SOCIÉTÉ NATIONALE DES CHEMINS DE FER FRANÇAIS

ELECTRIFICATION DE PARIS-LYON

24 JUIN

1952

SOCIÉTÉ NATIONALE DES CHEMINS DE FER FRANÇAIS

ELECTRIFICATION DE PARIS-LYON

24 JUIN 1952

Ce sont les grandes voies de communication qui ont donné à chacun des pays d'EUROPE sa structure et son visage en drainant les hommes et les richesses vers quelques points privilégiés, véritables creusets où s'élaborent les civilisations. C'est pourquoi les villes se sont développées au confluent des cours d'eau navigables; c'est aussi pourquoi notre unité nationale ne s'est constituée et n'a pris son caractère définitif qu'après la création d'échanges réguliers entre les Bassins de la Seine et du Rhône et, par delà, entre les Mers du Nord et la Méditerranée. Les activités de PARIS et de LYON sont ainsi devenues complémentaires, et depuis lors les deux capitales n'ont cessé, pour assurer entre elles de constantes et puissantes liaisons, d'utiliser tous les modes de transport au maximum de leur capacité.

La S.N.C.F., en perfectionnant l'équipement de la grande artère du Sud-Est, n'a donc fait qu'obéir à des nécessités permanentes qui se sont traduites au cours des âges par l'emploi conjugué de charrois et de coches d'eau, par la construction, au XVIIIe siècle, du canal de Bourgogne et par l'établissement d'une voie ferrée inaugurée en 1849.
Celle-ci, en peu de temps, est devenue une des pièces maîtresses du système ferroviaire français. Elle a dû faire face au développement continu d'un important trafic de voyageurs et d'un trafic de marchandises de nature extrêmement variée, peu compatible avec la régularité des circulations qui est indispensable à la mise en marche de trains rapides. Ainsi s'est posé un grave problème d'exploitation, que le passage du seuil de Bourgogne, à 400 mètres d'altitude, compliquait singulièrement.
Entre LES LAUMES et DIJON, malgré un tracé remarquable dont les rampes ne dépassent pas 8 mètres par kilomètre, les machines à vapeur, bien avant d'atteindre le souterrain de BLAISY, s'essoufflaient et s'épuisaient dans un long effort quatre fois supérieur à celui qu'exigeait leur course le long de la Saône ou de l'Yonne. Dans de telles conditions il devint impossible d'augmenter le tonnage des convois comme l'aurait nécessité le développement du trafic, ce qui entraîna de plus nombreuses circulations et une surcharge de la ligne bientôt inadmissible.

La première solution à laquelle les Ingénieurs du P.L.M. eurent recours fut d'acheminer de nombreux trains de marchandises par NEVERS et PARAY-LE-MONIAL selon un itinéraire de même longueur, mais qui, à la traversée du Beaujolais, présente une rampe de 11 mètres par kilomètre dont le point culminant est à 520 mètres d'altitude. Dès 1923 cette solution se révéla insuffisante; c'est pourquoi on entreprit de compléter et de perfectionner l'équipement de la grande artère : les dépôts de LAROCHE, des LAUMES et de

PERRIGNY reçurent de nouvelles machines plus puissantes, notamment des locomotives « Mountain » dont le nom rappelle que leur type a été mis au point par les réseaux des ÉTATS-UNIS pour la remorque des lourds convois franchissant les cols des Montagnes Rocheuses. Puis on décida en 1925 de porter à quatre le nombre des voies entre PARIS et DIJON, sauf sur la section de BLAISY à DIJON où l'élargissement du souterrain et la réfection de plusieurs ouvrages d'art auraient entraîné des dépenses excessives. Les travaux furent menés avec diligence mais les crédits disponibles ne permirent pas d'exécuter le quadruplement des voies entre SAINT-FLORENTIN et LES LAUMES. Deux goulots d'étranglement subsistaient donc à la veille de la guerre : celui de BLAISY était de beaucoup le plus redoutable en raison du profil de la ligne.

Déjà, l'exemple des Réseaux du P.O.-Midi et de l'Etat indiquait au P.L.M. la solution d'avenir en prouvant que Puissance, Régularité et Vitesse sont le propre de la traction électrique. Le P.L.M. ne pouvait s'y tromper et participa à la constitution de la Compagnie Nationale du Rhône afin de disposer, le moment venu, de l'énergie nécessaire à une électrification que l'on croyait devoir ajourner pour des raisons d'ordre militaire. Placé dans l'obligation d'attendre des circonstances plus favorables et de parer cependant à une situation qui s'aggravait constamment, le P. L. M. fit construire deux locomotives Diesel électriques de 4.400 ch; elles furent à l'époque les plus puissantes du monde.

Mais parce que la traction électrique est le meilleur moyen de moderniser les grandes artères et le seul qui soit conforme, dans un continent pauvre en pétrole, à une saine politique de l'énergie, son principe fut résolument adopté par la S.N.C.F. qui décida de l'appliquer aussitôt à la ligne de PARIS à LYON. Le programme d'équipement fut établi pendant la guerre et l'expérience des hostilités ayant levé les dernières objections, les travaux commencèrent après la victoire dans l'enthousiasme de la liberté recouvrée.

Sans doute, à plusieurs reprises, aux heures de dépression morale que traversa notre pays, cette grande œuvre fut-elle critiquée et discutée; mais des études minutieuses, menées en plein accord par les Services du Contrôle de l'Etat et par la S.N.C.F., ont convaincu tous les experts de l'intérêt national et de la haute rentabilité d'une réalisation dont l'achèvement doit réjouir tous les Français.

Aujourd'hui, le problème évoqué plus haut est pleinement résolu : les rampes de BLAISY ne ralentissent plus la marche des trains; entre BLAISY et DIJON une signalisation aussi simple que sûre permet d'utiliser dans l'un ou l'autre sens chacune des deux voies; la Région du Sud-Est reporte dès maintenant la totalité des circulations, acheminées précédemment par l'itinéraire du Bourbonnais, sur l'itinéraire normal de la Bourgogne qui assure un trafic supérieur à celui de notre plus grand fleuve, le Rhin. Quant aux vitesses autorisées par le nouvel équipement, elles soutiennent la comparaison avec celles de l'avion et de l'hélicoptère de demain. Les qualités d'universalité du rail qui font sa grandeur et ont pour contrepartie de multiples charges se trouvent portées, sur une relation vitale pour l'économie française, à leur plus haut degré.

Nous assistons à une véritable rénovation du Chemin de fer et nul doute qu'une plus grande souplesse dans les transports et qu'une diminution de leurs prix de revient ne profitent au pays. Mais celui-ci tirera en outre un large bénéfice des économies de précieux combustible que l'électrification de la ligne de PARIS à LYON fait réaliser à la S.N.C.F. et des excellentes conditions dans lesquelles elle utilise la force vive du Rhône. La densité des circulations atteignant son maximum pendant la nuit, les locomotives sont alimentées aux heures de la plus forte consommation par un courant qui, sans elles, ne serait pas employé et que produit le fil de l'eau. Nous pouvons donc reprendre l'expression de Léonard de VINCI, dont les techniciens aiment commémorer le 500e anniversaire en associant sa pensée à la leur, et dire que les fleuves restent « les grands voituriers de la nature », mais sous une forme que le célèbre humaniste ne prévoyait pas.

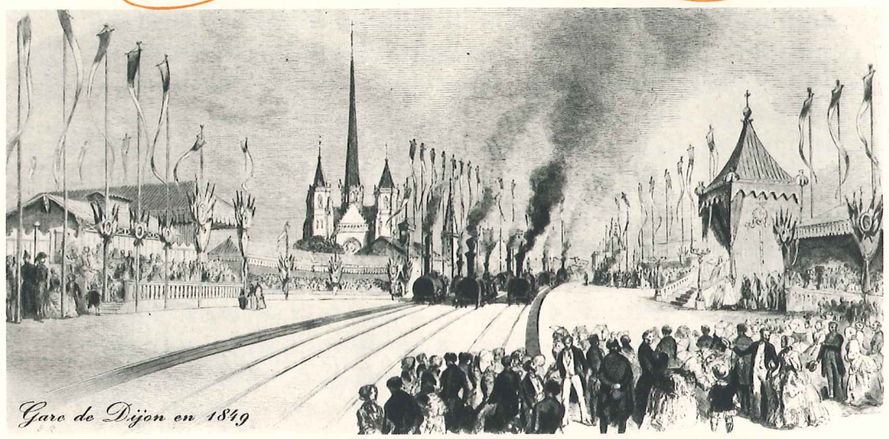
A GÉNISSIAT, les molécules de l'eau abandonnent sur les aubes des turbines leur énergie mécanique, que les alternateurs transforment en énergie électrique, c'est-à-dire en agitation ordonnée des électrons des conducteurs. Cette agitation se propage à travers les électrons des lignes de transport, des sous-stations, des caténaires jusqu'aux enroulements fixes des moteurs de la locomotive. Là, se dégageant de leurs contraintes, les électrons forcent à tourner les seules pièces mobiles du circuit, les rotors qui, reliés aux essieux par des engrenages, entraînent le convoi.

Ainsi, la force du fleuve, captée sous la forme d'énergie mécanique, est restituée sous la même forme au train par l'intermédiaire d'une sorte de longue courroie de transmission, silencieuse et invisible, reliant GÉNISSIAT à la locomotive. Celle-ci est entraînée par le Rhône à la façon des péniches que conduisaient au fil de l'eau les anciens bateliers, mais les Ingénieurs savent aujourd'hui transporter à des centaines de kilomètres la force du flot, la régler et en obtenir à leur choix de la puissance ou de la vitesse.

Telles sont les vertus de l'électricité. Elle nous permet d'utiliser l'énergie des cours d'eau qui est un don sans cesse renouvelé du Soleil et c'est elle encore qui nous permettra d'utiliser cette énergie nouvelle que produiront demain, à l'imitation du Soleil, nos usines atomiques.

LOUIS ARMAND, Directeur Général de la S.N.C.F.

9 Septembre 1849



INAUGURATION DU CHEMIN DE FER
DE
PARIS A LYON

LA ligne n'était pas terminée : il existait une coupure de Tonnerre à Dijon et le train n'allait pas au delà de Chalon-sur-Saône. La cérémonie, présidée par le Prince-Président, n'en fut pas moins solennelle. Rendant compte de l'événement, les journaux de l'époque se montrèrent fort satisfaits de ce que le trajet Paris-Lyon pouvait dorénavant s'effectuer aisément en 26 heures.

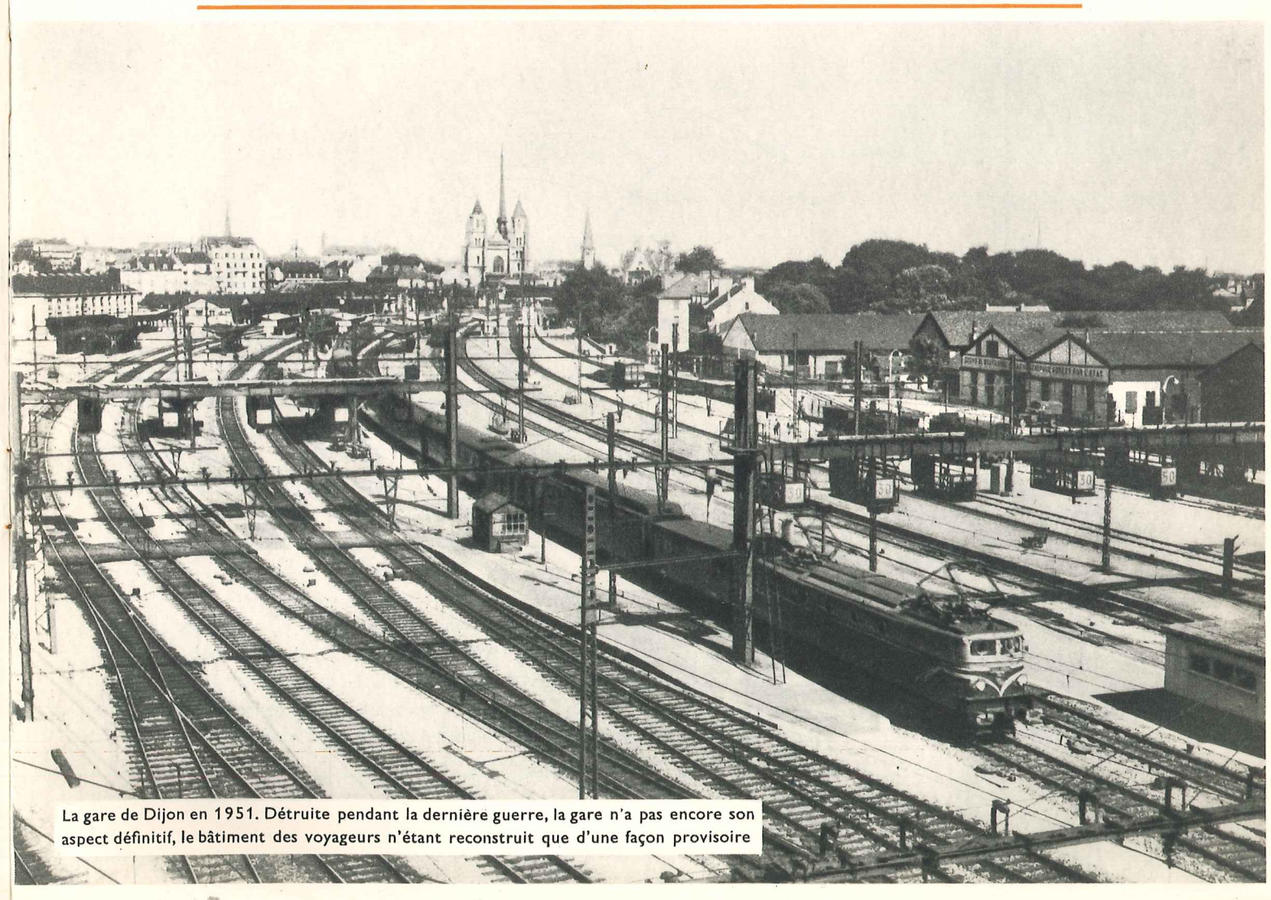
24 JUIN 1952

INAUGURATION

DE L'ÉLECTRIFICATION DE LA LIGNE PARIS-LYON.

