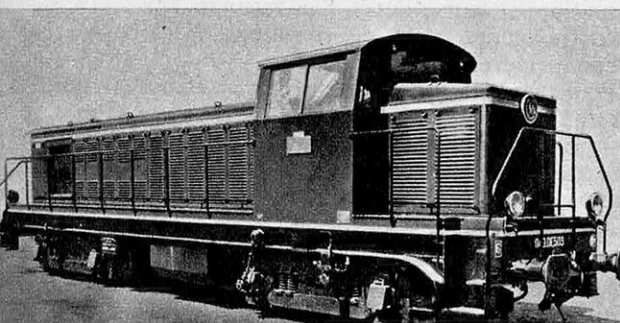
CC 7 100. Locomotive électrique : 1 500 volts continu. Constructeur : ALSTHOM — 107 tonnes — 5 000 CV — 160 km/h. La locomotive CC 7 100 est co-détentrice du record mondial de vitesse : 331 km/h.



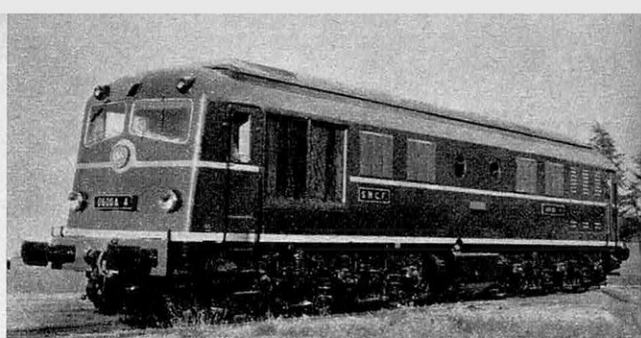
BB 040 DG. Locomotive Diesel-électrique. Constructeurs : ALSTHOM, C.A.F.L., C.E.M., FIVES LILLE. Moteur Diesel : 1 moteur SACM (type MGO) — 72 tonnes — 1 400 CV — 105 km/h.



CC 060 DB. Locomotive Diesel-électrique. Constructeurs : ALSTHOM, C.A.F.L., Moteurs Diesel : 2 moteurs SACM (type MGO) — 112 tonnes — 1 800 CV — 130 km/h.



BB 040 DE. Locomotive Diesel-électrique. Constructeur : BRISSONNEAU. Moteur Diesel : 1 moteur SACM (type MGO) ou SULZER — 68 tonnes — 600/725/825/925/1050 CV — 80/105 km/h.



CC 060 DA. Locomotive Diesel-électrique. Constructeurs : C.A.F.L., C.E.M. Moteur Diesel : moteur SULZER — 123 tonnes — 2 000 CV — 75 km/h.

Les Constructeurs Français de locomotives :

Société alsacienne de constructions mécaniques (S.A.C.M.).

Société générale de constructions électriques et mécaniques « Alsthom ».

Ateliers de constructions du Nord de la France (A.N.F.).

Établissements Brissonneau et Lotz.

Compagnie des ateliers et forges de la Loire (C.A.F.L.).

Compagnie électro-mécanique (C.E.M.).

Compagnie des chemins de fer départementaux (C.F.D.).

Société Fives Lille CAIL.

Forges et ateliers de constructions électriques de Jeumont.

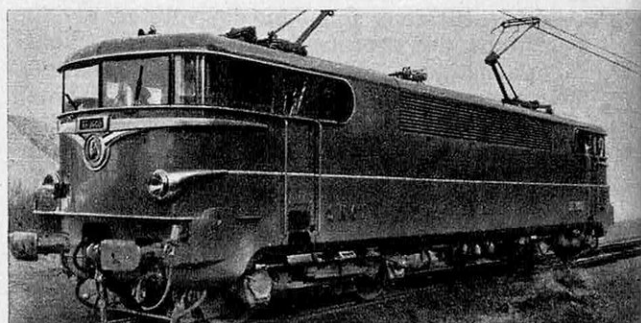
Le Matériel de traction électrique (M.T.E.).

Le Matériel électrique S.W.

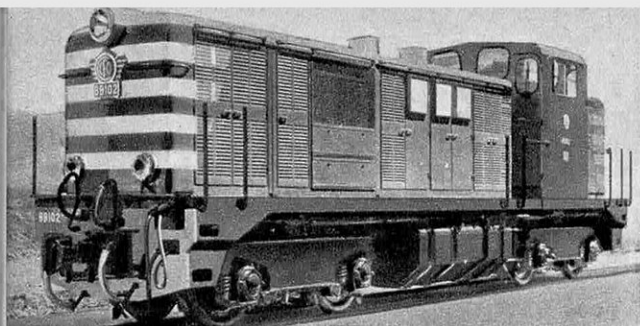
Société Cérlikon.

Régie nationale des usines Renault.

Société des forges et ateliers du Creusot (S.F.A.C.).



BB 16 000. Locomotive électrique 25 000 V monophasé 50 Hz. Constructeur : M.T.E. (S.F.A.C., JEUMONT, S.W.) — 84 tonnes — 5 000 CV — 160 km/h.



