LA NATURE

L'ÉLECTRIFICATION des Chemins de fer Français

Les réseaux d'Orléans et du Midi, et plus particulièrement ce dernier, avaient électrifié, depuis longtemps déjà, un certain nombre de leurs lignes. Par ailleurs, le réseau de l'État avait une partie de sa banlieue électrifiée ainsi que sa grande artère Paris-Le Mans (211 km.) Enfin, le P. - L. - M. électrifiait, d'abord par rail de contact (fig. 6), puis par caténaire, entre Chambéry et Modane (99 km) et, par la suite, la section de Culoz à Chambéry (36 km). Seuls, les anciens réseaux du Nord et de l'Est ne comptent, encore aujourd'hui, aucune voie électrifiée.

D'autre part, rappelons que les lignes de Saint - Gervais - Chamonix-Vallorcine (35 km) et de Villefranche - Vernet - les-Bains - Font - Romeu-Bourg - Madame - La-Tour-de-Carol (95 km) furent électrifiées à l'époque même de leur construction.

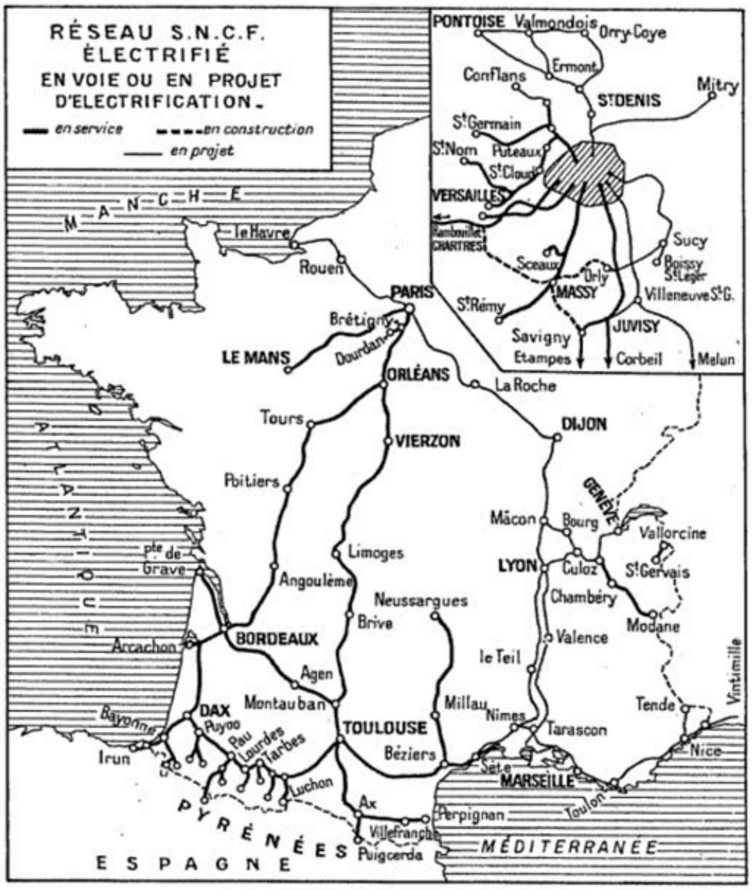


Fig. 1. — *Le réseau des chemins de fer français, électrifié, en voie ou en projet d'électrification.*

En cartouche : la banlieue parisienne.

Quant à la ligne de Sceaux, elle fut partiellement cédée à la Compagnie du Métropolitain et électrifiée sur tout son parcours.

L'électrification des lignes à grand trafic de notre réseau national s'impose pour plusieurs raisons toutes impérieuses : économie des combustibles d'importation; possibilité d'utiliser au maximum nos ressources naturelles en houille blanche; diminution appréciable des frais de traction; souplesse d'exploitation nettement supérieure; horaires plus aisément observés et combien d'autres motifs militent tous en faveur de l'équipement électrique de nos voies ferrées.

Les Alpes de Savoie et du Dauphiné, le Massif central, les Pyrénées, disposent d'importantes ressources hydrauliques qu'il suffit d'aménager tandis que nos mines de charbon ne pourvoient pas, à beaucoup près, à nos besoins. L'importation de houille et d'autres combustibles est nécessaire, malgré nos difficultés de paiement et de transport.