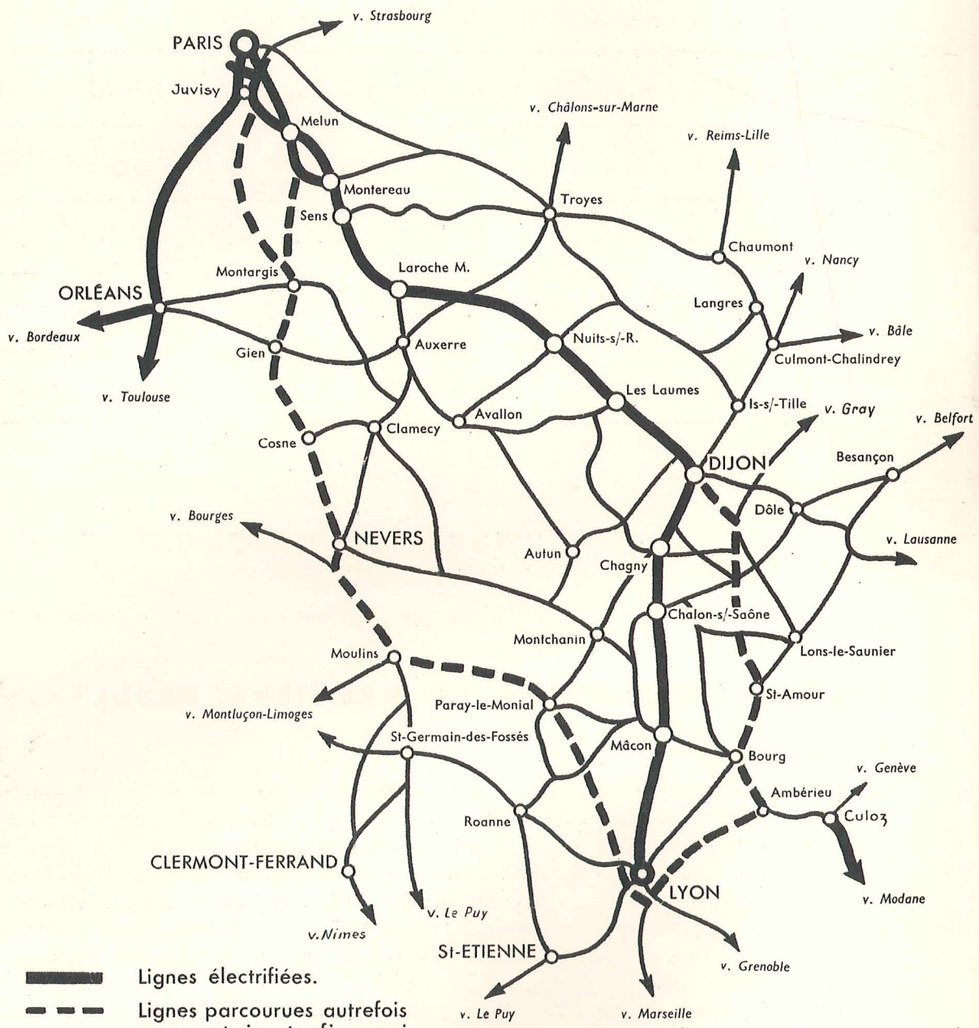
LE MODESTE CHEMIN DE FER DE 1849 EST MAINTENANT, GRACE A L'ÉLECTRIFICATION ET AUX DIVERSES AMÉLIORATIONS EFFECTUÉES A CETTE OCCASION, L'UNE DES LIGNES LES PLUS MODERNES DU MONDE.

LYON EST DÉSORMAIS A 4 H. 15 DE PARIS.



La gare de Dijon en 1951. Détruite pendant la dernière guerre, la gare n'a pas encore son aspect définitif, le bâtiment des voyageurs n'étant reconstruit que d'une façon provisoire

L'ARTÈRE PARIS-LYON



Lignes électrifiées.

Lignes parcourues autrefois par certains trafics, qui vont être reportés sur la ligne électrifiée Paris-Lyon.

Autres lignes.

Il est 8 heures : les rapides de nuit venant de la Côte d'Azur, du Languedoc et de la Savoie viennent d'arriver en gare de Lyon.

ÉTUDES PRÉALABLES ET PREMIERS RÉSULTATS

Le trafic

Entreprises en 1940, les études préalables à l'électrification permirent de préciser toutes les données nécessaires aux études d'exécution et d'évaluer la rentabilité du projet. Les études d'exécution ne furent poussées activement qu'après la Libération.

Le trafic en jeu, donnée essentielle de ces études, est très important. L'artère Paris-Lyon relie Paris aux centres commerciaux et industriels de Dijon et Lyon et, par leur intermédiaire, au Jura, aux centres industriels de Blanzy et du Creusot, à la Savoie, au Dauphiné, au Bassin de Saint-Etienne, à la Suisse, à l'Italie et, enfin, au port de Marseille, au Languedoc et à la Côte d'Azur.

Le service « voyageurs » comprend toute l'année de nombreux trains rapides et express de grand parcours. Il est plus important pendant la période dite du « plateau d'été » (juillet, août, septembre) où le nombre de trains journaliers est de 64 entre Paris et Dijon, de 42 entre Dijon et Lyon. Les pointes saisonnières (fêtes de fin d'année, départs en vacances) entraînent une circulation encore plus intense. Certains jours de départ en vacances de l'été 1951 ont vu la mise en circulation de 90 trains entre Paris et Dijon.

A 100 km/h le train de messageries n° 44.543 se dirigeant sur Lyon franchit le viaduc de Moret. La plupart de ces trains passaient, avant l'électrification, par Nevers.

Le trafic « marchandises » propre à la ligne Paris-Lyon s'établissait, avant l'électrification, à 10.000 tonnes utiles par jour à distance entière. Mais, du fait de l'électrification, il s'est accru ou va s'accroître d'une partie du trafic de messageries (régime accéléré) et de marchandises (régime ordinaire) qui empruntait l'itinéraire du Bourbonnais (Lyon-Paris via Nevers) ou celui de la Bresse (Lyon-Dijon via Ambérieu et Bourg).

En octobre 1951, le tonnage transporté a pu atteindre 20.000 tonnes utiles par jour à distance entière.

Après la mise en service de l'électrification Mâcon-Culoz, c'est le trafic de la Savoie, de Genève et de l'Italie qui sera également reporté entre Dijon et Mâcon sur la ligne Dijon-Lyon.

Une telle concentration de trafic n'est possible que sur un itinéraire spécialement équipé. Elle a posé de nombreux problèmes techniques, mais permet de répartir sur un grand nombre de trains les charges fixes de l'équipement électrique. Elle améliore, à la fois, la qualité du service et la rentabilité de l'électrification.

Certaines particularités du trafic ont eu d'importantes répercussions sur les caractéristiques de l'équipement électrique. Pour des raisons à la fois d'ordre technique et d'ordre commercial (arrivée à destination à des heures commodes), les trains de voyageurs de grand parcours pour les différentes destinations, et surtout les trains de nuit, se suivent à un faible intervalle. Ils constituent des « batteries », plus importantes en périodes de pointe et particulièrement concentrées entre Paris et Dijon.

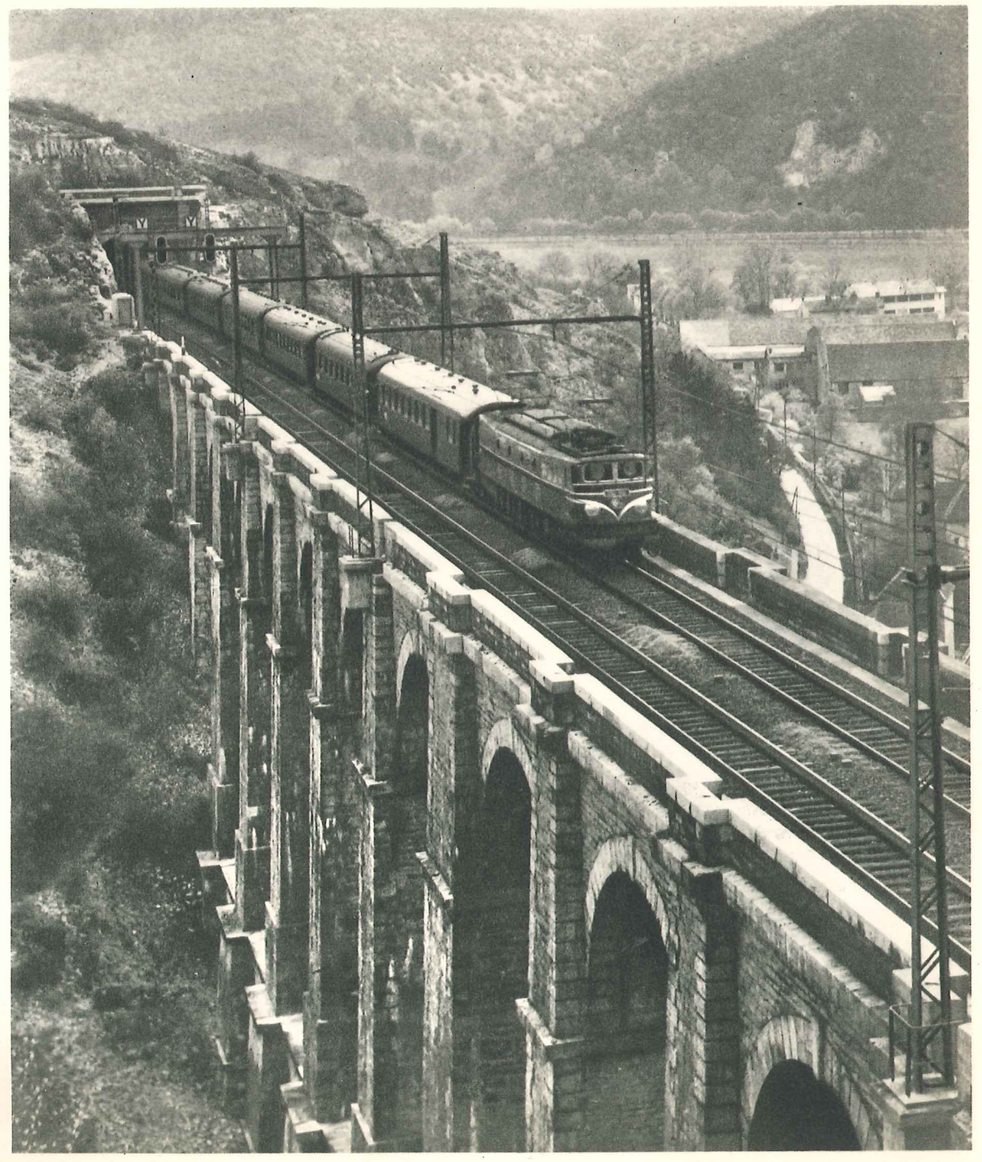
Les trains de messageries, pour des raisons analogues, sont également groupés en batteries; l'équipement de la ligne en block automatique lumineux a rendu possible le rapprochement des trains d'une même batterie. L'intervalle entre deux trains peut se réduire à moins de deux minutes. Lorsqu'un tel rapprochement se produit pour plusieurs trains d'une même batterie, il en résulte une « condensation », généralement instable, mais qui peut entraîner sur une courte section de la ligne un appel de puissance élevé, surtout au croisement d'une batterie de sens inverse qui peut également comporter une condensation.

Résultats déjà obtenus sur Paris-Dijon

La section Paris-Dijon : 315 km., est exploitée en traction électrique depuis octobre 1950. Les résultats obtenus sur cette section ont dépassé les prévisions des études préalables.

Les difficultés éprouvées en traction vapeur pour la remorque des trains lourds sur la partie difficile de la ligne dite « le seuil de Bourgogne » (entre Les Laumes-Alésia et Dijon), où existent de longues rampes de 8 ‰, ont disparu avec la traction électrique.

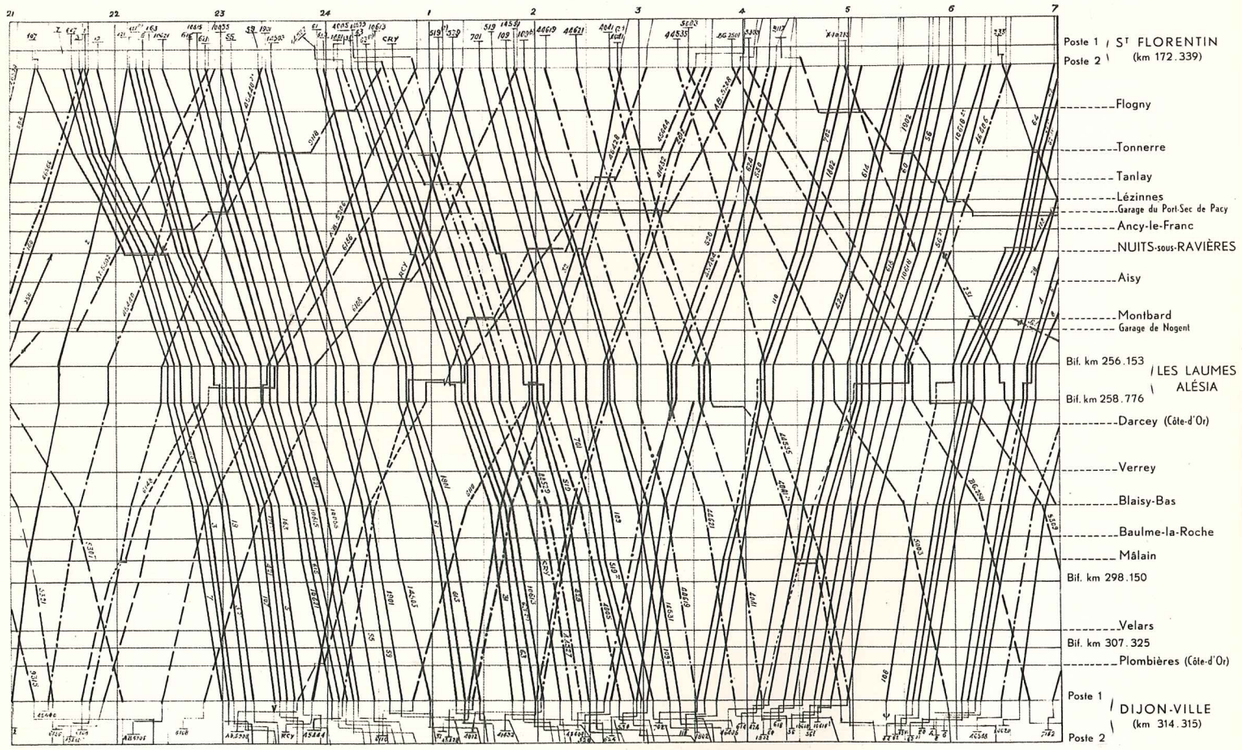
L'augmentation à 140 km/h. de la vitesse-limite de la ligne jointe à la régularité de marche des locomotives électriques a permis de réduire à 2 h. 32 minutes, soit une vitesse commerciale de 124 km/h., la durée du trajet Paris-Dijon pour les trains les plus rapides. Aucun train rapide ou express direct n'effectue maintenant ce parcours à moins de 100 km/h.



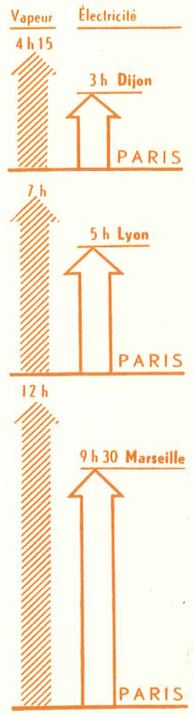
Le train rapide 16 se dirigeant vers Paris, gravit le seuil de Bourgogne (Viaduc de Velars). Lourd handicap pour les trains à vapeur, cette longue rampe qui débute en gare même de Dijon peut être parcourue en traction électrique à 120 km/h.

Au cours de l'été 1951, le tonnage moyen des trains a été supérieur de 100 tonnes aux prévisions initiales. Ceci a permis de réduire les circulations de trains facultatifs ou supplémentaires. Avec un trafic voyageurs supérieur de 30 % à celui de 1938, le nombre de trains mis en marche au cours de cet été a été inférieur de 10 % à celui de l'été 1938.
Les économies de traction escomptées se sont ainsi trouvées largement dépassées. Elles sont, pour 1951 et pour la section Paris-Dijon, de l'ordre de 4,5 milliards de francs, dont 900 millions de francs d'énergie (380.000 tonnes de charbon économisées).
La densité des trains sur la partie déjà électrifiée a cependant atteint et même dépassé les prévisions. Le graphique de régulation du Poste de Commandement de Dijon, reproduit ci-dessous, montre la circulation extrêmement serrée des batteries de trains entre Saint-Florentin et Dijon dans la nuit du 3 au 4 août 1951. En 24 heures la ligne électrifiée a pu assurer ainsi un débit de 158 trains correspondant à un tonnage brut total de 105.000 tonnes ; dans des circonstances équivalentes, en traction vapeur, la pointe ne dépassait pas 134 trains représentant un tonnage brut de 72.000 tonnes.