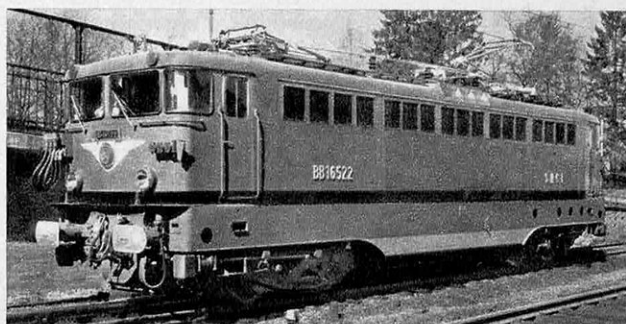
BB CONGO OCEAN. Locomotive Diesel-électrique. Constructeur : ALSTHOM. Moteur Diesel : 1 moteur SACM (type MGO) — 60 tonnes — 1 100 CV — 70 km/h.



BB 9 200. Locomotive électrique : 1 500 volts continu. Constructeur : M.T.E. (S.F.A.C., JEUMONT, S.W.), C.E.M. — 84 tonnes — 5 500 CV — 160 km/h. La locomotive prototype BB 9 004 est co-détentrice du record mondial de vitesse : 331 km/h.



060 - G.A.1 — Locomotive à turbine à gaz. Constructeur : RENAULT - CAFL — 120 tonnes — 2 400 CV — 128 km/h.



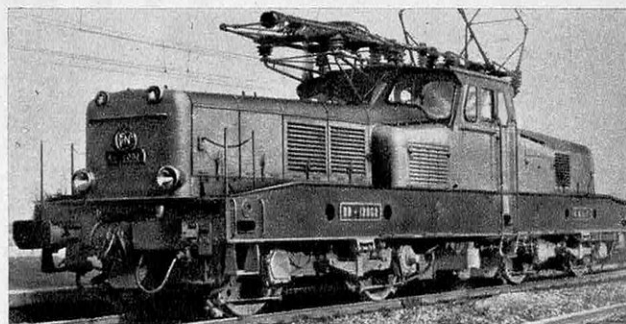
BB 16 500. Locomotive électrique 25 000 volts monophasé 50 Hz. — Bogie monomoteur à double réduction. Constructeur : ALSTHOM — 66 tonnes — 3 600 CV — 150/90 km/h (selon rapport de réduction).



Quelques-unes de leurs réalisations les plus modernes



BB 9 400. Locomotive électrique 1 500 volts continu. Constructeurs : FIVES LILLE, C.E.M., S.W. — 60 tonnes — 3 000 CV — 120 km/h. Bogie monomoteur.



BB 12 000/13 000. Locomotive électrique 25 000 V monophasé 50 Hz. — Constructeurs : M.T.E. (S.F.A.C., JEUMONT, S.W.) — 85 tonnes — 3 600/2 900 CV — 120 km/h.



CC 14 001. Locomotive électrique 25 000 V — monophasé 50 Hz. Constructeur : BATIGNOLLES - OERLIKON — 120 tonnes — 4 100 CV — 60 km/h.

— obstacles d'ordre commercial : nécessité d'un service après vente et même dans certains cas d'un véritable service d'entretien à l'usage d'un personnel non encore formé aux techniques nouvelles;

— et par dessus tout : l'âpreté de la concurrence.

En 10 ans, de 1950 à 1960, les exportations réalisées ont été d'environ 200 locomotives électriques et 300 locomotives diesel.

Elles représentent plus de 15 % de l'activité globale des constructeurs, près de 30 % de l'activité de certains d'entre eux.

* * *

Sur le plan de la traction électrique, on mesurera le chemin parcouru en 30 ans, en observant qu'en 1925 nos techniciens allaient se documenter à l'étranger, alors qu'aujourd'hui, nos locomotives détiennent les records du monde de vitesse et d'endurance, nous exportons dans le monde entier, et ce sont les techniciens étrangers qui viennent étudier les techniques françaises.

Nous aurons à la fin de 1960 achevé de livrer les 50 locomotives monophasées de grande puissance commandées en 1958 par l'U.R.S.S., et poursuivi la livraison de 25 locomotives monophasées identiques à la Chine populaire, ainsi que celle de 40 autres unités de puissance moindre à l'Inde, sur une commande totale de 100 unités passée à un groupement international de constructeurs. De nouvelles commandes de locomotives électriques ont été reçues cette année d'Espagne et du Portugal.

En traction diesel, de grands progrès ont également été réalisés, quoique sans doute moins spectaculaires : l'industrie française se trouve aujourd'hui à égalité avec ses grands concurrents américains, allemands, anglais. On a dépassé la puissance unitaire de 2 000 ch et on est prêt à installer 4 000 ch sur des machines dont le poids, qui atteignait près de 150 t il y a 25 ans, ne dépasse guère aujourd'hui 90 t.

Les livraisons de locomotives diesel s'étendent au monde entier : Pakistan, Birmanie, Vietnam, Argentine, Colombie, Équateur, Cuba, Espagne, Hollande, Yougoslavie, et tous les pays de la Communauté.

* * *

En matière de traction, l'idéal à atteindre, vers lequel tendent les études de nos cons-

tructeurs, c'est de réduire au minimum le nombre de types de locomotives nécessaires à un réseau; cette réduction présente des avantages considérables pour l'exploitation qui gagne en souplesse; elle permet en outre de réduire le nombre total de locomotives, donc le capital nécessaire à leur achat.