En 1938, la France a importé 20 millions de t de charbon et 8 156 000 t d'hydrocarbures. Les forces hydroélectriques du territoire avaient fourni 10 milliards de kW/h; on en prévoit le double en 1950. Il faut donc prévoir, parallèlement à la construction des grands barrages, une politique d'électrification.

Pour l'exploitation des lignes électrifiées, on évite, autant que cela se peut, d'avoir recours aux usines thermiques. La S.N.C.F. consomme environ 80 pour 100 d'énergie hydraulique contre seulement 20 pour 100 d'énergie thermique. La proportion est donc déjà très élevée. L'énergie électrique d'origine thermique est encore plus économique que l'emploi direct du charbon par les machines à vapeur. Ainsi, en 1938, la S.N.C.F. économisait plus

d'un million de tonnes de charbon sur ses seules lignes électrifiées. Une fois le programme d'électrification achevé, l'économie atteindra près de trois millions de tonnes. Dans le domaine technique, il ne faut pas oublier que l'électrification apporte au chemin de fer la puissance et la régularité et permet une exploitation beaucoup plus souple. Au surplus, celle-ci a l'avantage de donner entière satisfaction aux usagers. Par surcroît, sa propreté fut toujours très appréciée par les voyageurs.

Certaines voies ferrées seulement ne peuvent être électrifiées pour des raisons stratégiques. On sait en effet qu'au cas d'un conflit armé, les lignes électrifiées sont toujours plus rapidement rendues inutilisables, la destruction des caténaires et des centrales ou des sous-stations s'avérant relativement facile avec les méthodes modernes de guerre.

Enfin, sur le plan du financement des travaux à effectuer pour l'équiquement, l'électrification d'une voie ferrée exige des capitaux très importants. Toutefois, les capitaux engagés sont rentables grâce aux économies d'exploitation, dès que le trafic atteint un certain minimum et cet argument reste valable même dans une économie nationalisée.

Autrefois, on appliquait surtout la traction électrique sur les lignes de montagne présentant un profil difficile.

Aujourd'hui, on opère par larges secteurs pour faciliter la rotation du matériel; on électrifie à la fois une grande artère et ses principaux embranchements. Nous citerons comme exemples récents : Paris-Lyon; Mâcon-Genève; Lyon-Ambérieu. On se borne ainsi à électrifier les lignes à grand trafic.

Le réseau de la S.N.C.F. comptait, en 1938, 3 367 km de lignes électrifiées, ce qui représentait, en voie simple, 5 961 km pour un réseau atteignant globalement 41 900 km environ. Pendant la guerre, malgré les difficultés de toute nature résultant de l'occupation, la S.N.C.F. a réalisé et mis en service, en 1943, entre Brive et Montauban, la traction électrique sur 163 km, ce qui termine l'électrification de l'artère Paris-Cahors-Toulouse qui se prolonge sur Sète.

Les installations électriques de la S.N.C.F. représentent à ce jour une puissance totale de 600 000 kW. En période normale, le trafic annuel dépassait 25 milliards de tonnes kilométriques.

Au début de 1947, la S.N.C.F. a électrifié la « Ceinture sud » de Paris, comprenant les sections de lignes de Versailles-Chantiers à Savigny-sur-Orge (27 km), de Massy-Palaiseau à Orly (13 km) et de Juvisy à Valenton (11 km).

D'un autre côté, dans la région « Méditerranée », les travaux d'électrification du tronçon Sète-Montpellier-Nîmes (77 km) sont à l'heure actuelle en voie d'achèvement. Cette seule réalisation permettra une économie de l'ordre de 53 000 t de charbon par an, ce qui atteste le trafic important de cette section de ligne.