Extrait du graphique de régulation de la période du 3 Août (21 h.) au 4 Août 1951 (7 h.) établi par le Poste de Commandement de Dijon pour la Section de ligne de St-Florentin-Vergigny à Dijon-Ville.



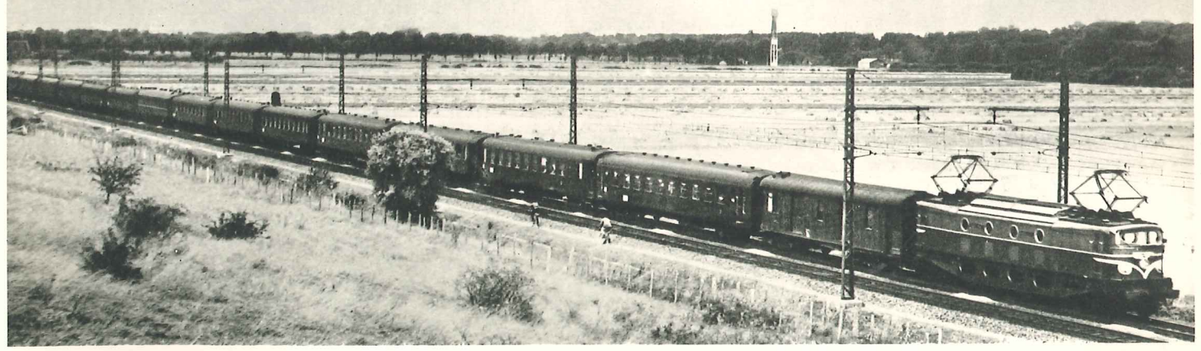
Résultats escomptés pour Paris-Lyon



Les progrès réalisés sur Paris-Dijon seront très rapidement étendus à l'ensemble de la ligne Paris-Lyon.
Les temps de parcours ci-après sont prévus :
Paris-Lyon : Pour les trains rapides et express du service normal : 5 h. au lieu de 7 h. avant électrification.
Ce temps sera réduit à 4 h. 25 et 4 h. 15 pour les deux trains les plus rapides, au lieu de 6 h. 10.
Paris-Marseille : 9 h. 30 au lieu de 12 h. (8 h. 10 pour le « Mistral » au lieu de 10 h. 20).
Paris-Genève : 8 h. au lieu de 9 h. 30.
Paris-Modane : 8 h. 50 au lieu de 10 h. 40.
Le tonnage moyen des trains sera de 650 tonnes au lieu de 500 tonnes avant l'électrification. De nombreux trains atteindront ou dépasseront 800 tonnes. Au niveau de l'activité économique de 1951, la ligne Paris-Lyon débitera un trafic supérieur de 25 % à celui qu'elle aurait pu assurer en traction vapeur et, ceci, avec une augmentation de parcours de 7 % seulement. Le rapprochement de ces deux chiffres donne la mesure du progrès technique — et économique — dû à l'électrification.
Les économies annuelles de traction, sur la base des résultats déjà obtenus pour Paris-Dijon, seront de l'ordre de 6,5 milliards de francs, dont 1,5 milliard pour l'énergie (620.000 tonnes de charbon économisées).
De tels résultats impliquent une importante réorganisation de tous les services et plus particulièrement du service de la traction.
Les dépôts de la ligne Paris-Lyon et, par répercussion, ceux qui sont situés sur les lignes dont le trafic a été ou sera reporté sur Paris-Lyon, ont dû procéder à une reconversion totale ou partielle de leurs activités. Leur effectif de personnel, ainsi que celui des ateliers de réparation du matériel d'Oullins, sera réduit de près de 4.000 unités. Dès 1946, anticipant sur la contraction des programmes de réparation des locomotives à vapeur, la S.N.C.F. s'est attachée à cette tâche délicate qui a pu être menée à bien grâce à l'entière compréhension du personnel intéressé.

Rentabilité de l'électrification

Une fois déduites des économies de traction certaines dépenses propres à l'exploitation électrique, telles que l'entretien et le renouvellement des installations fixes de traction, la rentabilité de l'électrification Paris-Lyon sera de l'ordre de 10 % au lieu de 8,5 %, chiffre initialement escompté. Les économies annoncées seront donc réalisées, et au delà.



Un train de 750 tonnes (14 voitures métalliques et 2 fourgons) remorqué par une locomotive 2D2. La puissance exigée pour la traction à grande vitesse de ce train lourd nécessite l'usage des deux pantographes de la machine.

ÉQUIPEMENT FIXE DE LA LIGNE PARIS-LYON

Le train rapide Paris-Marseille «Le Mistral» dans le Plateau de Langres entre Paris et Dijon.
On aperçoit une ligne d'alimentation à 60.000 V, une sous-station et un portique de signalisation.

L'équipement fixe de la ligne Paris-Lyon comprend, comme dans toute électrification à courant continu :

— des lignes d'alimentation à haute tension,
— des sous-stations de traction,
— des lignes de contact aériennes du type « caténaires ».

En outre, corrélativement à l'électrification, d'importants travaux ont été effectués pour améliorer la signalisation, les télécommunications, les conditions de circulation des trains.

Les conditions de circulation des trains sont, sur la ligne Paris-Lyon, particulièrement sévères. La possibilité de croisement de batteries de trains condensées a rendu nécessaire un équipement exceptionnellement puissant.

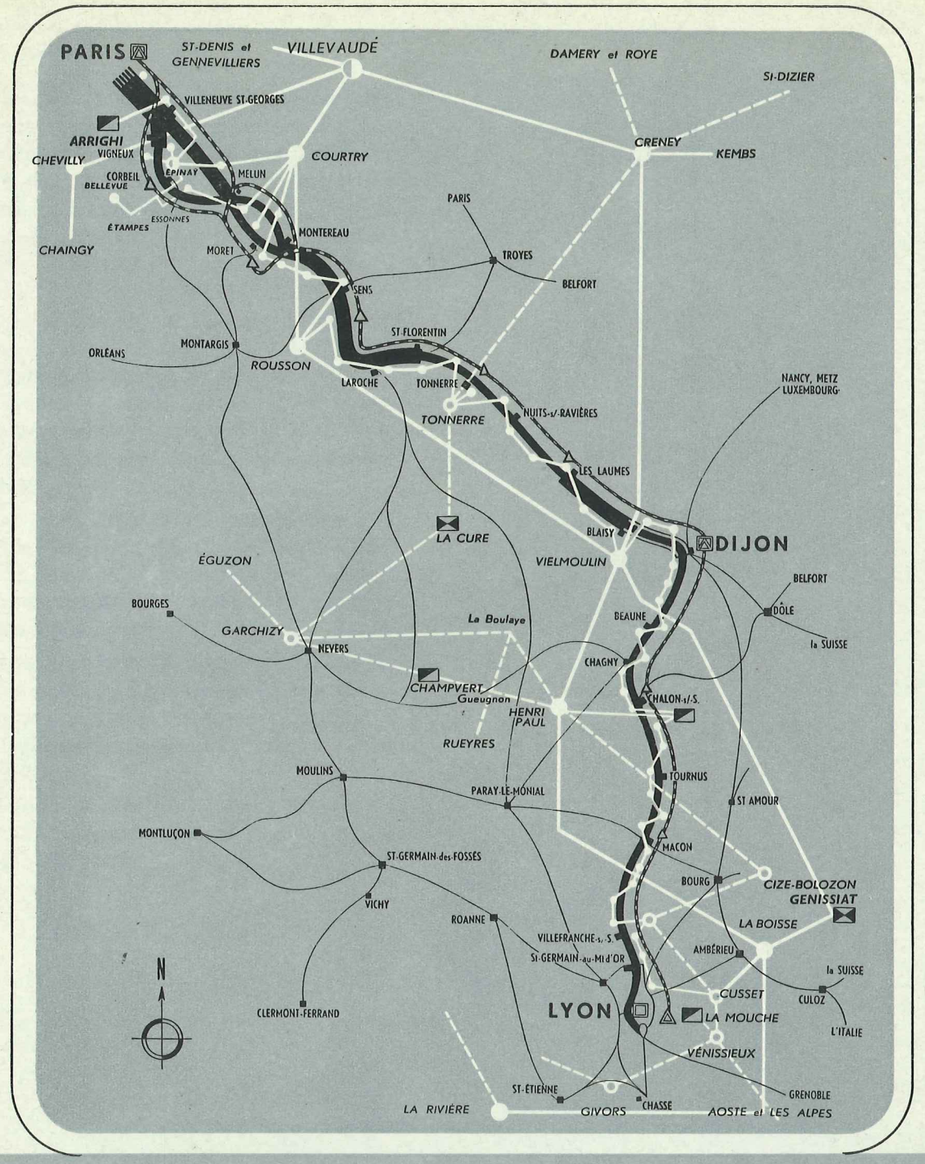
De Paris à Dijon, les sous-stations, espacées de 14 km., comprennent deux groupes redresseurs de 4.000 kW. chacun. La ligne de contact, d'une section totale de 480 mm², est renforcée, sur chaque voie, par un feeder de 250 mm² en moyenne.

De Dijon à Lyon, les sous-stations ne comportent qu'un seul groupe de 4.000 kW., mais sont espacées de 8 km. La ligne de contact, du même type qu'entre Paris et Dijon, ne comporte pas de feeder.

Cet équipement, nécessaire pour que la circulation des batteries de trains condensées s'effectue sans ralentissement excessif, offre une marge de sécurité importante pour la circulation des trains « hors batterie ». Les locomotives peuvent atteindre leur pleine puissance sans chute de tension importante en ligne. Les pertes d'énergie dans les lignes de contact sont de deux à quatre fois plus faibles que pour les dernières électrifications réalisées avant la guerre.

On conçoit l'économie annuelle qui découle de ces dispositions quand on sait que les dépenses d'énergie représentent près de la moitié des dépenses de traction.

L'ALIMENTATION EN ÉNERGIE ÉLECTRIQUE



6 voies. Block automatique.
4 voies. —
2 voies. —
2 voies banalisées (Block automatique).
Gares S. N. C. F.
Commandes centralisées des sous-stations.
Stations terminales du câble téléphonique.
Stations de répéteurs.
Câble téléphonique.
Usines hydrauliques.
Usines thermiques
Poste de sectionnement 220.000 volts.
Poste de sectionnement 150.000 volts.
Poste de transformation 220.000 volts.
Poste de transformation 150.000 volts.
Poste de transformation 60.000 volts.
Sous-stations de traction.
Ligne à 220.000 volts.
Ligne à 150.000 volts.
Ligne à 60.000 volts.

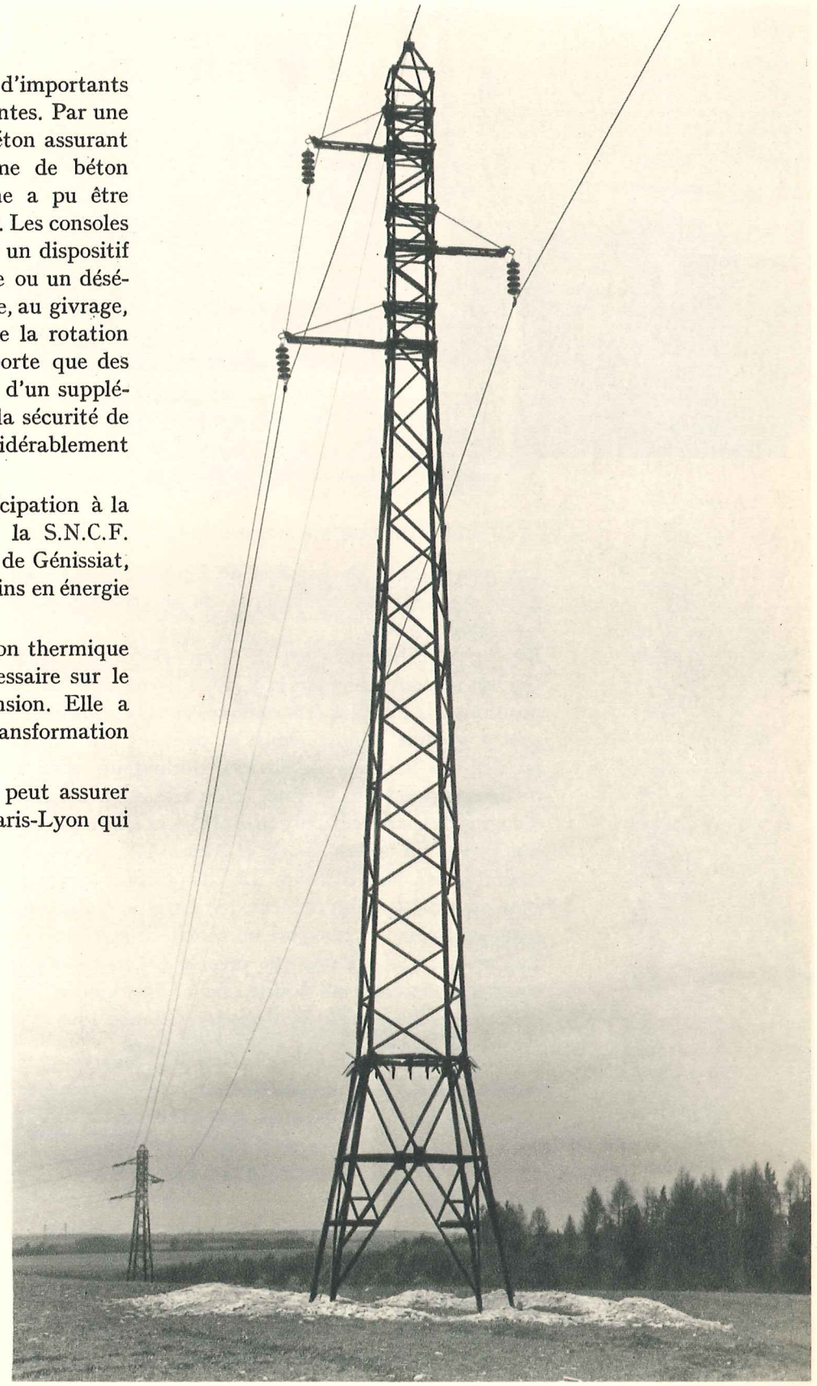
Les lignes à haute tension et l'alimentation en énergie

Les lignes à 60.000 volts marquent d'importants progrès sur les réalisations précédentes. Par une étude judicieuse des massifs en béton assurant l'ancrage des pylônes, le volume de béton consommé par kilomètre de ligne a pu être ramené de 40 m³ environ à 14,2 m³. Les consoles sont reliées au fût des pylônes par un dispositif déformable. Une rupture de câble ou un déséquilibre de tension dû, par exemple, au givrage, n'ont pas d'autre conséquence que la rotation de la console : le pylône ne supporte que des efforts de torsion réduits. Au prix d'un supplément de dépense peu important, la sécurité de l'exploitation se trouve ainsi considérablement augmentée.

Rappelons que, grâce à sa participation à la Compagnie Nationale du Rhône, la S.N.C.F. dispose du quart de la production de Génissiat, ce qui couvre sensiblement les besoins en énergie de la ligne Paris-Lyon.