Nous avons évoqué plus haut les gains considérables de productivité réalisés; il convient d'évoquer parallèlement la complexité croissante des matériels; on peut se rendre compte du travail technique à réaliser quand on sait **qu'un seul type de locomotives exige en moyenne 50 000 heures de dessinateurs, c'est-à-dire le travail de 25 dessinateurs spécialistes pendant un an.**

D'autre part, le rendement de ces techniciens, ou, plus généralement des bureaux d'études, ainsi que celui des outillages de fabrication ont été accrus par des accords de spécialisation entre les différents constructeurs français.

* * *

Enfin nous nous devons de souligner que les liens étroits, les rapports confiants qui se sont établis entre les constructeurs et la S.N.C.F. au long des années d'une fructueuse coopération sur le plan du marché intérieur, se prolongent sur le plan des marchés extérieurs.

La S.N.C.F. s'efforce d'adapter certains de ses matériels aux conditions d'exploitation des réseaux étrangers. Chaque année elle accueille de nombreuses personnalités et techniciens étrangers; elle prend en stage une moyenne de 100 ingénieurs étrangers choisis parmi ceux qui occuperont plus tard des postes importants; elle envoie en mission ses meilleurs techniciens. Elle a enfin récemment créé une société d'engineering, SOFRERAIL, pour faire face aux demandes de plus en plus nombreuses de conseils et de coopération technique qu'elle recevait.

Tout cet ensemble équilibré et coordonné s'inscrit dans le cadre du rayonnement incontesté de la technique ferroviaire française à travers le monde, pour le plus grand bénéfice de l'expansion industrielle de notre pays.

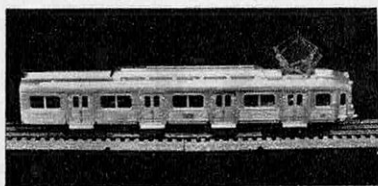
par André AVRIL,

président du Syndicat des constructeurs d'équipement électrique de traction.

et Jean TROLLUX

président du Syndicat des constructeurs mécaniciens de locomotives.

OFFREZ UN TRAIN !



Un train électrique, écartement O. et HO.
s'achète :

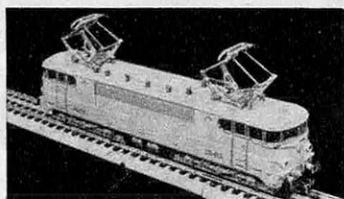
AU PELICAN

le magasin spécialisé le mieux assorti.



TOUTES LES LOCOS, TOUT LE MATÉRIEL, MENTIONNÉS DANS CE NUMÉRO HORS-SÉRIE VOUS LES TROUVEREZ

AU PELICAN



En magasin : Toutes les marques de TRAINS O et HO, françaises et étrangères.

Tout le matériel et accessoires.

Les nouveautés AC HO HORNBY ET JOUEF

Dans nos autres Rayons :

Tous les jeux - Tous les Jouets

Modèle Réduit - Jouets Scientifiques

*

Album général illustré 1961 : 115 pages. 3 NF

Pour demande de renseignements,
joindre 1 timbre à 0,25 NF

AU PÉLICAN

45, passage du Havre, PARIS (9^e)
Tél. TRI. 20.93 & 55.54

Réparations - Livraisons - Expéditions
C.C.P. Castaing 6021-47 Paris.

avec le train
PLUS DE 600 km
dans la soirée

★ EN DEHORS DE VOS
HEURES DE TRAVAIL



★ DÉPART DE PARIS
EN FIN DE JOURNÉE

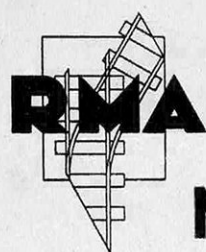
ARRIVÉE LE SOIR MÊME A

Amsterdam, Berne, Bonn
Bordeaux, Brest, Cherbourg
Clermont-Ferrand, Cologne
Dortmund, Dunkerque
Genève, Grenoble, Quimper
Luxembourg, Saint-Etienne
Strasbourg, Valence, Zurich.



Photo Vigier

31-60



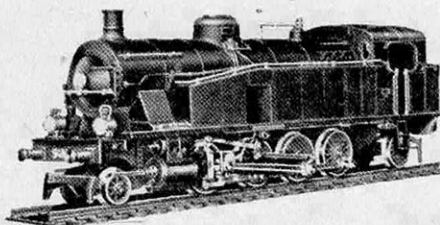
TRAINS ET RMA DÉCORS MINIATURE 6, CITÉ DU MIDI

Spécialiste du Chemin de Fer de Père en Fils
depuis 1885

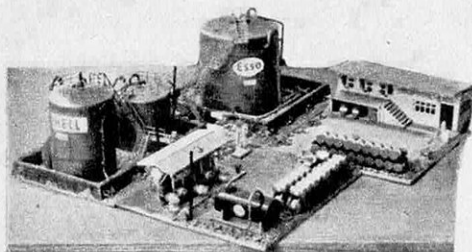
INSTALLATIONS DE RÉSEAUX
MAQUETTES INDUSTRIELLES



EXPÉDITIONS ET RÉPARATIONS



CONSTRUCTION DE MODÈLES
SPÉCIAUX



CATALOGUE GÉNÉRAL

en 2 volumes, 180 pages - 800 clichés - Plans -
Schémas - Conseils - Exemplaire numéroté
Franco Ré 14 NF à notre CCP. PARIS 11964-93