Quant au programme d'avenir, il prévoit l'électrification — en première urgence — de la plus grande artère ferroviaire du pays : Paris-Marseille (par Lyon-Avignon), ligne dont le trafic est le plus élevé de toute l'Europe. D'importants travaux ont déjà été exécutés entre Paris et Dijon. Cette électrification s'effectuerait en deux étapes : Paris-Lyon (512 km) et Lyon-Marseille (351 km). Sur le tronçon Paris-Dijon, ainsi que sur le parcours Dijon-Lyon (197 km), des études très approfondies et une mise au point des travaux à entreprendre sont prêts. Le service des études a déterminé, d'après les statistiques commerciales, le tonnage à écouler et il a envisagé une révision complète de la signalisation.

Rappelons que sur « Paris-Lyon », ligne à grande densité de trafic, la consommation de charbon se chiffrait, au minimum, par 1 100 t au kilomètre par an, ce qui s'explique par l'intensité du trafic voyageurs et marchandises et par le profil difficile au seuil de la Bourgogne. Ajoutons que l'été, en temps normal, on ne comptait pas moins de 125 à 155 trains rapides ou express entre Paris et Dijon (315 km) ou vice versa. De son côté, le trafic des primeurs comportait jusqu'à 30 trains par jour. Ce trafic, dont une partie était détournée par le Bourbonnais, empruntera uniquement, dans l'avenir, la nouvelle ligne électrifiée. Sur la ligne de Bourgogne, le trafic des marchandises est également très important. Sur l'artère Paris-Lyon, avec la traction électrique, on pourra lancer des trains de 750 t pouvant être portés à 850 t. Ces trains pourront atteindre alors une vitesse maxima de 140 km à l'heure. Sur cette même ligne, circuleront des trains de messageries de 700 t à la vitesse horaire de 105 km et des trains lourds de marchandises de 1 300 t environ. Au point de vue équipement ainsi qu'en matière d'exploitation, d'importantes modifications techniques sont prévues : on étendra notamment le block automatique à toute l'artère Paris-Lyon. Par ailleurs, on prévoit, sur le parcours de Saint-Florentin-Vergigny à Dijon (1), soit sur 141 km environ, la banalisation du sens des voies, ce qui permettra aisément, à la faveur d'une double signalisation à commande centralisée, de porter au maximum le trafic sur la partie de la ligne Paris-Dijon qui devra être maintenue à deux voies seulement alors que le projet primitif d'électrification prévoyait l'établissement de quatre voies jusqu'à Dijon. Cette réalisation ne pourrait s'effectuer qu'au prix de travaux considérables et de dépenses trop élevées et cela, tant en raison du profil de la ligne que de la présence de nombreux ouvrages d'art parmi lesquels nous citerons, en premier lieu, le souterrain de Blaisy-Bas, d'une longueur de 4 100 m. Une fois électrifiée, la ligne Paris-Lyon recevra trois types de locomotives électriques. Pour les trains de voyageurs, on adoptera, à l'exclusion des parcours de banlieue qui seront desservis par des rames automotrices réversibles, le type classique 2-D-2 (fig. 2) en service sur les régions Ouest et Sud-Ouest, qui répondra aux besoins du trafic entre Paris et Dijon. Ces machines, d'un poids de 88 t et d'une puissance dépassant 4 000 ch, sont à quatre essieux encadrés par deux boggies porteurs. La transmission du mouvement entre les moteurs et les roues est assurée, non par des bielles, mais par des engrenages. La vitesse horaire peut atteindre, malgré la remorque d'un tonnage élevé, 140 kilomètres.

Pour les trains de marchandises, on utilisera le type « B.B. » (fig. 3), d'un poids de 70 à 75 t et d'une puissance allant jusqu'à 2 400 ch (dernier modèle construit). Les machines B.B., qui comptent deux boggies moteurs, peuvent assurer un service identique aux locomotives à vapeur du type 141-P., de 3 400 ch.

