

# TRACTION ÉLECTRIQUE

## L'électrification du Virginian Railway<sup>(1)</sup>

### I. — CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES. — SITUATIONS RESPECTIVES DES DIVERS PAYS EN MATIÈRE D'ÉLECTRIFICATION DES CHEMINS DE FER.

Contrairement à une opinion très répandue, les Etats-Unis d'Amérique ne sont pas le pays où l'électrification des chemins de fer lourds est la plus avancée. Voici, en effet, ce que déclarait M. F.-H. Shepard au Congrès tenu le 13 juin 1926, à Atlantic City :

« Dans le monde entier, on a construit jusqu'à ce jour 2.351 locomotives électriques de tous types; leur puissance totale s'élève à 4.259.148 CH; 1.446 d'entre elles fonctionnent sur courant alternatif et 905 sur courant continu, les puissances mises en jeu étant respectivement 2.780.692 et 1.478.456 CH; 465 locomotives, représentant 862.596 CH circulent sur les voies ferrées des Etats-Unis, mais l'Italie possède encore un plus

d'électrification les plus divers. En ce pays notamment l'on rencontre les seules applications importantes du « Split phase system », à savoir : distribution de courant monophasé à haute tension et transformation sur la machine du monophasé en triphasé pour l'alimentation des moteurs.

On réunit de la sorte les avantages provenant de la construction facile d'une ligne monophasée, de la robustesse des moteurs triphasés et de la possibilité d'obtenir un freinage avec récupération. Mais ce système, du reste très connu et souvent exige l'emploi de locomotives munies d'appareils rotatifs de transformation (phase couverter), encore fort délicats.

### III. — NORFOLK-WESTERN RWY ET VIRGINIAN RWY

En 1914, le « Norfolk et Western » adopta le premier le dis-

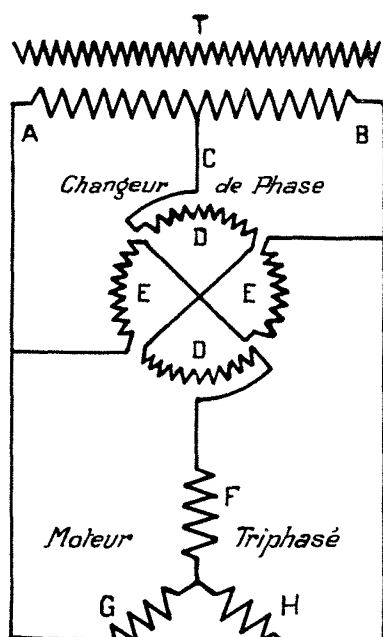


Fig. 1

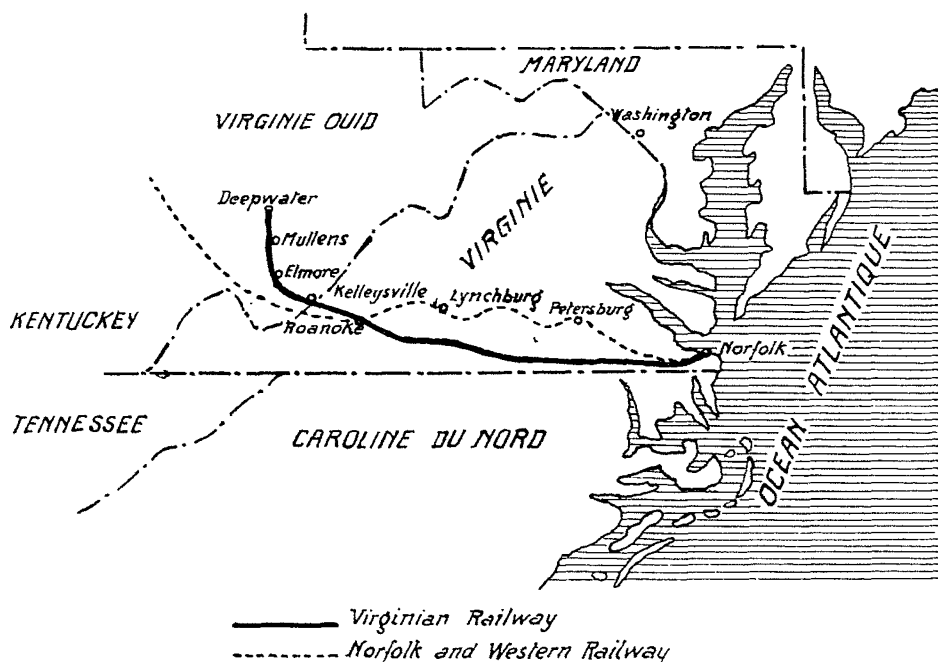


Fig. 2

grand nombre de ces machines. On y trouve, en effet, 504 locomotives représentant 1.209.736 CH. Aucun pays ne dispose d'une puissance supérieure : la France tient le troisième rang avec 336 locomotives (384.460 CH), puis l'Allemagne 304 locomotives, 518.841 CH et la Suisse, 214 locomotives et 384.152 CH. Dans les pays non mentionnés, on trouve moins de 150 locomotives électriques ».