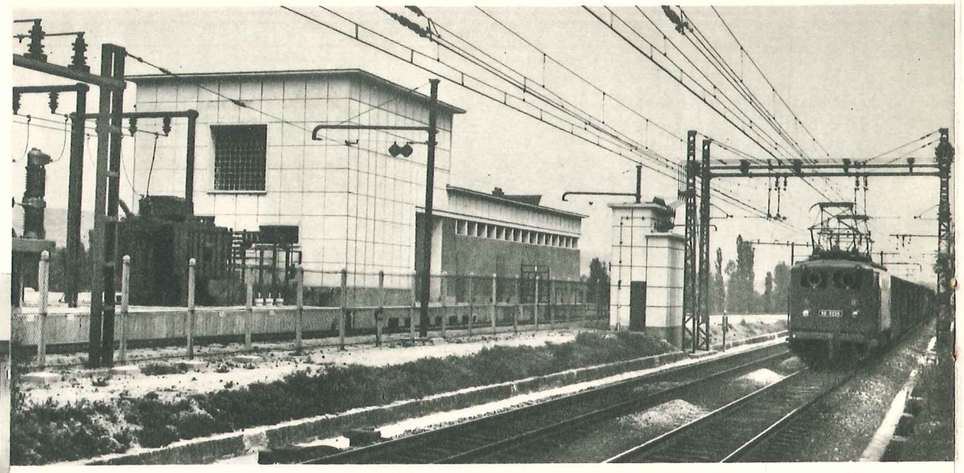
L'E.D.F. assure à la fois la régulation thermique et le transport de l'énergie nécessaire sur le réseau primaire à très haute tension. Elle a réalisé les grands postes de transformation correspondants.

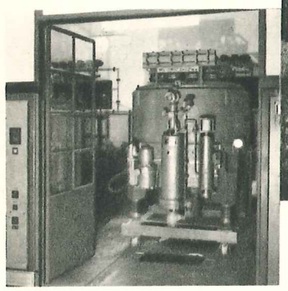
Soulignons que le débit du Rhône peut assurer la pointe maximum de la ligne Paris-Lyon qui a lieu à 2 h. du matin.



Ligne haute tension à 60.000 V entre Brunoy et Cusset.

Sous-station de Vosne-Romanée entre Dijon et Lyon (1 groupe de 4.000 kW).





On remarque la sobriété et l'élégance du bâtiment d'un volume total très réduit. Au premier plan, l'unique transformateur alimentant les deux redresseurs de 2.000 kW.

Vue intérieure montrant l'un des 2 redresseurs à vapeur de mercure refroidi par air, technique employée pour la première fois dans les installations de traction de cette puissance.

Les sous-stations de traction

Les sous-stations de traction de Paris-Lyon marquent, tant au point de vue technique qu'au point de vue économique, un progrès important dans l'évolution de l'électrification à courant continu.

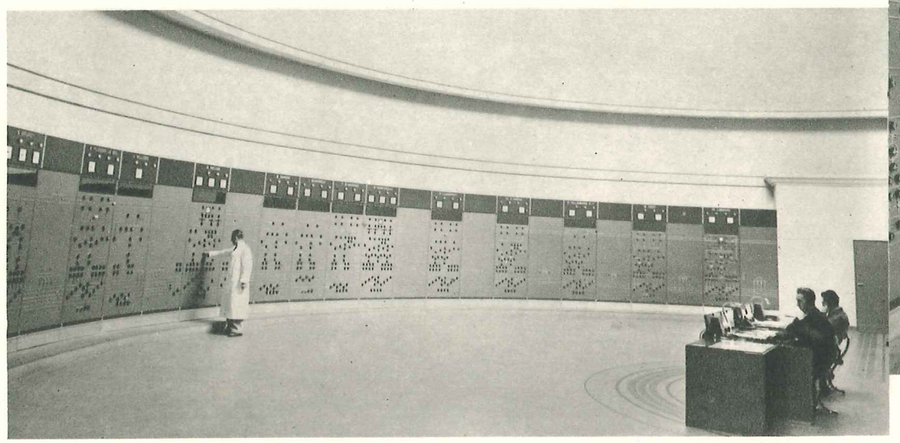
Dès 1938, l'électrification de Tours-Bordeaux, entreprise par la Compagnie de Paris-Orléans et poursuivie par la S.N.C.F., voit apparaître en matière de sous-stations des dispositions à la fois plus économiques et plus pratiques : les disjoncteurs des postes extérieurs sont à volume d'huile réduit et peuvent être entretenus sur place. L'expérience ayant montré que le décuvage des transformateurs était une opération exceptionnelle, la salle de décuvage est abandonnée, d'où réduction des dimensions du bâtiment, remplacement d'engins de manutention puissants — et coûteux — par un simple palan roulant.

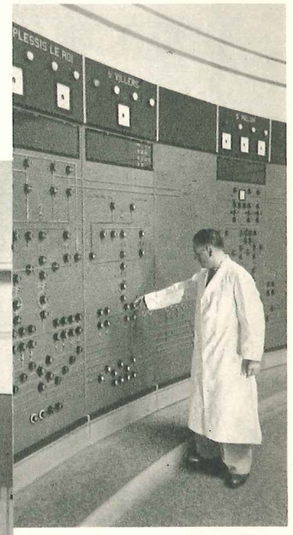
Sur Brive-Montauban (1943) et Nîmes-Sète (1947), on renonce à effectuer toute réparation importante à pied d'œuvre. Des dispositions simples permettent de charger facilement le gros matériel (commutatrices, redresseurs, transformateurs) sur des wagons spécialement aménagés pour le transport au centre de réparation.

Les mêmes conceptions ont présidé à l'étude des sous-stations de Paris-Lyon, mais le souci d'économie a été poussé encore plus loin. Le résultat, si l'on compare une des sous-stations de 8.000 kW. de Paris-Lyon à une sous-station de 4.000 kW. de Paris-Le Mans (1937), se traduit par les chiffres suivants :

	Surface totale du bâtiment	Tonnage des charpentes du poste extérieur	Volume des massifs des charpentes du poste extérieur
Paris-Le Mans. Sous-station de 4.000 kW ..... (2 lignes d'alimentation à 60.000 v.)	997 m²	50 tonnes	180 m³
Paris-Lyon. Sous-station de 8.000 kW ..... (2 lignes d'alimentation à 60.000 v.)	345 m²	33 tonnes	85 m³

La commande centralisée des sous-stations à Paris. La partie semi-cylindrique du bâtiment abrite le tableau de commande permettant de diriger et contrôler 16 sous-stations.





Des progrès considérables ont été réalisés, d'autre part, en ce qui concerne la commande des sous-stations.

Dès 1937, le réseau de l'Etat mettait en service sur Paris-Le Mans un système de commande centralisée, mettant entre les mains d'un seul agent, le « régulateur », placé dans un poste central de commande, toutes les manœuvres à effectuer dans l'ensemble des sous-stations de la ligne, à l'exception de celles qui ressortissent de dispositifs automatiques. Le prix de cet équipement était plus que compensé par la réduction du personnel des sous-stations et l'économie des logements correspondants.

Sur Paris-Lyon, l'utilisation, pour la commande à distance, de courants à fréquence harmonique (de 420 à 2.460 hz) a permis d'éviter la pose d'un câble spécial : les commandes sont transmises par les circuits du câble téléphonique, d'où réduction importante des dépenses d'investissements et possibilité de multiplier les commandes et les contrôles.

On a pu renoncer à certaines automaticités coûteuses et de fonctionnement délicat et confier au régulateur la commande à distance :

— des disjoncteurs et sectionneurs à haute tension,
— des groupes de traction,
— des disjoncteurs 1.500 V. d'alimentation de la ligne de contact,
— de l'appareillage auxiliaire.

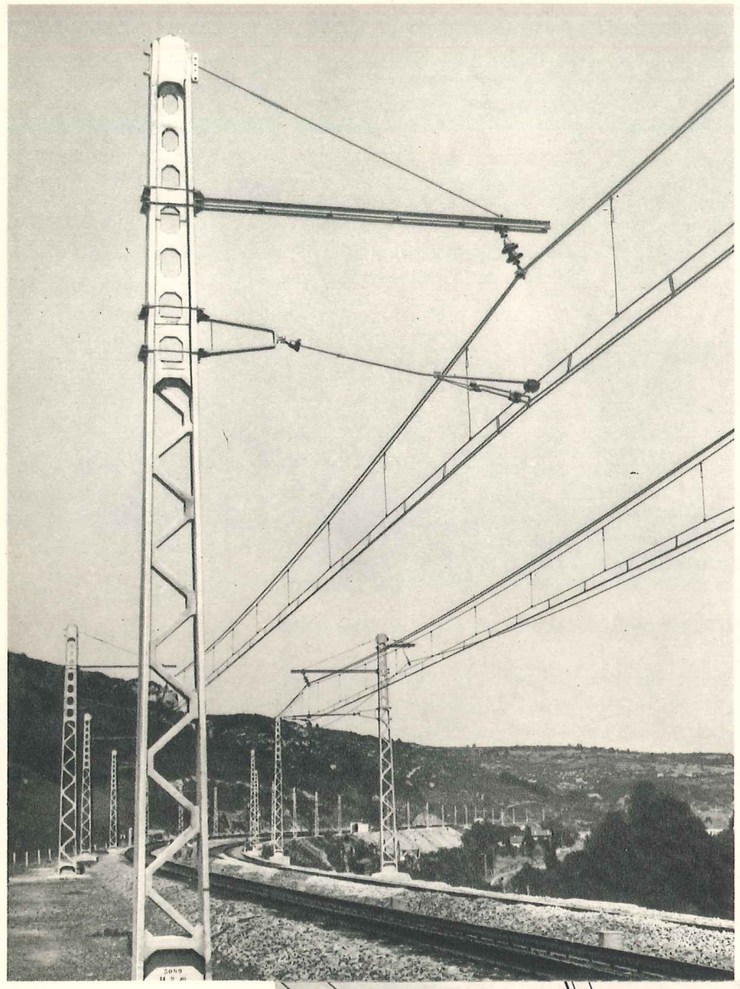
Un tableau lumineux permet au régulateur d'embrasser d'un seul regard la situation des sous-stations et de contrôler le fonctionnement des diverses commandes. Le régulateur est, en outre, automatiquement renseigné sur les défauts en ligne, les dérangements de groupes de traction, les manques de tension, les anomalies ou avaries.

Pour chaque sous-station à 2 groupes de 4.000 kW., il existe ainsi :

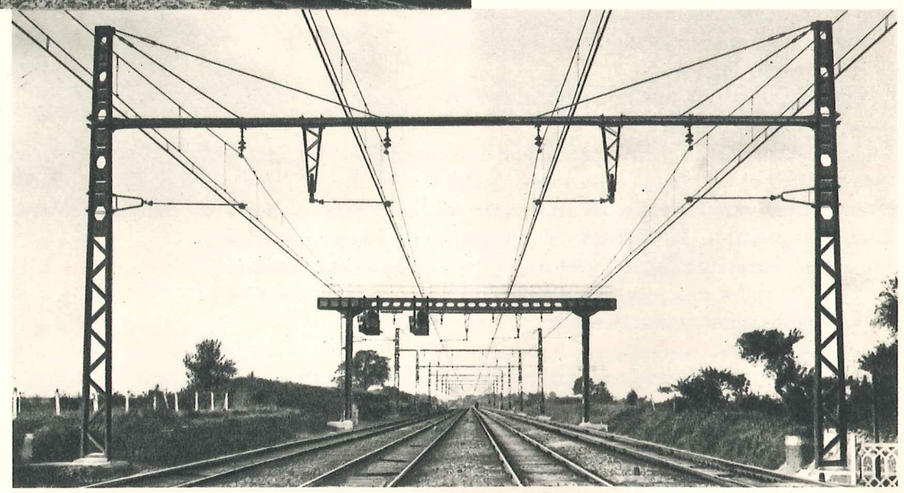
— 75 commandes avec contrôle d'exécution au poste du régulateur,
— 52 signalisations supplémentaires,
— 3 télémesures.

Pour l'ensemble de la ligne, trois postes assurent la commande centralisée des sous-stations : Paris pour 16 sous-stations, Dijon pour 19 et Lyon pour 16.

L'économie de personnel réalisée du fait de la commande centralisée des sous-stations est de l'ordre d'une centaine d'agents. C'est là un résultat appréciable, mais la commande centralisée permet aussi d'accroître la régularité et la sécurité de l'exploitation.



Un aspect de la ligne près de Dijon : pylônes en béton précontraint. On distingue les consoles haubannées supportant la caténaire et les dispositifs antibalançants qui évitent les déplacements latéraux des fils de contact.



Portiques haubannés et portique mixte en section à 4 voies.

Les voies et caténaires dans la gare de Paris-Lyon.

Les lignes de contact

Les lignes de contact aériennes ont la même structure que dans les électrifications précédentes. Elles comprennent :

— un câble porteur principal en bronze à forte résistance mécanique,

— un porteur auxiliaire,

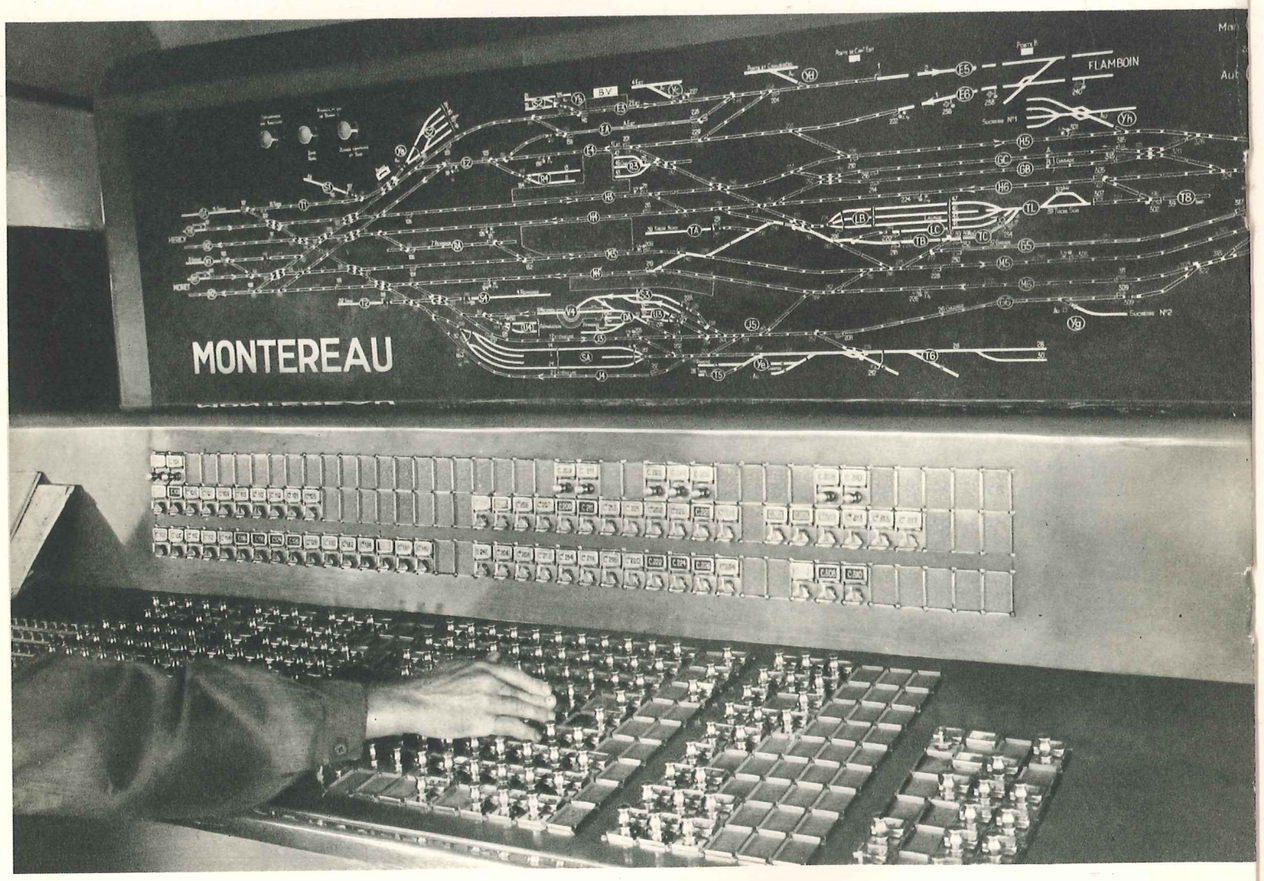
— deux fils de contact en cuivre dont la tension mécanique est maintenue constante, entre certaines limites de variation de température, par un dispositif automatique.