Pour les manœuvres dans les gares de triage, un type spécial est prévu. Ce sont des machines comportant deux boggies moteurs de trois essieux chacun. Un nouveau type de locomotive électrique a été mis en service en juillet dernier sur la région Sud-Ouest. Cette machine « C.C. » (fig. 5), d'un poids de 120 t, peut remorquer sur rampe de 10 pour 100 et à la vitesse horaire de 48 km, des trains lourds de marchandises de 1 200 t. D'une puissance atteignant 4 050 ch, la locomotive C.C. est conditionnée pour assurer des vitesses allant jusqu'à 105 km à l'heure (en palier). Pour la grande banlieue Melun-Fontainebleau-Moret et Héricy-Montereau, on mettrait vraisemblablement en service des trains automoteurs (fig. 4) pouvant atteindre la vitesse horaire de 130 km. Les automotrices, d'un poids approximatif de 65 t et montées sur trois boggies, auraient une puissance effective de 1 200 ch. Un modèle analogue est en service sur la ligne Paris-Le Mans. Incontestablement, les locomotives électriques 2-D-2, B.B. et C.C. pourront aisément franchir les longues rampes qui s'échelonnent progressivement entre Saint-Florentin-Vergigny et Dijon.

Pour le trajet de Paris à Lyon-Perrache — soit 512 km — les gains de temps seront appréciables et atteindront 1 h 20 mn. D'importantes améliorations sont donc prévues au service des trains. Un rapide de jour dont la mise en marche est projetée