RMA - Cité du Midi, PARIS 18^e

Ouvert le Dimanche après-midi

UNE ORGANISATION
du service
DU COMMERCE FRANÇAIS

STEF

5 000

Wagons réfrigérants et isothermes

300

Remorques Rail Route
réfrigérantes et isothermes
pour le transport
de toutes denrées périssables

9

Gares Frigorifiques
pour le stockage
à courte et longue durée

STEF 93, Bd Malesherbes - PARIS 8^e
Tél. LAB 88-94

LA PROSPECTION DE L'URANIUM

à la portée de tous

Avec le détecteur D.R.A. I
à compteur Geiger-Muller

Détection auditive

**SOCIÉTÉ D'APPLICATIONS INDUS-
TRIELLES DE LA PHYSIQUE**

Alimentation par une seule pile
de 1,5 volt — autonomie 500 heures
Le plus robuste - le plus léger (400 gr)
Format 8 cm x 14 cm - le meilleur marché

255 NF. (franco t. t. c.)

En vente à la

LIBRAIRIE SCIENCE ET VIE

24, rue Chauchat - PARIS-9^e

Tél. : TAI. 72-86 - C.C.P. Paris 4192-26

Prospectus détaillé
expédié sur simple demande

LIBRAIRIE SCIENCE ET VIE

24, Rue Chauchat, PARIS 9^e

Tél. : TAI. 72-86

CHEMINS DE FER

EXPLOITATION MATÉRIEL

GÉOGRAPHIE UNIVERSELLE DES TRANSPORTS. (Lartilleux H.):

Tome I: Les Chemins de fer français. - La S.N.C.F. Introduction. La ligne impériale Paris-Lyon-Méditerranée. Les Alpes et le Jura. L'Est et le Nord. L'Ouest. Le Centre. Le Sud-Ouest. La ligne du Bourbonnais. Réseaux divers. Les chemins de fer secondaires. Transports par fer urbains et suburbains. Chemins de fer spéciaux. 369 p. 20 x 30, 424 illustr. en noir, 10 en couleurs, 1959.....NF 50,00

L'ÈRE DU RAIL. (Jouffroy M.-L.) (Coll. A.C. n° 286). Les milieux : L'espace. L'espace au temps des équipages. La conquête de l'espace : Naissance et développement du rail. L'empire du rail. Les transformations de l'espace : l'espace à la vapeur. Vers un nouvel espace. Antinomies de l'espace et du progrès. 224 p. 11 x 16,5, 14 fig., 1953NF 4,50

L'EXPLOITATION COMMERCIALE DES CHEMINS DE FER FRANÇAIS. (Bourgeois R.). Les données du problème commercial pour le chemin de fer. Les données réglementaires et économiques. La concurrence des autres moyens de transport. La coordination des transports. Le trafic des marchandises. Généralités sur le trafic des marchandises. Trafic des marchandises en régime intérieur. Liaison du chemin de fer avec les autres modes de transport. Le trafic international des marchandises. Le trafic des voyageurs et des bagages. Généralités sur le trafic des voyageurs et des bagages en régime intérieur. Le trafic international des voyageurs. L'organisation et l'action commerciales de la S.N.C.F. Conclusion. Index alphabétique et table des illustrations. 446 p. 16,5 x 25, 40 pl. hors texte, 3^e édit., 1955NF 29,00

AIDE-MÉMOIRE DUNOD : CHEMINS DE FER. (Bohl G.).

A l'usage des agents du matériel et de la traction et des constructeurs de locomotives.

Tome I: Traction. Traction vapeur. Traction électrique. Traction Diesel. Traction par turbines à gaz. Chemins de fer à crémaillère. 328 p. 10 x 15, 86 fig., 62^e édit., 1954, reliéNF 6,80

Tome II: Matériel, voie, exploitation. Formulaire. 268 p. 10 x 15, 150 fig., 1 dépliant, 62^e édit., 1954NF 6,80

NOTIONS DE MATÉRIEL ROULANT DE CHEMIN DE FER. (Baillet M.). Locomotives à vapeur, électriques, à moteurs thermiques. Matériel remorque. Freinage des trains. Passage au gabarit. Automotrices électriques. Autorails. Résistance de l'air. Formes aérodynamiques. Carénage des véhicules. Adhérence, efforts de traction, de freinage, résistance des trains. 178 p. 16,5 x 25, 98 fig., 9 pl. hors texte, 2^e édit., 1951NF 10,00

LA SÉCURITÉ DES TRANSPORTS. Lemonnier A. L'exploitation technique du chemin de fer. Moyen d'éviter les rattrapages. Block-system. Réalisation du block. Réglementation. Moyens d'éviter les prises en écharpe. Signalisation. Signaux. Enclenchements. Postes d'aiguilleurs Répétition des signaux. Freinage automatique. Voie unique.