Cependant, par suite de la vitesse accrue des trains (140 km/h.) et de la puissance élevée à fournir au croisement des batteries de trains, il a été nécessaire d'adopter pour le câble porteur et pour les fils de contact des sections plus importantes.

Des supports indépendants sont utilisés sur les parties du parcours ne comportant que deux voies, ce qui permet de réduire les conséquences des incidents éventuels. Sur les sections à 4 et 6 voies, on a eu recours à des portiques haubannés.

Sur la majeure partie de la ligne, les pylônes sont métalliques à treillis. Mais, les travaux ayant été entrepris sous le signe de la pénurie d'acier, la S.N.C.F. a équipé certaines sections de double voie avec des pylônes en béton armé précontraint dont la silhouette générale est peu différente de celle des pylônes métalliques et qui ne gênent pas la visibilité des signaux. Il existe également sur les sections à 4 et 6 voies des portiques mixtes supportant à la fois les caténaires et les signaux.

Le poste de Montereau : aspects extérieur et intérieur. Des dispositifs spéciaux ont permis de réduire les dimensions de la table de commande comportant les boutons d'itinéraire et du tableau lumineux permettant le contrôle de la réalisation des itinéraires et de l'occupation des voies.



Postes d'aiguillage et signalisation

D'importants remaniements de postes d'aiguillage ont été effectués sur la ligne :

— 29 postes mécaniques et 9 postes électriques ont été transformés et ont bénéficié, à cette occasion, de divers perfectionnements techniques;

— 22 postes mécaniques nouveaux, pour la plupart du type unifié, et 25 postes électriques nouveaux ont été mis en service.

Certains des postes électriques : Corbeil, Dijon, Chalon-sur-Saône, Mâcon, Lyon-Guillottière demeurent de conception classique, avec leviers enclenchés mécaniquement entre eux.

Mais la plupart correspondent à une technique tout à fait nouvelle qui a été expérimentée largement et avec le plus grand succès sur la ligne de Paris à Lyon : il s'agit de postes n'ayant plus aucun enclenchement mécanique, où toutes les conditions de sécurité sont réalisées électriquement et où la commande des itinéraires est faite au moyen de boutons.

Ce type de poste a rendu possibles d'autres améliorations : la télécommande des appareils de voie a permis de concentrer en un seul poste des zones d'appareils de très grande étendue; simultanément on a facilité la tâche des aiguilleurs en réalisant la destruction automatique des itinéraires tracés dès le franchissement du signal et l'enregistrement à l'avance d'un itinéraire qui se trace ensuite automatiquement. Ces postes, de conception moderne, permettent ainsi de réaliser d'importantes économies de personnel. Signalons, parmi les plus importants, les grands postes des Laumes-Alésia, de Perrigny Poste I, Montereau, Villeneuve-St-Georges Poste IV, Lyon-Perrache Poste II.

Le poste de Montereau, qui s'est substitué à trois grands postes mécaniques et en annexera deux autres, constitue une réalisation caractéristique. Pouvant « former » 350 itinéraires différents, il comporte une table de commande unique desservie par un seul agent.

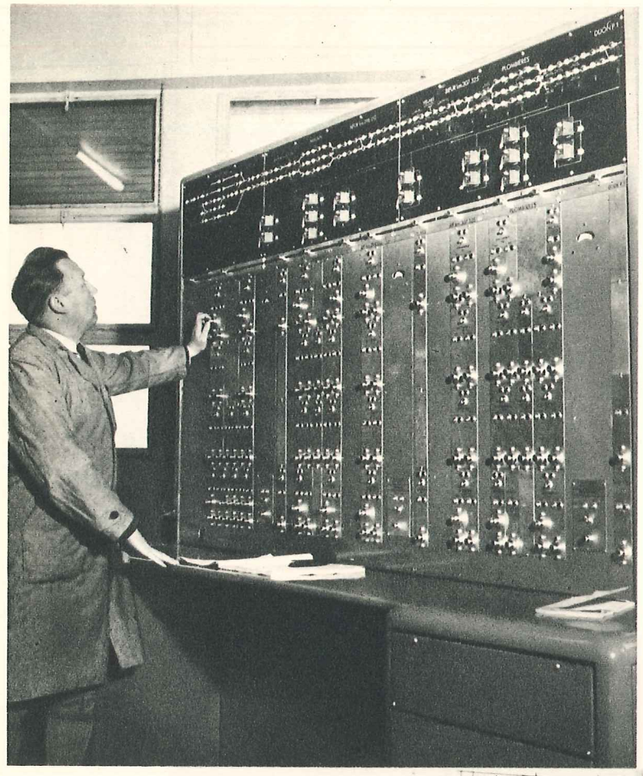
Le pupitre comporte 306 boutons de dimensions réduites. Les installations dépendant du poste sont divisées en trois zones (Nord, Centre et Sud). Les zones Centre et Sud, non visibles du poste, sont reliées à celui-ci par télécommande et télécontrôle.

La télécommande est également appliquée à un certain nombre de bifurcations de voies de garage éloignées (kilomètre 8 près de Maisons-Alfort, Pacy-Port-Sec, Nuits-sous-Ravières, Nogent-lès-Montbard, Les Laumes Poste I).

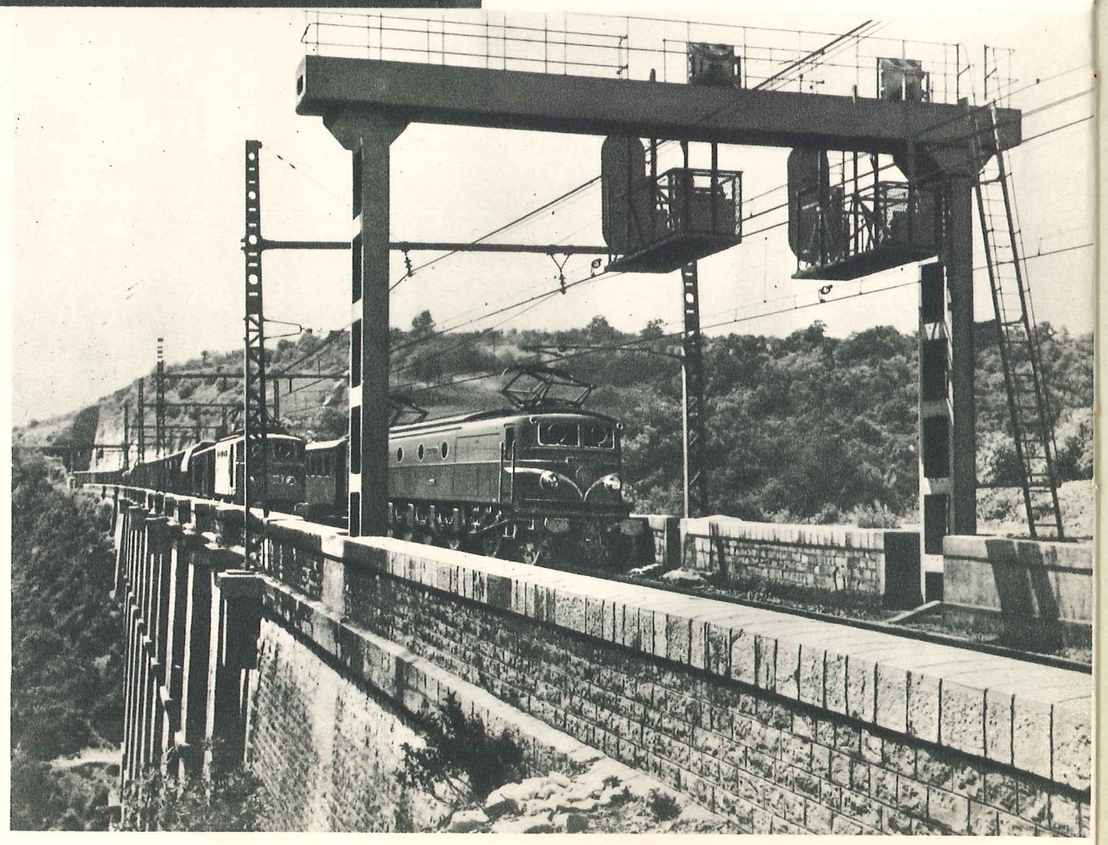
Le poste II de Lyon-Perrache, d'une technique analogue à celui de Montereau, mais plus simplifiée, remplace deux postes électrodynamiques d'un type ancien et un poste électrique à leviers individuels.

Au total, par suite des fusions, 39 postes de signalisation ont été remplacés par 19 postes modernes. L'économie de personnel correspondante a été de 35 %.

Le block automatique lumineux a été installé sur l'ensemble du parcours Paris-Lyon. Mais, si les travaux ont été effectués à l'occasion de l'électrification, il ne s'agit pas, à proprement parler, d'un équipement lié à l'électrification. L'importance du trafic de la ligne l'aurait rendu nécessaire, même si la traction vapeur avait été conservée. Cet équipement a sa rentabilité propre, résultant à la fois de l'amélioration de la circulation et de la suppression de nombreux postes sémaphoriques.



L'intérieur du poste de commande centralisée du trafic de Dijon : sur les instructions du « régulateur », l'opérateur trace un itinéraire. Le tableau lumineux visible en haut de la photographie permet de suivre et de contrôler la situation sur le terrain.



En double voie banalisée, un rapide dépasse un train de marchandises.

La commande centralisée du trafic

Le parcours de Paris à Dijon comporte au moins quatre voies, à l'exception des tronçons Saint-Florentin - Les Laumes (84 km) et Blaisy - Dijon (26 km), qui sont équipés en double voie.

Le quadruplement des voies aurait entraîné des dépenses considérables, surtout sur le parcours Blaisy-Dijon ou « seuil de Bourgogne » en raison du relief accidenté de la région et de la présence de nombreux ouvrages d'art, dont le tunnel de Blaisy-Bas, de plus de 4 km., 7 autres tunnels d'une longueur totale de plus de 800 m., 7 grands viaducs..., etc. Pour augmenter le débit possible de la section Blaisy-Dijon, on a eu recours à la banalisation des voies. Celles-ci peuvent être parcourues indifféremment dans les deux sens. Des communications entre les deux voies, placées à des distances judicieusement choisies, sont franchissables en déviation à vitesse relativement élevée.

L'ensemble des aiguilles et signaux est commandé à distance à partir du poste régulateur de Dijon.

Le régulateur « trafic » de Dijon dispose ainsi d'un moyen de commande du trafic extrêmement souple. Il peut, aux heures où le trafic est très inégal dans les deux sens, utiliser la voie la moins chargée comme voie de dédoublement, sur tout ou partie du parcours.

Les liaisons téléphoniques

Sur une ligne à trafic aussi dense, l'existence de bonnes liaisons téléphoniques est une nécessité primordiale. Grâce à un accord passé avec l'Administration des P.T.T., l'ensemble des circuits de cette Administration et de la S.N.C.F. a été mis en câbles, à l'occasion de l'électrification, entre Paris et Lyon. Les tranchées et caniveaux, ainsi que les stations de répéteurs, sont communs. L'exploitation de ces stations est faite conjointement par la S.N.C.F. et par les P.T.T.

Il n'est pas inutile de souligner le bénéfice qu'ont pu retirer les P.T.T. et la S.N.C.F. de cette réalisation commune de leurs programmes propres.

Les liaisons radio-électriques

L'équipement de la ligne la plus moderne d'Europe n'aurait pas été complet s'il n'avait pas été fait appel à la radio. Le poste I de la gare de Paris-Lyon, les postes des triages de Villeneuve, Gevrey et St-Germain-au-Mont-d'Or ont été dotés d'équipements de radio qui leur permettent de rester en liaison constante avec les machines de manœuvres et d'en diriger les évolutions avec le meilleur rendement.

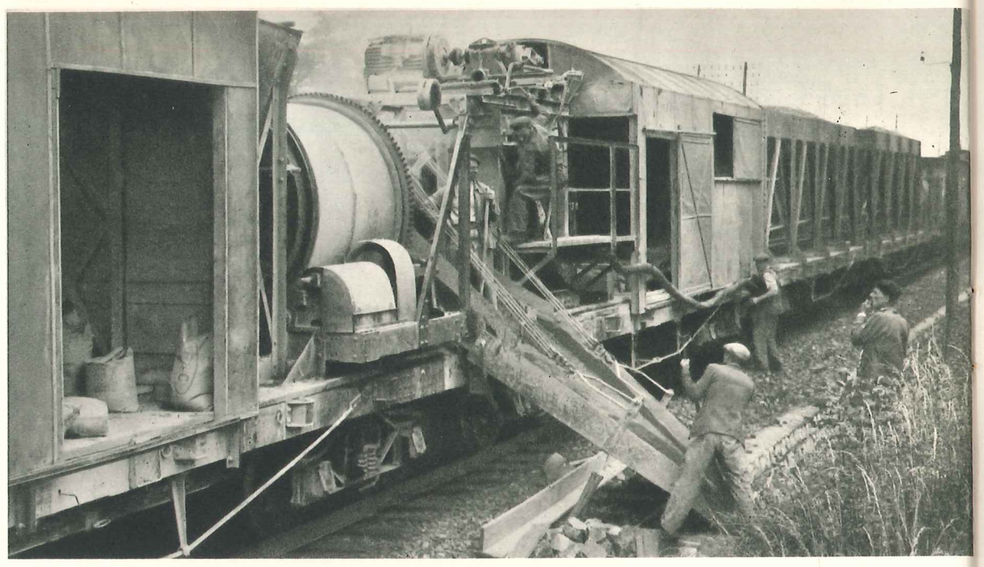
Les travaux de voie

La concentration exceptionnelle de trafic réalisée sur la ligne Paris-Lyon a nécessité, indépendamment des équipements de signalisation, de postes, de commande centralisée du trafic dont il vient d'être parlé, divers travaux d'amélioration des voies :

— rectifications de tracé pour permettre la vitesse-limite de 140 km/h.

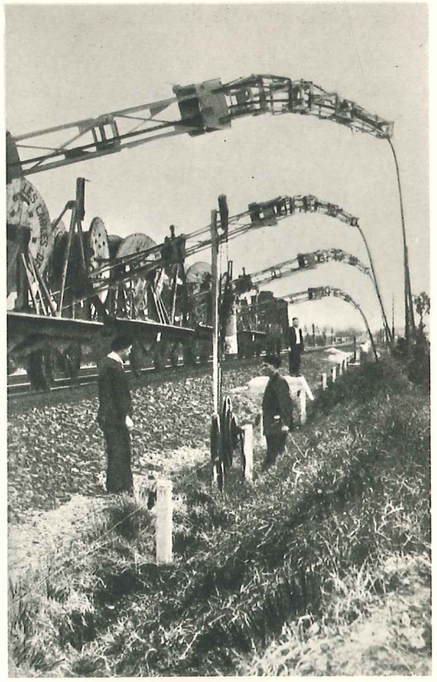
— suppression des points singuliers obligeant à des ralentissements importants. L'arrêt général de Laroche et celui de Dijon ont été supprimés; les limitations de vitesse à Melun et Montereau ont été levées.

Des sauts de mouton à Dijon et à Lyon permettent d'éviter les cisaillements de trains provenant de lignes affluentes.



Train de bétonnage en action : composé de 10 wagons et équipé d'un groupe électrogène de 100 à 150 ch et d'une bétonnière de 1.000 à 1.500 lit., ce train est susceptible de couler 40m³ de béton à l'heure.