1. Il est toutefois possible que quatre voies soient établies entre Les Laumes-Alésia et Blaisy-Bas (32 km).

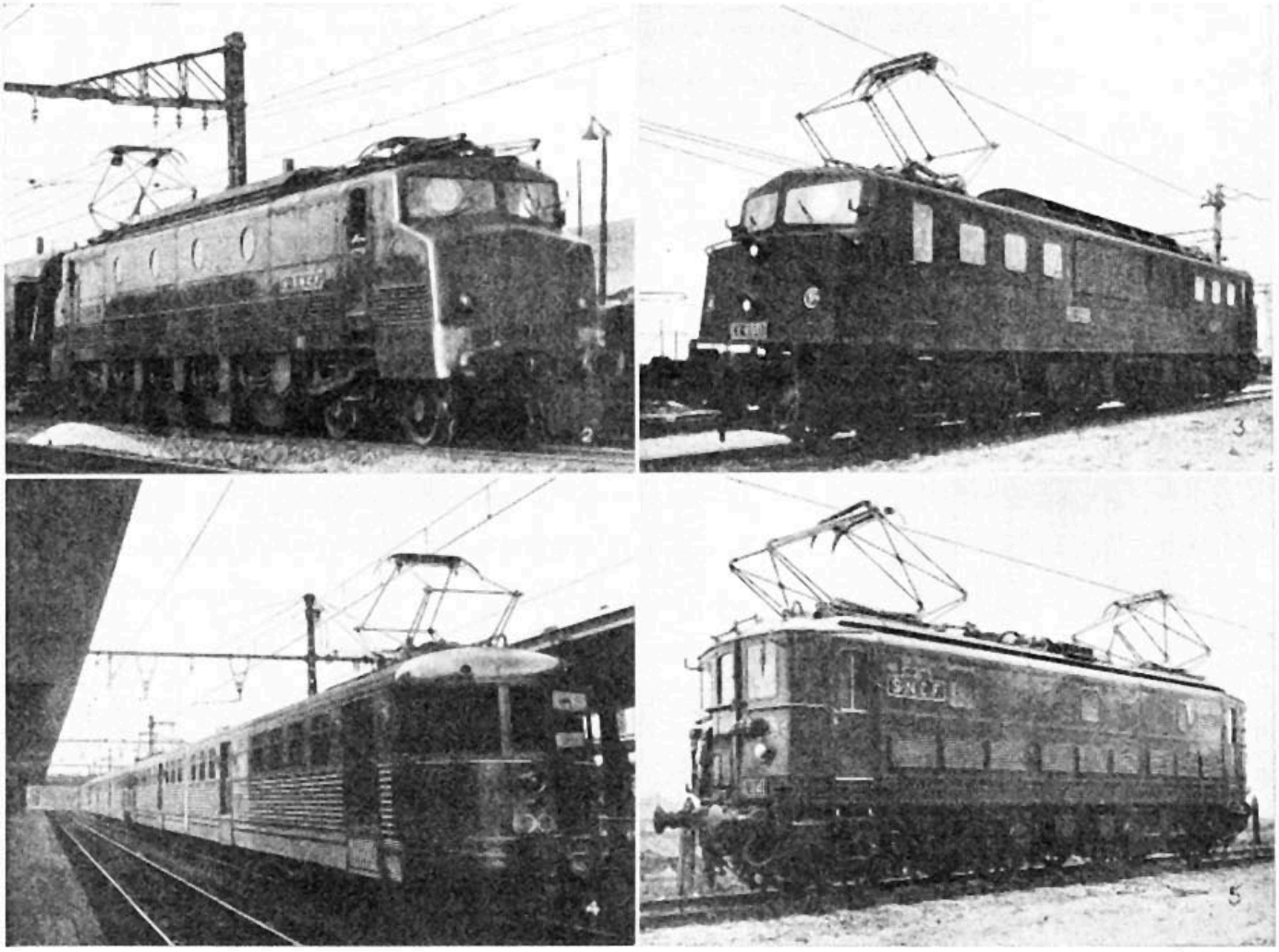


Fig. 2 à 5. — *Quelques locomotives électriques récentes :*

2. « 2-D-2 », équipant un train rapide de la région du Sud-Ouest. — **3.** « B.B. », pour trains de marchandises (Région du Sud-Ouest). — **4.** Train automoteur réversible de la ligne Paris-Le Mans. — **5.** « C.C. », mise en service en juillet 1947 dans la région du Sud-Ouest : 120 t ; 4 050 ch ; 105 km/h. Peut remorquer 1 200 t à 48 km/h.

(Photos S.N.C.F.).

par le service central de mouvement, effectuera le parcours Paris-Lyon en 4 h 34. Cette performance remarquable permettra d'envisager des relations encore plus rapides entre le Nord de la France, Paris et le littoral de la Méditerranée. L'énergie électrique utilisée sur Paris-Lyon proviendra de certaines centrales hydro-électriques de la S.N.C.F. et, en majeure partie, des installations gigantesques édifiées à Génissiat, à 7 km en aval de Bellegarde, aux confins mêmes des départements de l'Ain et de la Haute-Savoie, par la Compagnie nationale du Rhône.

D'ici peu de temps, Génissiat pourra aisément produire, en année moyenne, 1 550 millions de kW/h. L'économie de charbon qui en résultera atteindra 550 000 t par an. D'autres barrages sur le Rhône sont également prévus : à Seyssel, avec trois groupes de 15 000 kva (production annuelle de 175 millions de kW/h) ; à Sault-Brenaz, sur le Haut-Rhône, à 13 km d'Ambérieu, avec un équipement identique mais devant assurer une production de 210 millions de kW/h par an. Sans avoir l'importance de Génissiat, ces barrages fourniront cependant un apport appréciable. Par la suite, on aménagerait aussi le Rhône central en créant deux autres barrages entre le confluent de l'Isère et celui de l'Ardèche. Ces deux usines installées à Baix et à Montélimar totaliseraient 560 000 kva et produiraient ensemble 2 900 millions de kW/h.

A l'époque de la mise en service de la ligne électrifiée Paris-Lyon — vraisemblablement vers 1950 —, on aura des données techniques plus précises tant en ce qui concerne l'électrification de cette ligne que l'apport d'énergie nécessaire à son alimentation. L'énergie provenant alors du barrage de Génissiat transiterait, en premier lieu, sur le réseau général à 220 000 V et parviendrait ensuite à deux lignes de transport à 60 000 V construites uniquement pour la traction et suivant, sur l'ensemble de son parcours, le tracé de la ligne Paris-Lyon.

Le courant continu à 1 500 V qui sera indispensable à l'alimentation des lignes de contact — comme sur la plupart des autres grandes artères électrifiées — serait produit par 52 sous-stations spécialement équipées de redresseurs à vapeur de mercure de 4 000 kW.

L'électrification entre Lyon et Marseille portera sur les deux rives du Rhône (lignes de Valence-Avignon et du Teil-Nîmes). Sur la rive gauche, l'électrification s'étendra aux deux sections affluentes : Avignon-Cavaillon-Miramas (66 km) et Miramas-Port-de-Bouc-l'Estaque (60 km).