### II. — LE MONOTRIPHASÉ OU « SPLIT PHASE SYSTEM » EN AMÉRIQUE

Par contre, c'est bien aux Etats-Unis qu'existent les systèmes

(1) D'après le *Bulletin* de l'Association des Ingénieurs sortis des Ecoles spéciales de Louvain (Revue Trimestrielle, décembre 1926). Il contient une belle étude à ce sujet de M. Pierre Wibaut, étude à laquelle nous empruntons beaucoup de détails qui vont suivre.

positif pour l'électrification du plan incliné d'Elkhorn; ce chemin de fer transporte jusqu'à Norfolk, sur l'Atlantique, une partie des énormes quantités de charbon extraites en Virginie et Virginie Occidentale, notamment dans le région de Pocahontas. En cet endroit, sur une distance de 43 kilomètres, on ne trouve pas moins de 86 mines dont la production fournit au Norfolk et Western 62 % de son chargement de charbon, chargement qui consiste journallement en 2.000 wagons de 100 tonnes.

Le transport de pareilles quantités de combustibles constitue un problème d'autant plus difficile à résoudre que la région charbonnière se trouve aux confins des Alleghany; le profil de la ligne est très accidenté jusqu'à Roanoke. A partir de cette ville, les pentes sont faibles et les convois peuvent atteindre facilement le pied de Norfolk; on procède, en cet endroit, au déchargement

des wagons en les basculant et en les vidant dans des silos capables de remplir en deux heures un cargo de 5.000 tonnes.

A la fin de la guerre, le « Virginian Railroad » rencontrait les mêmes difficultés que le « Norfolk et Western ».

Ce chemin de fer fut construit par Henry Rogers, de la « Standard Oil Company » ; les dimensions énormes de ses trains et le coût minimum de la tonne-kilomètre l'ont rendu célèbre. Les locomotives à vapeur les plus puissantes du monde entier tiraient les trains les plus lourds et transportaient chaque année 7.000.000 de tonnes de charbon.

Avec la vapeur, on ne pouvait faire davantage.

Trois locomotives Mallet (une en tête, deux en queue) déplaçaient des trains de 5.500 tonnes à la vitesse de 11 km. 5 à l'heure, sur les rampes représentées à la figure III.

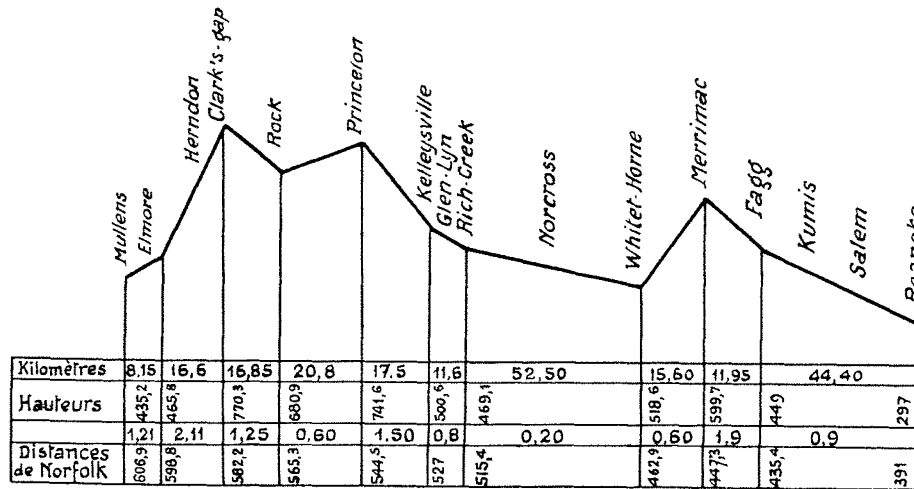


Fig. 3

Le « Virginian Railroad » part de Deepwater, en Virginie Orientale, où il fait sa jonction avec le « Chesapeake and Ohio Railroad ». De ce point, jusqu'à Norfolk, la ligne est à simple voie, sauf de Mullens à Clark's Gap.