Régime des gares de voie unique. 167 p. 16 x 25, 49 fig., 9 pl. photo, 5^e édit., 1960NF 19,00

LA TRACTION ÉLECTRIQUE ET DIESEL-ÉLECTRIQUE. (Patin P.). Généralités sur la traction. Mécanique de la locomotive. Partie électrique de la locomotive à courant continu. Installations fixes de traction à courant continu. Traction à courant alternatif. Traction Diesel-électrique. Diagrammes des locomotives électriques françaises les plus récentes. 296 p. 16 x 25, 173 fig., 59 pl., 2^e édit., 1954NF 24,00

LA TRACTION A MOTEURS THERMIQUES. (Châtel M.). Problèmes particuliers de mécanique appliquée. Les mouvements périodiques à élasticité constante et variable. Les forces et les mouvements parasites dans le roulement. Éléments essentiels des parties mécaniques des locomotives à moteurs thermiques. Les divers types de châssis. Les caisses et leur calcul. Les bogies. Équilibre dynamique et application de l'effort de traction. La partie motrice: Les divers types de moteurs Diesel. Critères de fatigue. Les turbines à gaz. Les générateurs à pistons libres. Les carburants et les lubrifiants. L'insonorisation. Les transmissions: Transmissions mécaniques et hydromécaniques. Transmissions hydrauliques. Transmissions électriques. Étude comparative. Les auxiliaires. Les problèmes de traction et l'exploitation par locomotives thermiques: Entretien. Évaluation des dépenses d'exploitation. Équipement des dépôts et ateliers. Autorails. 440 p. 16 x 25, 254 fig., 33 planches photos hors texte, 1960NF 50,00

LA LOCOMOTIVE A VAPEUR. (Chapelon A.).

Tome I: Évolution récente de la locomotive à vapeur. Considérations générales. Évolution des types en Europe et en Amérique de 1907 à 1937. Méthodes d'utilisation de la vapeur. Production de la vapeur. Le mécanisme du moteur. Le véhicule. Le châssis. Accessoires. Boosters. Tenders. Freinage. Surchauffe. Systèmes d'évacuation. Progrès dans la transformation récente des locomotives. Compound. Progrès apportés à la construction des locomotives à simple expansion. Les machines à très grande vitesse. Les locomotives mixtes, à marchandises. Locomotives articulées, à tenders. Locomotives légères, Performances actuelles de la locomotive à vapeur. 648 p. 21 x 27,5, nombr. fig. et pl. hors texte, 2^e édition entièrement revue et mise à jour, 1952, reliéNF 78,00

LA LOCOMOTIVE ACTUELLE. (Devernay E.). Préliminaires. Rappel de quelques notions scientifiques. Évolution de la locomotive à vapeur. Production de la vapeur. Le foyer et la boîte à feu. Le corps cylindrique. La boîte à fumée. Échappement. Alimentation. Combustibles. Fonctionnement de la chaudière. Surchauffe. Appareils de sûreté. Utilisation de la vapeur. Distribution de la vapeur. Systèmes de distribution. Réglage de la distribution. Action motrice de la vapeur. Essais des locomotives. Le véhicule. Les organes de roulement. Le mécanisme moteur. Le graissage. Inscription dans les courbes. Mouvements parasites. Tenders, freins et divers. Tenders. Freins. Réversibilité. Enregistrement de la vitesse et des signaux. Appendice. Description de locomotives. 488 p. 16 x 25, 443 fig., 4^e édit., 1954NF 35,00

LA MACHINE LOCOMOTIVE. (Sauvage E. et Chapeau A.). Chaudière. Mécanisme. Châssis, suspension, roues. Types divers de locomotives. Tenders, moyens d'arrêts. Conduite. Service dans les dépôts. Engins divers de traction. 668 p. 12 x 19, 521 fig., 1947, relié, NF 16,00

LE MATÉRIEL-MOTEUR DE LA S.N.C.F. (Defrance J.). Ouvrage comprenant les caractéristiques, le dessin et la photographie de chaque engin-moteur circulant sur les voies de la S.N.C.F. : locomotives à vapeur, locomotives électriques, locomotives à moteur thermique, automotrices électriques et autorails. 320 p. 13,5 x 20,5, 529 fig., 6 photos hors texte et 50 tabl., 1960 NF 19,00

LES LOCOMOTIVES A VAPEUR FRANÇAISES A GRANDE VITESSE ET A GRANDE PUISSANCE DU TYPE « PACIFIC ». Cinquantenaire de leur mise en service. (Vilain L. M.). Machines Pacific antérieures à 1914 (ou construites d'après les mêmes normes) : Cie de Paris-Orléans, Cie des Chemins de Fer du Midi, Cie des Chemins de Fer de l'Ouest puis réseau de l'État, Cie P.L.M. Réseau d'Alsace-Lorraine, Réseau du Nord, Réseau de l'Est. Les Pacific modernes ou transformées : Cie de Paris-Orléans, Cie du Nord, Cie P.L.M. Réseau de l'État, Réseau d'Alsace-Lorraine, Cie de l'Est. 120 p. 16 x 25, 52 photos et fig., 8 tableaux, 1959... NF 12,00