L'électrification de Lyon à Nîmes par la rive droite du Rhône

(ligne du Teil : 283 km) et celle de Nîmes à Tarascon (28 km) assureraient ainsi par voies ferrées électrifiées, la jonction des trois régions : Sud-Est, Méditerranée et Sud-Ouest.

Par étapes successives, la S.N.C.F. électrifiera la ligne de Mâcon à Bourg (37 km), Ambérieu et Culoz (120 km) où, d'une part, elle se raccordera à la ligne de Chambéry et Modane déjà électrifiée et, d'autre part, se prolongera jusqu'à Bellegarde et Genève (66 km de Culoz).

Afin de profiter au maximum de l'électrification, les trains rapides et express du groupe de lignes de la Savoie n'emprunteraient plus, à l'avenir, la ligne Dijon-Louhans-Bourg dont le profil est difficile.

En cette même région, il est prévu d'électrifier la ligne Lyon-Ambérieu (52 km).

La S.N.C.F. entend également équiper la ligne de Bordeaux à Montauban (206 km) afin de faciliter les relations rapides entre Bordeaux et Marseille (682 km) par Toulouse, Béziers, Sète et Tarascon.

Par la suite, on électrifierait aussi le littoral méditerranéen, entre Marseille et Nice (225 km) puis Vintimille (256 km) où la ligne S.N.C.F. se raccorde au réseau italien. Parallèlement à l'électrification de la ligne de Paris à Lyon, la banlieue Sud-Est de Paris sera équipée dans son ensemble. La ligne de Corbeil aura son terminus à la gare d'Orsay, les trains devant emprunter les voies de la région Sud-Ouest à partir de Juvisy.

C'est alors que par trains directs, Corbeil (31 km de Paris-Austerlitz) sera à 30 mn de cette gare et Melun (45 km), à 51 mn de Paris-Lyon. Après les résultats particulièrement satisfaisants obtenus sur la ligne de Sceaux — cédée au Métropolitain sauf pour la section de Massy-Palaiseau à Saint-Rémy-les-Chevreuse (15 km) —, la Compagnie du Métropolitain de Paris doit électrifier, dans les mêmes conditions, la ligne de Vincennes (Paris-Reuilly à Sucy-Bonneuil et Boissy-Saint-Léger : 20 km). La section Paris-Bastille à Reuilly (2 km) serait totalement abandonnée au profit de la Ville de Paris.

Au Sud de Paris, la Grande Ceinture mettra en relation directe les lignes des régions Ouest, Sud-Ouest et Sud-Est, qui se trouveront toutes électrifiées.

A l'Ouest de Paris, on électrifierait le tronçon d'Argenteuil à Conflans-Sainte-Honorine (15 km) en conservant la tension de 660 V de la ligne Paris-Argenteuil. En deuxième étape, on envisage également l'électrification de la banlieue Nord dont le trafic est particulièrement chargé. C'est d'ailleurs le plus important après celui de Paris-Saint-Lazare.

Le profil, assez difficile sur les lignes de la banlieue Nord, justifie pleinement l'électrification de celles-ci pour lesquelles la traction à vapeur ne permet plus d'assurer une desserte rapide et souple. On électrifierait successivement les lignes de Paris à Ermont-Eaubonne (14 km) et Pontoise (30 km); de Paris à Valmondois par Méry (28 km); de Pontoise à Valmondois (13 km).

Viendraient ensuite celles de Saint-Denis à Orry-la-Ville-Coye (29 km) et de Paris à Aulnay-sous-Bois (15 km) et à Mitry-Claye (28 km).

En résumé, le programme d'électrification de la S.N.C.F. comporte, en première étape, l'électrification de 2 000 km environ de lignes à trafic intense, ce qui permettra d'économiser 1 400 000 t de charbon, soit, annuellement quelque 700 t par kilomètre.

Actuellement, les usines hydro-électriques de la S.N.C.F. — avec une production annuelle de l'ordre de 740 millions de kW/h — fournissent déjà une part notable de la consommation globale des lignes électrifiées.