Le parcours le plus difficile se trouvant entre Mullens et Roanoke, points distants de 215 km., fixe évidemment la capacité maximum de la ligne ; pour accroître la vitesse et le poids des trains en cette région accidentée, la Compagnie de Virginian décida, en 1923, l'électrification de ce tronçon.

Le « Split phase system » lui paraissant avoir donné entière satisfaction sur la ligne du Norfolk et Western, elle passa la commande de ce travail à la « Westinghouse Company », à Pittsburgh, pour une somme de 15.000.000 de dollars.

Nous dirons un mot de la centrale, du système de transmission, des locomotives adoptées et des résultats obtenus.

IV. — CENTRALE A VAPEUR DU VIRGINIAN RWY

La centrale à vapeur, placée le long du New-River, à Narrows (Virginie), comprend quatre turbo-alternateurs Westinghouse triphasés, à 25 périodes, alimentés par des chaudières au charbon pulvérisé. La puissance maximum monophasée est de 15.000 KW. pour chaque alternateur. Trois unités suffisent pour produire la puissance nécessaire ; la quatrième sert de réserve.

A l'extérieur de la centrale se trouvent les quatre transformateurs de 10.000 KVA refroidis par l'eau, élevant la tension de 11.000 à 88.000 volts.

V. — TRANSPORT D'ÉNERGIE

La figure IV donne une idée du dispositif employé sur le Virginian Railroad.

Deux lignes monophasées à 88.000 volts courent le long du tronçon électrifié, où l'on trouve sept stations de transformation, munies de transformateurs spéciaux à trois enroulements ; un des enroulements est relié sur circuit rail-trolley, entre lequel existe un potentiel de 11.000 volts, et l'autre, au circuit feeder-rail, où cette différence est de 22.000 volts ; la différence de potentiel entre le trolley et le feeder s'élève donc à 33.000 volts ; on a prévu les enroulements trolley-rail de tous les transformateurs pour obtenir 22.000 volts, si l'accroissement du trafic réclamait un potentiel plus élevé du fil de trolley.

Entre les sous-stations principales se trouvent des stations

d'équilibrage, avec auto-transformateurs reliant le trolley et le feeder ; le feeder constitue donc une ligne de transmission auxiliaire.

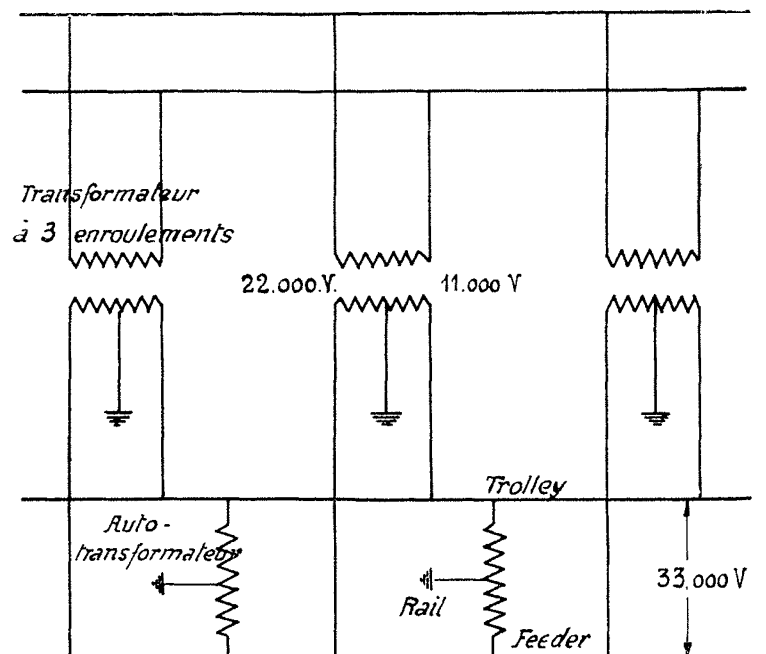


Fig. 4

VI. — LOCOMOTIVES

Elles sont analogues à celles circulant sur le Norfolk et Western, mais comprennent trois unités motrices au lieu de deux ;

nous donnons ci-dessous les caractéristiques principales de ces machines.