LES CHEMINS DE FER DE MONTAGNE FRANÇAIS. (Vilain L. M.). Tome I: Ligne de Limoges à Ussel (S.N.C.F. Sud-Ouest). Ligne de Tulle à Ussel et les tramways départementaux de la Corrèze. Ligne de Souillac à Aurillac (S.N.C.F. Sud-Ouest). Ligne d'Aurillac à Arvant (S.N.C.F. Sud-Ouest et Sud-Est). Ligne de Bort à Neussargues (S.N.C.F. Sud-Ouest). Ligne de Langeac à Alès (S.N.C.F. Sud-Est et Méditerranée). Ligne de Grenoble à Veynes (S.N.C.F. Sud-Est). Ligne de Villefranche-Vernet-les-Bains à la Tour-de-Carol (S.N.C.F. Méditerranée). Index alphabétique des localités figurant dans le texte. Index géographique (Orographie, hypsométrie, hydrologie). De quelques expressions usitées en matière de chemins de fer et de génie civil. Index documentaire. 180 p. 16 x 25, 117 photos, 2 cartes. Un dessin, 1 planche photos couleurs hors-texte, 1960 NF 18,00

LOCOMOTIVES D'HIER ET D'AUJOURD'HUI. (Vauquès-Papin). 65 modèles de locomotives (photo 10 x 15 sur papier couché), reproductions photographiques inédites de locomotives françaises et étrangères (vapeur, Diesel et électriques), de 1834 à nos jours, avec commentaires historiques et techniques. Album n° 1, 18 x 22, 1958 NF 15,00

LOCOMOTIVES (Petit atlas de poche). (Schijatschky M.). Locomotives à vapeur, électriques, Diesel, à turbine à gaz. 96 p. 11 x 15, 131 illustr., 4 tabl., relié... NF 7,20

MÉTROPOLITAIN

LES OUVRAGES DU CHEMIN DE FER MÉTROPOLITAIN DE PARIS. (Clément H.). Généralités. Ouvrages aériens. 132 p. 16 x 24, 51 fig., 1948. NF 4,70

LE MATÉRIEL ROULANT DU CHEMIN DE FER MÉTROPOLITAIN DE PARIS. (Leroy J.-I.). Matériel du réseau urbain : installations fixes du réseau et organes mécaniques du matériel roulant. Appareillage électrique du matériel roulant. 145 p. 16 x 24, nombr. fig. et plans, 1948 NF 5,40

L'ENTRETIEN DU MATÉRIEL ÉLECTRIQUE. (Ruez J.). Technique générale de l'entretien. Le matériel. Principales avaries du matériel électrique. 344 p., 87 fig., 1 pl. hors texte, nouv. édit., 1960 NF 12,00

MODÈLES RÉDUITS

MODÉLISME. Train. Bateau. Avion. Automobile. Architecture. Paysage. Plan. Relief. Jouet scientifique. Réunion des 12 numéros de cette revue, parus de 1954 à 1957, reliés en un volume. 468 p. 22 x 27, 56 plans, tr. nbr. fig., schémas et photos NF 24,00

MODÈLES FERROVIAIRES. Réunion de 13 numéros de cette revue de modèles réduits (O et HO), parus de 1950 à 1953, reliés en un volume. 420 p. 22 x 27, 65 plans, tr. nbr. fig., schémas et photos NF 26,00

LA CONSTRUCTION DES TRAINS MINIATURE. (Géo-Mousseron). Plans grandeur d'exécution. 116 p. 15,5 x 24, 118 fig., 2^e édit. NF 5,25

CHEMINS DE FER MODÈLES RÉDUITS. (Bikx R.). Théorie et pratique de train miniature. Construction d'un réseau. 118 p. 13,5 x 20,5, 152 fig., 2^e édit. revue et complétée, 1956 NF 5,40

LES TRAINS MINIATURE. (Géo-Mousseron). Modèles non électriques et modèles électriques. 108 p. 13,5 x 21 84 fig., 3^e édit., 1959 NF 6,00

MÉMENTO DE L'AMATEUR. (Fournereau J.). Résumé des connaissances indispensables aux modèles réduits ferroviaires. Mathématiques. Mécanique. Électricité. Voie, signalisation. Traction et matériel roulant. 154 p. 16 x 24, nbr. fig., plans et tableaux, 3^e édit., 1952 NF 6,50

TÉLÉCOMMANDE

TECHNIQUE DE LA RADIOCOMMANDE. (Bignon P.). La radiocommande. Relais. Organes d'exécution simples. Servo-commande. Récepteurs. Sélecteurs. Émetteurs. Distributeurs d'impulsions. Les bateaux. La vedette « Chambrines ». Construction d'une coque plastique. Les avions. 194 p. 16 x 24, 184 fig., 1958 NF 13,50

LA RADIOCOMMANDE DES MODÈLES RÉDUITS. (Géo-Mousseron). Une nouvelle technique mise à la portée des amateurs de radio et de modèles réduits. 85 p. 13,5 x 21, 58 fig., 3^e édit., 1958 NF 4,50