Pour réaliser le programme précité, 660 locomotives électriques seront nécessaires, mais l'emploi de ces machines évitera l'utilisation de 1 900 locomotives à vapeur. Une fois « Paris-Lyon » achevé, près de 40 pour 100 du trafic français (voyageurs et marchandises) sera ainsi remorqué électriquement. Pour un avenir plus lointain, on prévoit l'électrification en courant alternatif monophasé de lignes d'un trafic plus faible.

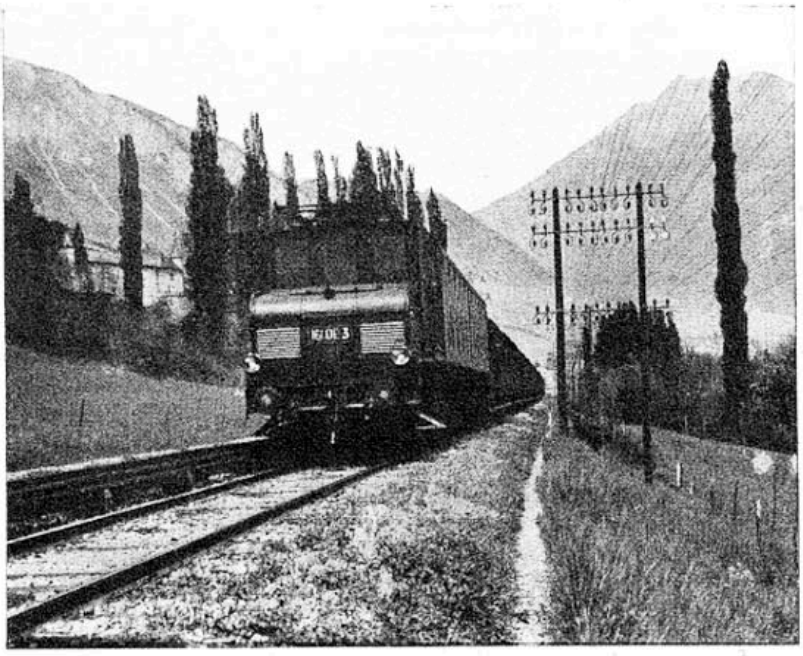
Au début du siècle, on construisait et électrifiait à l'aide d'un rail de contact les lignes P.-L.-M., de Saint-Gervais-Chamonix-Vallorcine, en Savoie (600 V) et Midi, de Villefranche-Vernet-les-Bains-Font-Romeu-Bourg-Madame, en Cerdagne (800 V). En Suisse, en 1906, la ligne internationale du Simplon était alimentée par courant alternatif triphasé et, en 1910, la ligne du Loëtschberg fut équipée à courant monophasé. En France, les lignes importantes sont équipées à courant continu à 1 500 V. Du courant alternatif fourni par les usines centrales et transporté à haute tension (150 000 ou 220 000 V) est « redressé » dans les sous-stations sous forme de courant continu. A l'heure actuelle, dans notre pays, 3 400 km de lignes électrifiées sont alimentées avec ce courant.

Par ailleurs, dans les milieux techniques, il est également fait allusion à toute une série de grands projets. Actuellement, nous n'en retiendrons que deux : celui de l'électrification de la grande artère de l'Ouest : Paris-Rouen (140 km)-Le Havre (228 km) et la reprise d'un projet de 1935 de l'ancienne Compagnie du Midi qui consistait à relier par une voie ferrée Saint-Flour, sur la ligne de Neussargues à Béziers, à Espalion, centre de tourisme de la vallée du Lot, et à Rodez.

Signalons aussi en ce qui concerne l'électrification de la ligne de Lyon à Marseille, et cela, d'après une information récente, que la ligne électrifiée serait appelée à se raccorder au futur réseau métropolitain de la ville de Marseille qui comprendrait notamment trois lignes interurbaines.

ANDRÉ GALLET.

Fig. 6. — *Un train électrique de la Région Sud-Est (ligne Chambéry-Modane) utilisant le rail de contact.*

Cette ligne, qui est équipée par caténaire, a conservé également le « troisième » rail.

(Cliché S.N.C.F.-Sud-Est).