Train de mâtage : équipé de grues dont la puissance va de 2,5 t. à 10 m. jusqu'à 23 t. à 3,5 m., il permet de planter des pylônes à la cadence moyenne de 2 minutes par support.



Train de déroulage de câbles téléphoniques. Les bras articulés permettent la mise en place simultanée dans la tranchée de 4, et parfois 5 câbles, en enjambant les obstacles qui peuvent se présenter le long de la voie.

Quelques chiffres

— Longueur des fils de contact posés : 2.480 km., dont 1.710 km. en voies principales;
— Nombre de supports de caténaires implantés : 29.900, dont 5.900 poteaux en béton;
— Longueur des lignes HT. de 60.000 volts : 1.032 km.;
— Nombre de panneaux de signalisation lumineuse automatique mis en place : 2.000;
— Nombre d'ouvrages d'art reconstruits ou établis : 24;
— Nombre de trains de travaux utilisés chaque jour sur tous les chantiers :
  — en moyenne 30
  — au maximum 62

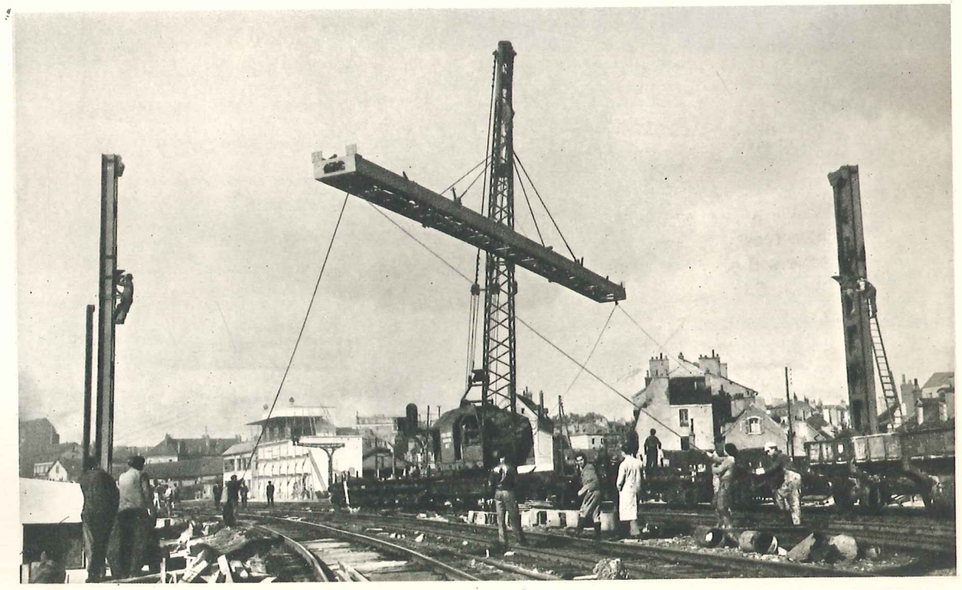
Exécution des travaux

Les difficultés habituelles en matière de travaux ferroviaires : emprises resserrées, accès des chantiers par les voies de circulation des trains, nécessité de ne pas apporter de perturbations sensibles à la circulation normale, se sont trouvées accrues sur Paris-Lyon du fait de la forte densité de circulation des trains. Les intervalles disponibles pour les travaux étaient au maximum de 2 heures consécutives et il fallait, après chaque intervalle, laisser la plate-forme dans un état tel que les trains les plus rapides puissent y circuler en toute sécurité.

Le déroulage des câbles devait être effectué avant le montage des pylônes des lignes de contact, mais les massifs de ces pylônes devaient, en de nombreux endroits, être réalisés avant le passage des câbles. Le montage des pylônes ne pouvait se faire qu'après la dépose des nappes aériennes de fils téléphoniques; le déroulage des fils de contact n'était souvent possible qu'après la modification de la signalisation, qui dépendait elle-même des modifications des voies dans les gares.

Une organisation minutieuse des chantiers et un planning général et détaillé ont permis de coordonner cet ensemble. L'utilisation de moyens mécaniques puissants s'est imposée pour pouvoir avancer rapidement les travaux pendant les courts intervalles disponibles. Les massifs des pylônes ont été exécutés à l'aide de trains de bétonnage, au nombre de 10, qui ont permis de couler en moyenne 30 m³ à l'heure, y compris les déplacements pour aller d'un massif au suivant.

Les câbles téléphoniques ont été posés à l'aide de trains de déroulage spécialement équipés.



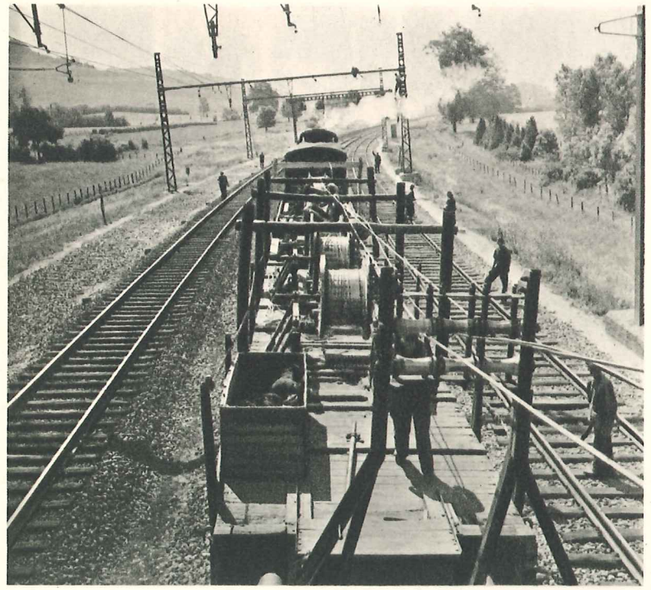
Pose de poutre pour portique caténaire.

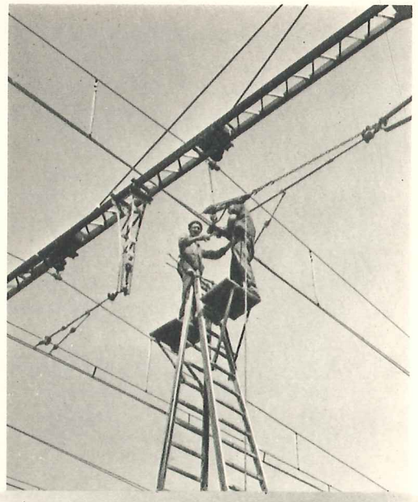
Quatre, et parfois cinq câbles, pesant jusqu'à 9,5 kg. par mètre, ont été ainsi posés en même temps. Avec une petite équipe d'hommes bien entraînés, la mise en place de 920 m. de ligne, soit 3.860 mètres de câbles, a pu être effectuée en 33 minutes. Six trains de déroulage ont fonctionné simultanément.

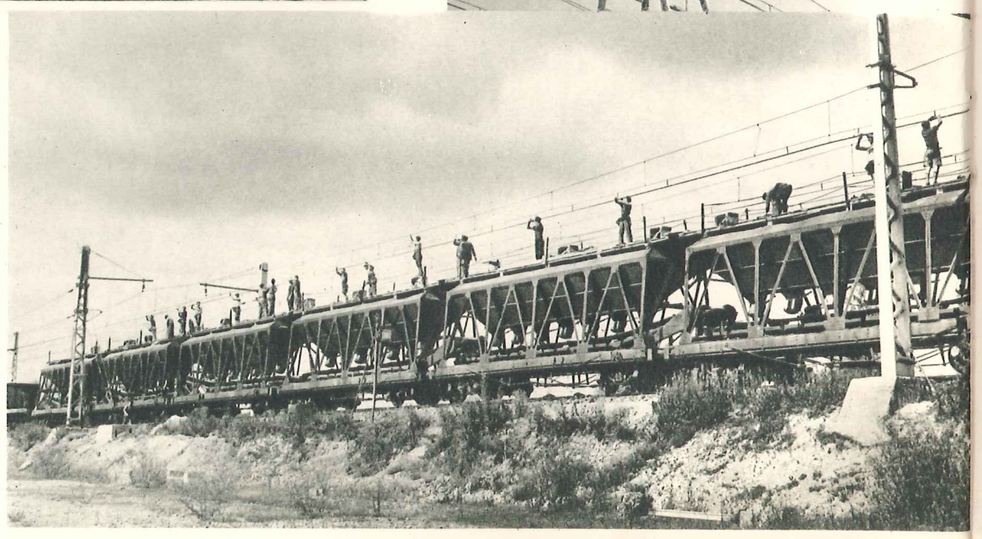
La mise en place des pylônes supportant la caténaire s'est faite à l'aide de trains de mâtage équipés de grues dont la puissance allait de 2,5 tonnes à 10 m. jusqu'à 23 tonnes à 3,65 m.; les pylônes ont pu être plantés à la cadence moyenne d'un toutes les deux minutes, y compris le déplacement d'un poteau au suivant. La mise en place des poutres de 8 tonnes des portiques mixtes a eu lieu à la même cadence.

La pose des fils et câbles des caténaires a été effectuée également à l'aide d'un train spécial comportant des wagons dévidoirs et un wagon avec tourelle télescopique. Jusqu'à trois conducteurs ont été déroulés en même temps; le déroulage d'une section, soit 1.500 m., a duré, en moyenne, 1 h. 30 minutes.

Train de déroulage de caténaires avec wagons dévidoirs.

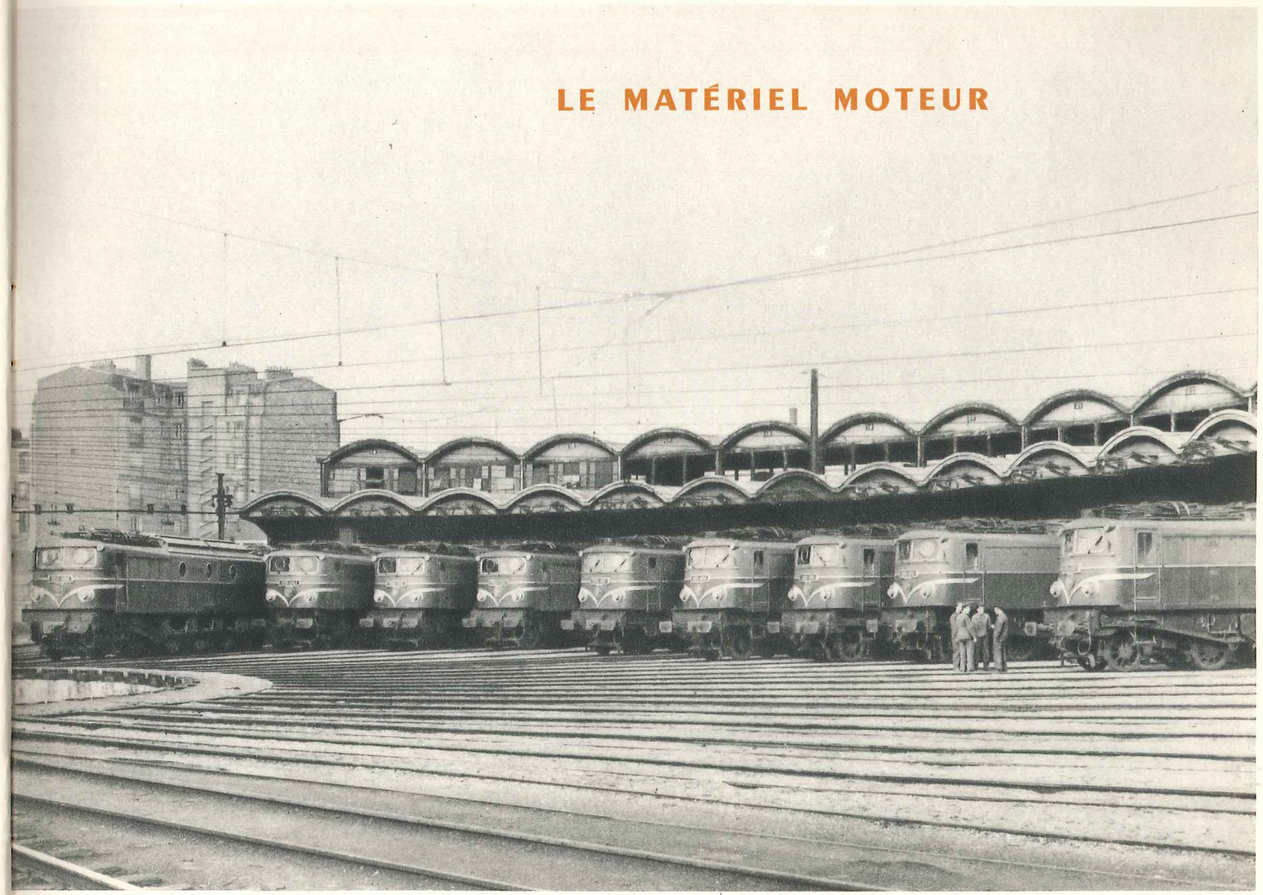






Mise en place et réglage de la caténaire. Suivant la durée des intervalles disponibles sur la voie, le travail s'effectue avec un train spécialisé et une équipe importante ou avec des moyens rudimentaires et une équipe peu étoffée.

LE MATÉRIEL MOTEUR



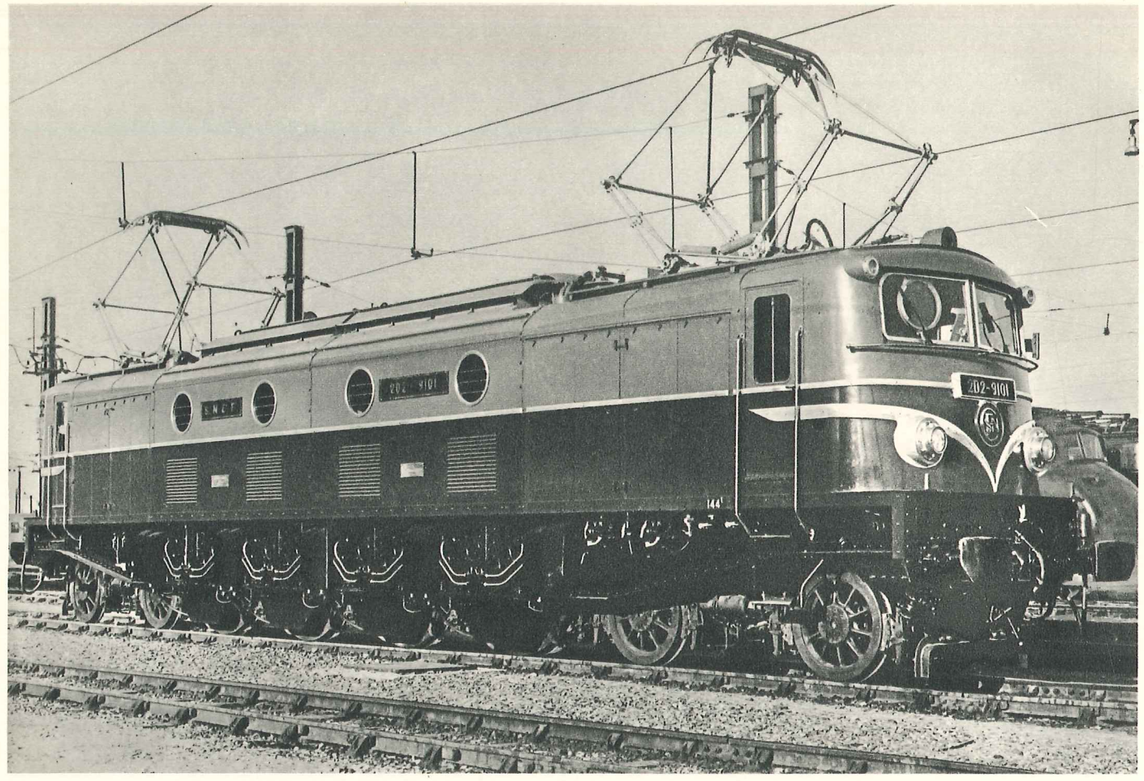
La « cavalerie » des 2D2 du dépôt du Charolais (Paris).