MANUEL DE TÉLÉCOMMANDE RADIO DES MODÈLES RÉDUITS. (Ostrovidow S.). Notions d'électricité et de radio. Sources d'énergie. Appareils de mesure. Calcul des bobines de self. Filtrage électrique. Relais. Moteur électrique. Commandes et transmissions. Réalisations. Les transistors. 182 p. 14 x 22,5, 132 fig., 3^e édit., 1959 NF 7,50

PLANS DE TÉLÉCOMMANDE DE MODÈLES RÉDUITS. (Pépin Ch.). Description détaillée avec schémas plans, photos et croquis de plusieurs modèles d'émetteurs et de récepteurs pour la commande à distance des modèles réduits de bateaux et d'avions. Réalisation des relais sensibles et dispositifs d'échappement. 32 p. 21,5 x 27, 5^e édit., 1958 NF 3,00

Les commandes doivent être adressées à la LIBRAIRIE SCIENCE ET VIE, 24, rue Chauchat, Paris (9^e). Elles doivent être accompagnées de leur montant, soit sous forme de mandat-poste (mandat-carte ou mandat-lettre), soit sous forme de virement ou de versement au Compte Chèque Postal de la Librairie: Paris 4192-26. Au montant de la commande doivent être ajoutés les frais d'expédition, soit 10 % (avec un minimum de NF 1,00). Envoi recommandé : NF 0,60 de supplément.

Il n'est fait aucun envoi contre remboursement.

LIBRAIRIE SCIENCE ET VIE, 24, rue Chauchat, PARIS (9^e)

Je n'ai qu'un regret

c'est de n'avoir pas connu plus tôt l'École Universelle !

écrivent des centaines d'élèves enthousiastes, rendant ainsi hommage au prestigieux ENSEIGNEMENT PAR CORRESPONDANCE de la plus importante école du monde, qui permet de faire chez soi, à tout âge, brillamment, à peu de frais, les études les plus variées, d'obtenir en un temps record tous diplômes ou situations.

Demandez l'envoi gratuit de la brochure qui vous intéresse:

- Br. 46.600 : **Les premières classes** : 1^{er} degré, 1^{er} cycle : Cours préparatoire (classe de 11*), Cours élémentaire (classes de 10* et 9*), Cours moyen (classes de 8*, 7*). Admission en 6*.
- Br. 46.605 : **Toutes les classes, tous les examens**, 1^{er} degré, 2^e cycle : classe de fin d'études, Cours complém., C.E.P., Brevets, C.A.P.; — 2^e degré : de la 6^e aux classes de Lettres sup. et de math. spéc., Bacc., B.E.P.C., Bourses; — **Classes des collèges techniques**, Brevet d'enseignement industriel et commercial, Bacc. technique.
- Br. 46.602 : **Les études de Droit** : Capacité, Licence, Carrières juridiques (Magistrature, Barreau, etc.).
- Br. 46.614 : **Les études supérieures de Sciences** : P.C.B., Certificats d'études sup. (M.G.P., M.P.C., S.P.C.N., etc.), C.A.P.E.S. et Agrégation de Math.
- Br. 46.623 : **Les études supérieures de Lettres** : Propédeut., Licence, C.A.P.E.S., Agrégation.
- Br. 46.627 : **Grandes Ecoles et Ecoles spéciales** : Polytechnique, Ecoles Normales Supérieures, Chartes, Ecoles d'Ingénieurs (Ponts et Chaussées, Mines, Centrale, Supérieure Aéro, Electricité, Physique et Chimie, A. et M., etc.); **militaires** (Terre, Mer, Air); **d'Agriculture** (Institut agronomique, Ecoles vétérinaires, Ecoles nationales d'Agriculture, Sylviculture, Laiterie, etc.); **de Commerce** (H.E.C., H.E.C.F., Ecoles supérieures de Commerce, Ecoles hôtelières, etc.); **Beaux-Arts** (Architecture, Arts décoratifs); **Administration** (Ecoles professionnelles, Ecoles spéciales d'Assistantes sociales, Infirmières, Sages-Femmes).
- Br. 46.604 : **Carrières de l'Agriculture** (Régisseur, Directeur d'Exploitation, Chef de culture, Assistant, Aviculteur, Apiculteur, Contrôleur laitier, Conseiller agricole, etc.), **des Industries agricoles** (Laiterie, Sucrerie, Meunerie, etc.), **du Génie rural** (Entrepreneur, Conducteur, Chef de chantier, Radiesthésiste), **de la Topographie** (Géomètre expert).
- Br. 46.615 : **Carrières de l'Industrie et des Travaux publics** : Electricité, Electronique, Physique nucléaire, Mécanique, Automobile, Aviation, Métallurgie, Mines, Prospection pétrolière, Travaux publics, Architecture, Métier, Béton armé, Chauffage, Froid, Chimie, Dessin industriel, etc.; préparations aux C.A.P., B.P., Brevet de Technicien (Bâtiment, Tr. Publics, Chimie); préparations aux fonctions d'ouvrier spécialisé, agent de maîtrise, contre-maître, dessinateur, sous-ingénieur; Cours d'initiation et de perfectionnement toutes matières.
- Br. 46.603 : **Carrières de la Comptabilité** : Caissier, Chef Magasinier, Aide-Comptable, Comptable, etc., Préparation au C.A.P. d'Aide-Comptable, au B.P. de Comptable, au diplôme d'Expert-Comptable.
- Br. 46.616 : **Carrières du Commerce** : Employé de bureau, Sténodactylo, Employé de banque, Publicitaire, Secrétaire, Secrétaire de Direction, etc.; préparations aux C.A.P. et B.P.; **Publicité, Banque, Bourse, Assurances, Hôtellerie**.
- Br. 46.607 : **Pour devenir fonctionnaire** : Toutes les fonctions publiques; Ecole nationale d'Administration.
- Br. 46.617 : **Tous les emplois réservés**.
- Br. 46.610 : **Orthographe, Rédaction, Versification, Calcul, Dessin, Ecriture**.
- Br. 46.619 : **Calcul extra-rapide** et calcul mental.
- Br. 46.606 : **Carrières de la Marine Marchande** : Ecole nat. de la Mar. march., Elève-Officier au long cours; Elève-chef de quart; Capitaine de la Marine Marchande; Patron au bornage; Capitaine et Patron de pêche; Officier Mécanicien de 2^e ou 3^e classe; Certificats internationaux de Radio de 1^{er} ou de 2^e classe (P.T.T.).
- Br. 46.624 : **Carrières de la Marine de Guerre** : Ecole Navale; Ecole des Elèves officiers; Ecole des Elèves ingénieurs mécaniciens; Ecoles de Service de Santé; Commissariat et Administration; Ecoles de Maistrance; Ecole d'Apprentis marins; Ecoles de Pupilles; Ecoles techniques de la Marine; Ecole d'application du Génie maritime.
- Br. 46.618 : **Carrières de l'Aviation** : Ecoles et carrières militaires; Ec. de l'Air, Ec. milit. de sous-offic. élèves-offic.; Personnel navigant; Mécaniciens et Télémécaniciens; — Aéronautique civile; — Carrières administratives; — Industrie aéronautique; — Hôtesse de l'Air.
- Br. 46.601 : **Radio** : Certificats internationaux; Construction; dépannage de poste. — **Télévision**.
- Br. 46.626 : **Langues vivantes** : Anglais, Allemand, Russe, Espagnol, Italien, Arabe. — **Tourisme**.
- Br. 46.608 : **Etudes musicales** : Solfège, Harmonie, Composition, Direction d'orchestre; Piano, Violon, Flûte, Clarinette, Guitare, Accordéon, Instruments de Jazz; Chant; Professorats publics et privés.
- Br. 46.620 : **Arts et Dessins** : Dessin pratique, Cours universel de Dessin; Anatomie artistique; Illustration; Figurine de mode, Composition décorative; Aquarelle, Gravure, Peinture, Pastel, Fusain; Professorats.
- Br. 46.625 : **Carrières de la Couture et de la Mode** : Coupe, Couture (Flou et Tailleur), Lingerie, Corset, Broderie, préparations aux C.A.P., B.P., Professorats officiels; préparations aux fonctions de Petite main, Seconde main, Première main, Vendeuse-Retoucheuse, Modiste, Coupeur hommes, Chemisier, etc.; Cours d'initiation et perfectionnement toutes spécialités. — **Enseignement ménager** : Monitorat et Professorat.
- Br. 46.611 : **Secrétariats** (Secrétaire de direction, Secrétaire particulier, Secrétaire de médecine, d'avocat, d'homme de lettres, Secrétaire technique); **Journalisme** : l'Art d'écrire (Rédaction littéraire) et l'Art de parler en public (Eloquence usuelle).
- Br. 46.621 : **Cinéma** : Technique générale, Décoration, Prise de vues, Prise de son. — **Photographie**.
- Br. 46.609 : **Coiffure et Soins de beauté**.
- Br. 46.628 : **Toutes les Carrières féminines**.

La liste ci-dessus ne comprend qu'une partie de nos enseignements. N'hésitez pas à nous écrire. Nous vous donnerons gratuitement tous les renseignements et conseils qu'il vous plaira de nous demander.

DES MILLIERS D'INÉGALABLES SUCCÈS

remportés chaque année par nos élèves dans les examens et concours officiels prouvent l'efficacité de l'enseignement par correspondance de

L'ÉCOLE UNIVERSELLE, 59, boulevard Exelmans - PARIS (XVI^e)

14, Chemin de Fabron, NICE (A.-M.) 11, place Jules-Ferry, LYON



**Vous
qui avez
la chance
d'avoir
un jardin**

**GRANDES PÉPINIÈRES
ET ROSERAIES**

**HEMERAY
AUBERT**

51, ROUTE D'OLIVET, ORLÉANS

**Demandez le nouveau catalogue
en couleurs HEMERAY-AUBERT**

Ce catalogue contient :

- les dernières nouveautés de rosiers,
- les meilleures variétés d'arbres fruitiers et d'ornement, de conifères,
- les plantes vivaces et grimpantes...

*ainsi que des conseils pour réussir vos plantations. Il sera pour vous **un guide précieux***

Découpez ou
recopiez le bon ci-contre
et retournez-le
aujourd'hui même

**BON POUR
UN
CATALOGUE
GRATUIT**

Nom

Adresse