SPÉCIFICATION D'UNE UNITÉ DE LOCOMOTIVE POUR LA  
VIRGINIAN RWY

- Poids total d'une unité : 192.000 kg.
- Classification des roues : 2 - 8 - 2.
- Poids sur les essieux moteurs : 140.000 kg.
- Nombre d'essieux moteurs : 4.
- Nombre de bissels : 2.
- Capacité pendant une heure : 2.058 ch. à 22,68 km./h. ; 2.408 ch. à 45,53 km./h.
- Effort de traction pour une adhérence de 25% : 35.000 kg.
- Effort maximum pour le démarrage pour une adhérence de 29,9 % : 41.800 kg.
- Effort de traction pendant une heure : 24.500 kg. à 22,68 km./h. ; 14.300 kg. à 45,53 km./h.
- Vitesse pour une heure : 22,68 et 45,53 km./h.
- Effort de traction continu : 20.500 kg. à 22,84 km./h. ; 11.900 kg. à 45,69 km./h.
- Vitesse régime continu : 22,84 et 45,69 km./h.
- Vitesse maximum : 61,14 km./h.
- Empattement total : 11<sup>m</sup>430.
- Empattement rigide : 5<sup>m</sup>029.
- Longueur totale (entre les faces extérieures des attelages automatiques) : 15<sup>m</sup>469.
- Largeur totale : 3<sup>m</sup>373.
- Hauteur du rail à la position verrouillée du pantographe : 4<sup>m</sup>877.
- Diamètre des roues motrices : 1.575.
- Diamètre des roues porteuses : 0,6604.
- Tension et type de ligne : 11.000 et 22.000 volts mono-phasé-aérien.
- Nombre et type de moteurs : 2. Type 452-A.
- Méthode d'entraînement : Engrenages flexibles, faux-essieux et bielles.
- Rapport des engrenages : 21-100.
- Type de contrôle : Electro-pneumatique.

Le transformateur principal, monophasé de 2.350 KVA à bain d'huile et refroidissement forcé, abaisse le potentiel de 10.500 à 1.500 volts. Les enroulements du primaire, connectés en parallèle, le seront en série lorsqu'on désirera porter la ten-

sion de la ligne à 22.000 volts. Le changeur de phases, dont on connaît le principe, est protégé par plusieurs relais et verrouillages empêchant de le mettre sous tension avant que le rotor n'atteigne la vitesse du synchronisme.

Pour une modification de nombre de pôles, on peut réaliser les vitesses de 22,68 et 45,53 kilomètres à l'heure. On obtient une variation de ces vitesses dans certaines limites par emploi de résistances liquides.

Eventuellement, quatre unités, au lieu de trois, pourraient être accouplées

VII. — RÉSULTATS OBTENUS EN EXPLOITATION

A Elmore Yard se trouve la gare de formation des trains de marchandises de 6.000 tonnes. Ces trains gravissent, en 58 minutes, à la vitesse de 22 km. 84 à l'heure, les rampes de 2 % d'Elmore à Clarks'Gap, grâce à l'effort d'une locomotive formée de trois éléments, placée en tête du train, et d'une locomotive semblable placée en queue. A Clarks'Gap, on forme des trains de 9.000 tonnes ; une seule machine électrique les traîne de là jusqu'à Roanoke. On obtient une légère récupération de courant sur la descente de Clarks'Gap à Rock et une récupération importante de Princeton à Kelleyseille. Cette descente de 17 km. 7 de longueur et d'une inclinaison moyenne de 1,26% constituait autrefois un grave problème de freinage. Grâce au freinage récupérateur, on peut actuellement la descendre en 44 minutes sans faire usage des freins à air, à une vitesse légèrement supérieure à celle du synchronisme. La puissance renvoyée dans la ligne est utilisée par les trains franchissant la rampe. Il en résulte une économie notable de courant ; une autre économie plus importante encore provient de l'usure considérablement réduite des sabots et timonneries de frein.

A partir de Rich Creek, le reste du trajet s'effectue entièrement à la vitesse de 45 km. 69 à l'heure.

Le trafic de l'Est à l'Ouest consiste presque exclusivement dans le transport des wagons vides.

Le train habituel pèse 2.800 tonnes et une seule locomotive suffit pour tout le trajet.

Pour donner une idée de l'accroissement du débit de la ligne réalisée avec les locomotives électriques, disons que deux locomotives électriques suffisent pour assurer la montée de la rampe d'Elmore à Clarks'Gap, 22 km. 8 à l'heure, ce qui nécessitait autrefois trois locomotives de Mallet I-E-E-I, qui ne réussissaient à la franchir qu'à la vitesse de 11 km. 5 à l'heure.