Le parc de matériel moteur de la ligne Paris-Lyon (non compris la banlieue) devait comprendre initialement 95 locomotives pour trains rapides et express, du type 2D2, et 136 locomotives pour trains de marchandises et de messageries, du type BB.

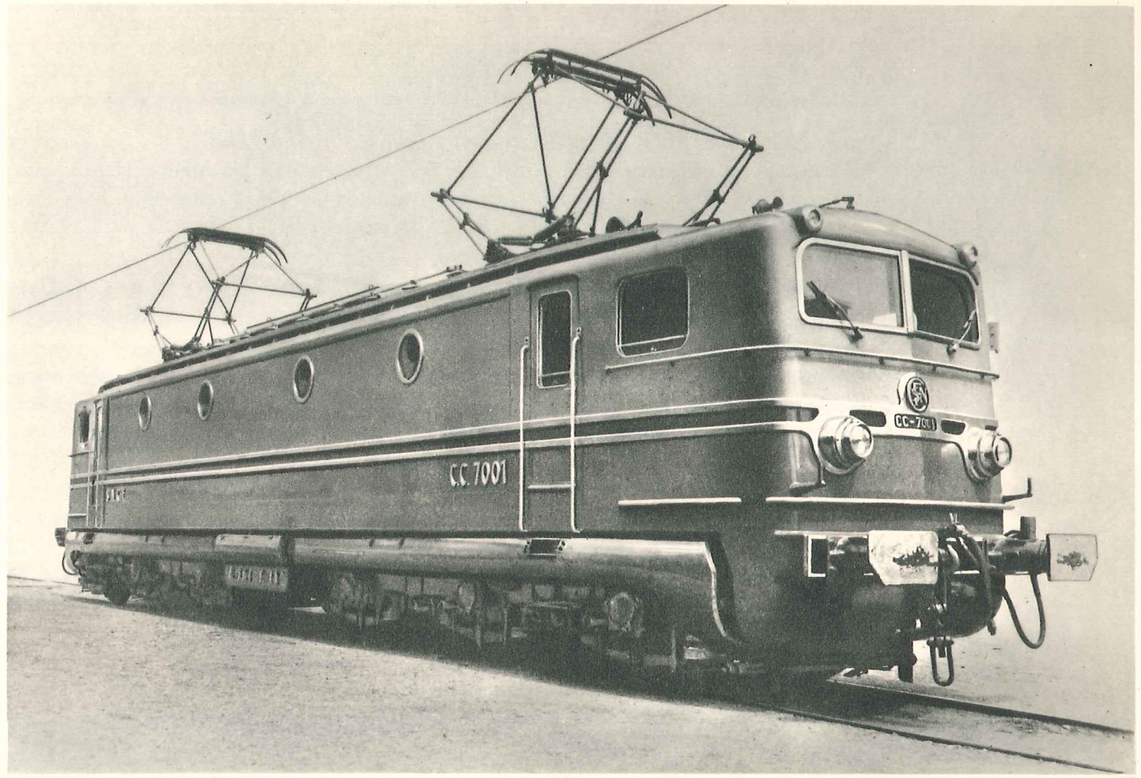
Les locomotives 2D2

35 locomotives 2D2 ont été construites. Elles s'apparentent étroitement à leurs devancières en service sur Paris-Hendaye, Paris-Nîmes et Paris-Le Mans, mais leur puissance a été augmentée de 25 % et leur poids adhérent de 10 %, ce qui améliore leur aptitude à la remorque des trains rapides lourds.

Grâce à ce matériel, le service Paris-Lyon sera le premier d'Europe et, sans doute, l'un des plus brillants du monde. Sur la totalité du parcours, soit 512 kilomètres, les trains de voyageurs les plus lourds pourront soutenir la vitesse de 140 km/h. et réaliser des moyennes commerciales supérieures à 120 km/h., tout en gardant une certaine marge pour rattraper d'éventuels retards.



La 2D2 n° 9101 (4.880 ch). Tant par sa technique que par son aspect extérieur, cette machine dérive directement des 2D2 de Paris-Le Mans. Remarquer les bogies porteurs nécessités par le poids élevé de la locomotive (144 tonnes) encadrant les 4 essieux moteurs.



La CC 7001 (4.350 ch), prototype expérimenté sur la Région Sud-Ouest, dont dérivent les locomotives de série de Paris-Lyon. On distingue les 2 bogies à 3 essieux moteurs.

Les dispositions constructives adoptées pour ces machines, sans augmentation appréciable de leur prix — le prix au cheval a même baissé —, leur permettent d'assurer ce service exceptionnellement sévère sans que les dépenses d'entretien en soient augmentées. Bien au contraire, d'après les premiers résultats d'exploitation, celles-ci apparaissent en régression : les parcours entre deux révisions en atelier sont passés de 200.000 à plus de 250.000 km. et semblent pouvoir encore être augmentés.

Les locomotives 2D2 se sont révélées, à tous égards, d'excellentes machines. Certaines locomotives de ce type, mises en service en 1933 sur la Région Sud-Ouest, ont actuellement dépassé un parcours de 3 millions de km.

Les locomotives CC

Mais un nouveau type de locomotive de vitesse à deux bogies de trois essieux, expérimenté ces dernières années à deux unités (CC. 7001 et 7002), a donné des résultats si concluants que la S.N.C.F. a décidé de compléter le parc de Paris-Lyon en construisant 60 locomotives de ce type.

Bien que plus légères que les 2D2 (104 tonnes au lieu de 144 tonnes), les locomotives CC sont presque aussi puissantes (4.350 ch. au lieu de 4.880 ch.) et couvrent pratiquement le même programme de traction. Elles peuvent remorquer à 110 km/h, en rampe de 5 ‰ des trains de 1.000 tonnes; à 140 km/h, en rampe de 2 ‰, des trains de 750 tonnes. Elles offrent en outre des possibilités accrues pour la traction des trains très lourds, grâce à leur adhérence plus élevée, leurs six essieux étant moteurs. Les deux prototypes en service sur Paris-Toulouse remorquent sans renfort des trains qui nécessitent habituellement la double traction dans les rampes du Massif Central.

Ce sont essentiellement des considérations d'ordre économique qui ont motivé l'adoption de ce nouveau type de locomotive en substitution du type 2D2. Plus simples et plus légères que les 2D2, les CC coûtent 20 % de moins. Leur exploitation sera également plus économique. Les dépenses d'énergie de traction seront plus faibles du fait du poids plus réduit de la locomotive; la charge maximum de 17 tonnes par essieu (au lieu de 22 tonnes pour les 2D2) aura comme conséquence une moindre fatigue de la voie. Les dispositions constructives nouvelles qui ont été adoptées permettront de réduire les frais d'entretien. Citons, parmi les plus intéressantes :

— la réduction des causes d'usure et de jeux grâce à l'emploi généralisé du caoutchouc et de l'acier au manganèse,

— l'unification très poussée de l'appareillage avec celui des autres séries de locomotives,

— le groupement des appareils en blocs autonomes et interchangeables comportant leur câblage et leur tuyauterie. Ces blocs peuvent être facilement enlevés ou mis en place par la toiture. Les liaisons électriques et pneumatiques entre blocs sont réalisées avec des raccords spéciaux à démontage rapide ou, même, instantané.

Les locomotives BB

Les locomotives BB de Paris-Lyon sont également très différentes des locomotives du même type précédemment construites. Ce sont de véritables machines mixtes aptes, non seulement à la traction de toutes les catégories de trains de marchandises, mais aussi de tous les trains de voyageurs d'un tonnage inférieur à 600 t., dont la vitesse-limite ne dépasse pas 105 km/h.

Elles peuvent, avec 1.400 tonnes de charge, atteindre la vitesse de 55 km/h. en rampe de 5 ‰ et remorquer en palier à 95 km/h. des trains de messageries de 800 tonnes ou, à 105 km/h., des trains de voyageurs de 600 tonnes.

Cette extension de la gamme des performances des locomotives BB résulte de l'adoption d'un nouveau type de moteur plus puissant et capable de développer sa puissance dans une gamme étendue de vitesse. La puissance totale continue de la locomotive, soit 2.800 chevaux, peut être fournie de 44 km/h. à 102 km/h., résultat tout à fait remarquable pour une locomotive de 80 tonnes seulement.

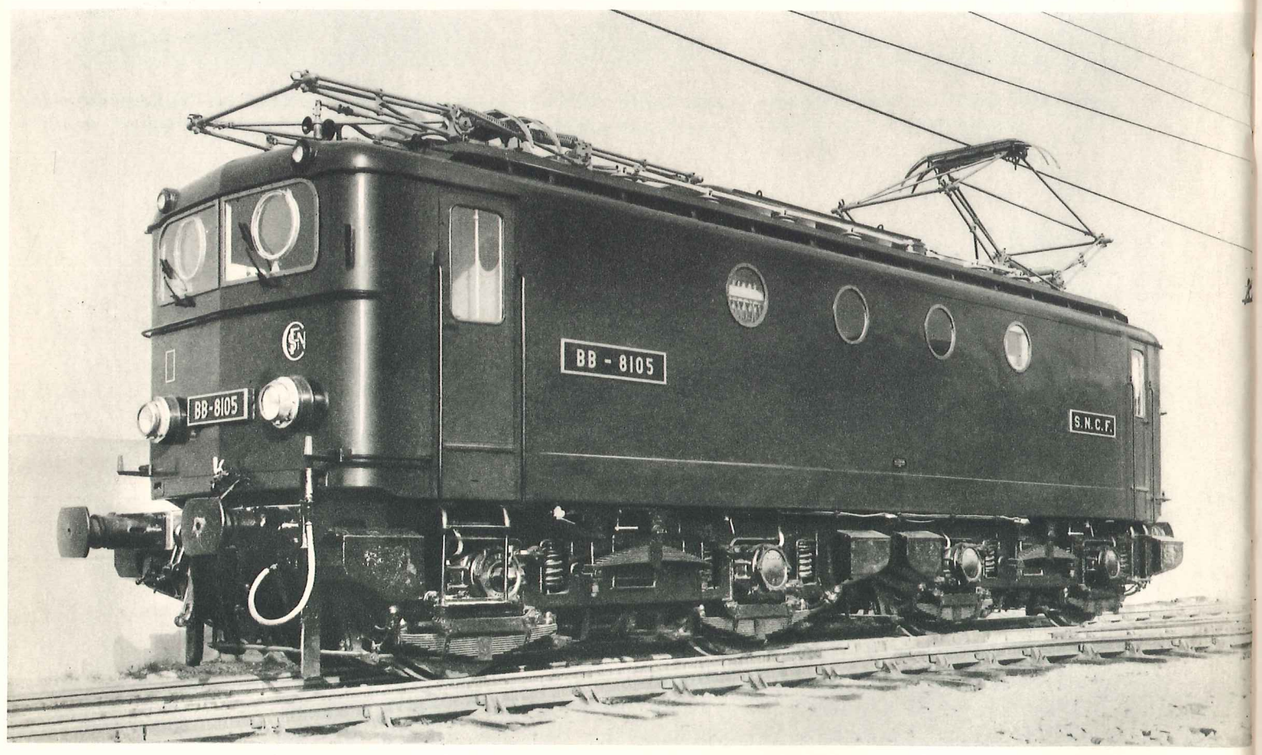
L'addition de 12 tonnes de lest, portant la charge par essieu à 23 tonnes, permet d'améliorer encore l'aptitude de ces locomotives à la remorque des trains lourds.

Au point de vue constructif, les nouvelles BB comportent des dispositions analogues à celles des CC. Aussi, leur exploitation est-elle exceptionnellement économique. Elles ne sont visitées qu'une journée par mois au dépôt et passent en révision générale après des parcours qui varient de 230.000 à 280.000 km., alors que les précédentes séries dépassent rarement 180.000 km.

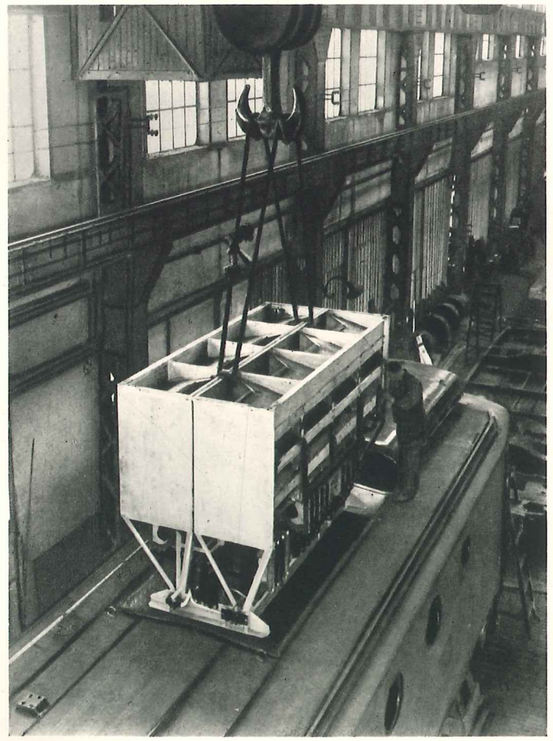
Fait remarquable, les moteurs de traction, organes soumis à des conditions de travail particulièrement dures et qui donnent à ces machines leurs brillantes possibilités, ont une si bonne tenue en service qu'il n'a pas été jugé utile de leur faire subir la moindre intervention lors de la première révision générale.

Augmentation du tonnage moyen des trains et augmentation des parcours annuels de chaque locomotive (130.000 km en moyenne pour les engins électriques du parc Paris-Lyon au lieu de 50.000 km pour les locomotives à vapeur) sont des facteurs essentiels de productivité en matière de traction des trains. C'est ainsi que les 231 locomotives électriques affectées à la ligne Paris-Lyon (service de banlieue non compris) remplaceront 600 locomotives à vapeur, dont 450 de type moderne réutilisables sur d'autres lignes.

On voit ainsi quels progrès techniques et économiques les nouvelles locomotives étudiées à l'occasion de l'électrification Paris-Lyon ont apportés au chemin de fer. Le succès technique de ces nouvelles machines a dépassé nos frontières et plusieurs réseaux étrangers ont commandé aux constructeurs français des locomotives à courant continu 1.500 ou 3.000 V. dérivées directement des types Paris-Lyon.

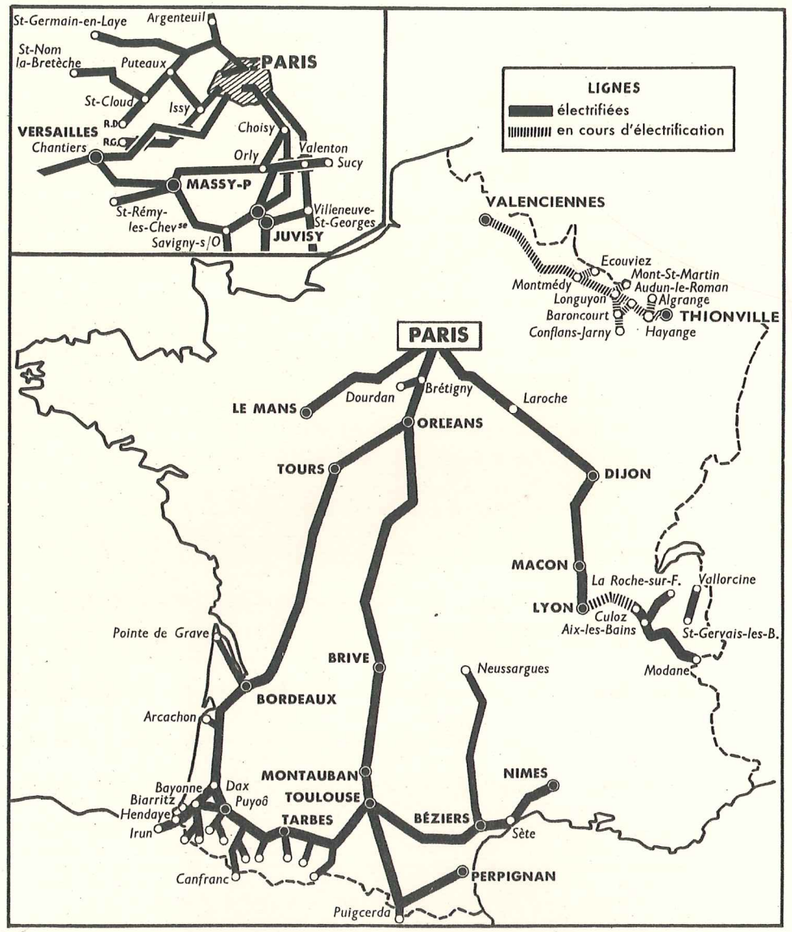


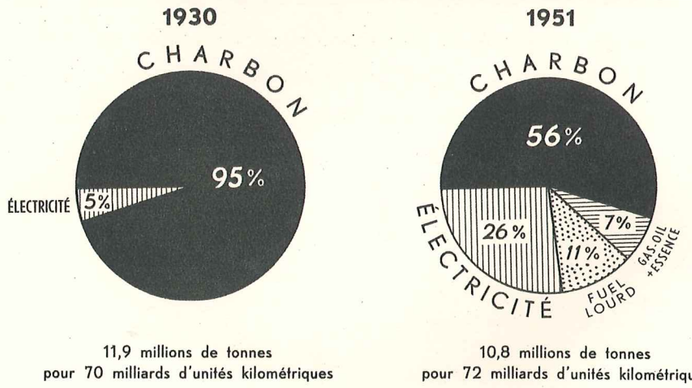
Machine BB de 2.800 ch. Malgré son poids peu élevé (80 t. pouvant être lesté à 92 t.) et ses dimensions ramassées, cette locomotive réalise pour la première fois le type même de la machine apte à tous les services : trains de marchandises et de messageries, trains de voyageurs (à l'exception des rapides).



Montage du bloc central d'une locomotive BB à l'atelier de construction. Ce bloc comprend les 2/3 de l'appareillage ; la facilité avec laquelle il peut être retiré de la caisse améliore les conditions de construction et d'entretien de la machine.

L'ÉLECTRIFICATION DU RÉSEAU FRANÇAIS





11,9 millions de tonnes
pour 70 milliards d'unités kilométriques

10,8 millions de tonnes
pour 72 milliards d'unités kilométriques

Consommations d'énergie, en équivalent " **charbon** ", des Chemins de fer français en 1930 et en 1951.
La réduction des consommations, à trafic sensiblement égal, traduit l'effet énergétique des efforts faits par les Chemins de fer français, en dehors de toute substitution de sources d'énergie, en vue de rationaliser leur exploitation technique dans tous les domaines.

Telles sont, très schématiquement exposées, les caractéristiques principales de l'équipement Paris-Lyon, remarquable aboutissement d'une longue expérience de la traction électrique en courant continu à 1 500 volts.

Au moment où cette importante réalisation s'achève, apparaît une nouvelle technique, dont l'objet essentiel est de réduire considérablement les installations liées au sol. Il est dès maintenant décidé d'utiliser cette technique pour l'équipement de la ligne Valenciennes-Thionville qui est également une des artères vitales du pays, mais dans le domaine du transport des marchandises. C'est dire que la traction électrique poursuit délibérément, au service du rail et plus généralement au bénéfice du bilan énergétique du pays, sa marche vers le progrès.

LA MISE EN SERVICE DE PARIS-LYON PORTERA A PLUS DE 3 MILLIONS DE TONNES PAR AN L'ÉCONOMIE TOTALE DE CHARBON RÉALISÉE EN FRANCE GRACE A L'ÉLECTRIFICATION DES CHEMINS DE FER

ÉDITIONS PAUL-MARTIAL. - PARIS

Photographies de : ALSTHOM - BRONCARD - COMPAGNIE ÉLECTRO-MÉCANIQUE - NOTRE MÉTIER - LA PHOTO ARTISTIQUE DE DIJON - S. N. C. F. - VIGUIER

PRINCIPAUX CONSTRUCTEURS ET ENTREPRISES
AYANT CONTRIBUÉ
AUX TRAVAUX D'ÉLECTRIFICATION DE LA LIGNE PARIS-LYON

SOCIÉTÉ DE CONSTRUCTIONS ÉLECTRIQUES ET MÉCANIQUES ALSTHOM.

COMPAGNIE ÉLECTRO-MÉCANIQUE.

SOCIÉTÉ « LE MATÉRIEL ÉLECTRIQUE S.W. ».

COMPAGNIE GÉNÉRALE DE CONSTRUCTION TÉLÉPHONIQUE.

SOCIÉTÉ PARISIENNE POUR L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE.

DROUARD FRÈRES.

SOCIÉTÉ LYONNAISE D'ENTREPRISES.

L'ENTREPRISE INDUSTRIELLE.

COMPAGNIE D'ENTREPRISES ÉLECTRIQUES, MÉCANIQUES ET DE TRAVAUX PUBLICS.

L'ÉLECTRO-ENTREPRISE.

TRAVAUX INDUSTRIELS POUR L'ÉLECTRICITÉ (TRINDEL).

COMPAGNIE GÉNÉRALE D'ENTREPRISES ÉLECTRIQUES.

SOCIÉTÉ GÉNÉRALE D'ENTREPRISES.

SOCIÉTÉ DES GRANDS TRAVAUX D'ÉCLAIRAGE ET DE FORCE.

SOCIÉTÉ FORCLUM.

SOCIÉTÉ ÉLECTRIFICATION, ADDUCTION D'EAU, TRAVAUX PUBLICS.

ENTREPRISE SORAPEL.

ENTREPRISES ÉLECTRIQUES DU CENTRE.

SOCIÉTÉ DE TRAVAUX ET D'EXPLOITATION ÉLECTRIQUES.

COMPAGNIE DES FREINS ET SIGNAUX WESTINGHOUSE.

SOCIÉTÉ DE CONSTRUCTIONS ÉLECTRIQUES ET MÉCANIQUES ALSTHOM
(Département SIGNALISATION).

COMPAGNIE DES SIGNAUX ET D'ENTREPRISES ÉLECTRIQUES.

SOCIÉTÉ D'ÉLECTRICITÉ MORS.

FORGES ET ATELIERS DE CONSTRUCTIONS ÉLECTRIQUES DE JEUMONT.

ÉTABLISSEMENTS MERLIN-GERIN.

LIGNES TÉLÉGRAPHIQUES ET TÉLÉPHONIQUES.

SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES.

LES CABLES DE LYON.

SOCIÉTÉ DE CONSTRUCTIONS ÉLECTRIQUES ET MÉCANIQUES ALSTHOM
(Département CONSTRUCTION DE LOCOMOTIVES).

COMPAGNIE ÉLECTRO-MÉCANIQUE.

SOCIÉTÉ LE MATÉRIEL DE TRACTION ÉLECTRIQUE groupant :
MM. SCHNEIDER ET Cie (FORGES ET ATELIERS DU CREUSOT);
FORGES ET ATELIERS DE CONSTRUCTIONS ÉLECTRIQUES DE JEUMONT;
SOCIÉTÉ « LE MATÉRIEL ÉLECTRIQUE S. W. ».

COMPAGNIE GÉNÉRALE DE CONSTRUCTIONS DE LOCOMOTIVES « BATIGNOLLES-CHATILLON ».

SOCIÉTÉ OERLIKON.

COMPAGNIE DE FIVES-LILLE POUR CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES ET ÉLECTRIQUES.

ATELIERS MOISANT-LAURENT-SAVEY.

ENTREPRISE ALLARY.

ENTREPRISE AMOUR ET MONTFAGNON.

ENTREPRISE AUGEARD.

ENTREPRISE BALDASSI.

ENTREPRISE BERTOCCHI.

ENTREPRISE BLONDET-ST-PAUL.

ENTREPRISE BOLLARD.

ENTREPRISE CARINATO.

ENTREPRISE COURTAUD.

ENTREPRISE DARRAS ET JOUANIN.

ENTREPRISE DÉHÉ ET Cie.

ENTREPRISE DELAGNEAU.

ENTREPRISE DESCHIRON.

ENTREPRISE DILLY ET VERSTRAETEN.

ENTREPRISE GEOFFROY.

ENTREPRISE LAJOINIE.

ENTREPRISE LECŒUR.

ENTREPRISE LEGRAND.

ENTREPRISE LONCHAMBON.

ENTREPRISE MAILLARD ET DUCLOS.

ENTREPRISE MARION.

ENTREPRISE MÉNAGER ET GORCE.

ENTREPRISE OSSUDE ET BLANC.

ENTREPRISE PALACIOS.

ENTREPRISE POUGHEON.

ENTREPRISE ROSE ET DELARD.

ENTREPRISE ROUZEAUD.

ENTREPRISE SAIGNAT.

ENTREPRISE TRAVERSE.

ENTREPRISE VELICITAT.

ENTREPRISE VENTALON PÈRE ET FILS.

ÉTABLISSEMENTS DAYDÉ.

ÉTABLISSEMENTS PIERRE ET Cie.

ÉTABLISSEMENTS RAZEL FRÈRES.

SOCIÉTÉ D'APPLICATION NOUVELLE DE CIMENT ARMÉ (S.A.N.C.A.).

SOCIÉTÉ D'ENTREPRISES GÉNÉRALES DE TRAVAUX PUBLICS POUR LA FRANCE ET LES COLONIES.

SOCIÉTÉ MÉTROPOLITAINE DE CONSTRUCTION ET DE TRAVAUX PUBLICS.

SOCIÉTÉ OUVRIÈRE COOPÉRATIVE L'AVENIR.

SOCIÉTÉ DES TUYAUX BONNA.

SOCIÉTÉ LA CHALONNAISE.

SOCIÉTÉ LA SIGNALISATION.

ANCIENS ÉTABLISSEMENTS SAUNIER-DUVAL-FRISQUET.

LES FILS D'ALBERT COLLET.

SOCIÉTÉ DELOBEL ET BOUCARD.

ATELIERS DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES L'ASTER.

ACCESSOIRES POUR CANALISATIONS TÉLÉPHONIQUES, TÉLÉGRAPHIQUES ET DE SIGNALISATION (A.C.T.E.L.).

ACCESSOIRES DE CANALISATIONS ÉLECTRIQUES ET TÉLÉPHONIQUES H. POUYET (A.C.E.T.P.).

ACIÉRIES DE DIFFERDANGE.

ACIÉRIES DE ROMBAS.

ACIÉRIES DE SAMBRE ET MEUSE.

BOULONNERIE ET FERRONNERIE DE THIANT.

COMPAGNIE GÉNÉRALE DU DURALUMIN ET DU CUIVRE.

COMPAGNIE GÉNÉRALE D'ÉLECTRO-CÉRAMIQUE.

Cie PARISIENNE DE MÉTALLURGIE.

ENTREPRISE DUPUIS.

ENTREPRISE LAROCHE.

ENTREPRISE GÉNÉRALE D'ÉQUIPEMENT ÉLECTRIQUE.

ÉTABLISSEMENTS ANTOINE.

ÉTABLISSEMENTS DERVAUX.

ÉTABLISSEMENTS FOURRES.

ÉTABLISSEMENTS DERI.

ÉTABLISSEMENTS COUSIN FRÈRES.

ÉTABLISSEMENTS JOURDAIN-MONNERET.

ÉTABLISSEMENTS ROUX ET BAZIN.

ÉTABLISSEMENTS PARVILLÉE FRÈRES ET Cie.

ÉTABLISSEMENTS J. RICHARD DUCROS.

ÉTABLISSEMENTS SAXBY.

ÉTABLISSEMENTS SCHMIT, BRUNETON, MORIN.

FORGES ET BOULONNERIES FERNAND BELLIARD.

HAUTS FOURNEAUX, FORGES ET ACIÉRIES DE POMPEY.

LAURENT, COLAS, AUTIER, BALTAUD ET 4 FILS AYMON RÉUNIS (L.C.A.B.).

LES GAZOGÈNES IMBERT.

MATÉRIEL ÉLECTRIQUE ET MÉCANIQUE DU NORD (M.E.M.N.).

RÉGIE NATIONALE RENAULT.

SOCIÉTÉ BIVOIS.

SOCIÉTÉ DES FORGES DE STRASBOURG.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE GARDY.

SOCIÉTÉ HARDY-CAPITAINE.

SOCIÉTÉ JUBERT ET Cie.

SOCIÉTÉ DES MINES ET FONDERIES DE PONT-GIBAUD.

SOCIÉTÉ MÉTALLURGIQUE DE LA BONNEVILLE.

SOCIÉTÉ TECHNIQUE ET COMMERCIALE LUCEAT.

SOCIÉTÉ DES FONDERIES ET ATELIERS DE MOUSSEROLLES.

SOCIÉTÉ GEOFFROY-DELORE.

SOCIÉTÉ DES PORCELAINES ET APPAREILS ÉLECTRIQUES GRAMMONT.

SOCIÉTÉ J. GALLAND ET Cie.

SOCIÉTÉ ST-SAUVEUR-ARRAS.

SOCIÉTÉ SILEC.

SOCIÉTÉ SUCA.

SOCIÉTÉ LE TRANSFORMATEUR.

U.C.P.M.I. à HAGONDANGE.

TRÉFILERIES ET LAMINOIRS DE LA MÉDITERRANÉE.

TRÉFILERIES ET LAMINOIRS DU HAVRE.

CABLERIE PHOCÉENNE.

CABLERIES DE LENS.

CABLERIES DE BOURG.

COMPAGNIE DES CABLES ET MATÉRIEL ÉLECTRIQUE G. BOUCHERY.

COMPAGNIE INDUSTRIELLE DES TÉLÉPHONES.

LE MATÉRIEL TÉLÉPHONIQUE.

SOCIÉTÉ CABLES ÉLECTRIQUES ACCESSOIRES TECHNIQUES (C.E.A.T.).

SOCIÉTÉ ÉLECTRO-CABLE.

SOCIÉTÉ DES TÉLÉPHONES ERICSSON.

SOCIÉTÉ GÉNÉRALE ISOTHERMOS.

ÉTABLISSEMENTS L. FAINELEY.

COMPAGNIE D'APPLICATIONS MÉCANIQUES (S.K.F.).

SOCIÉTÉ NOUVELLE DES RÉGULATEURS DE FREINS S.A.B.

ATELIERS DE CONSTRUCTIONS ÉLECTRIQUES DE DELLE.

SOCIÉTÉ D'INSTALLATIONS ET CONSTRUCTIONS ÉLECTRIQUES ET MÉCANIQUES (BERTHON ET Cie).

MESURES E. WALTER.

COMPAGNIE POUR LA FABRICATION DES COMPTEURS ET DU MATÉRIEL D'USINES A GAZ.

ÉTABLISSEMENTS CHAUVIN, ARNOUX ET Cie.

ATELIERS J. CARPENTIER.

ÉDITIONS PAUL-MARTIAL — PARIS

PRINTED IN FRANCE

S.N.C.F. 1952 nº 54 - R. C. Seine 276.448 B