Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 101 (1975)
Heft: 23: Le chemin de fer

Artikel: Problèmes d'alimentation en énergie et de captage du courant
Autor: Kallenbach, Jean-Pierre
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-72593

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 13.07.2025

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

Problèmes d'alimentation en énergie et de captage du courant

par JEAN-PIERRE KALLENBACH, Lausanne

1. Historique de l'électrification des CFF

Le début de l'électrification des chemins de fer date des années quatre-vingts du siècle passé. Aussi bien à l'étranger qu'en Suisse, les connaissances techniques dans le domaine de la traction étaient limitées. Les machines étaient alimentées en courant continu et la plus haute tension utilisée était de l'ordre de 650 V. De ce fait, la rentabilité d'un chemin de fer électrique n'était assurée que sur les parcours à faible distance avec une traction pour des tonnages ridiculement bas. En 1899, la mise en service du trajet électrifié de Berthoud à Thoune put être considéré comme événement historique. En effet, il s'agit là du premier tronçon à traction entièrement électrifiée en Europe. Le tronçon comportait 40 km de voie à écartement normal. L'alimentation des motrices était fournie sous forme de courant alternatif de 750 V à 40 Hz. Différentes personnalités du monde politique ainsi que d'éminents industriels et ingénieurs s'employèrent à convaincre nos autorités ainsi que les CFF d'électrifier le réseau national des chemins de fer.

Mais nous pouvons admettre que l'impulsion la plus marquante pour lancer ce projet provient de l'association suisse des électriciens. En 1901, l'association suisse des électriciens, réunie en assemblée générale à Montreux, sous la présidence de E. Tissot, proposa la création d'une « Commission d'étude suisse pour l'électrification de l'exploitation du chemin de fer ». Il convient de rappeler qu'à cette époque le problème de l'électrification du chemin de fer alimenta de nombreux débats publics où les passions s'enflammèrent. Ces disputes dépassèrent, dans leur ampleur, ce que nous connaissons de nos jours lorsqu'il s'agit de débattre de l'utilisation de l'énergie atomique. La traction à la vapeur rendait le trafic ferroviaire en Suisse dépendant du marché du charbon étranger. Le peuple suisse devait en faire l'amère expérience, puisque cinq fois avant et après la première guerre mondiale les CFF se virent dans l'obligation de limiter de manière draconienne le trafic, par manque de charbon.

D'autre part, un projet aussi gigantesque que l'électrification du réseau CFF était une occasion espérée de créer de nouveaux emplois, tant dans l'administration que dans l'industrie de l'électrotechnique. En Suisse et à l'étranger, le système électrique qui devait être utilisé fit l'objet de nombreux débats entre spécialistes.

Entre-temps, l'industrie des machines électriques avait fait des progrès considérables. En particulier, la fabrique de machines à Oerlikon (MFO) avait développé un moteur alimenté en courant alternatif monophasé. En novembre 1905, un prototype de locomotive équipé de deux moteurs à courant alternatif fut soumis à divers essais. Il était équipé de deux moteurs à 250 CV, pesait 42 t et devait tracter des convois à la vitesse maximale de 60 km/h (fig. 42). Des tronçons expérimentaux furent construits. Entre Seebach et Wettingen, MFO exploitait une ligne alimentée en courant monophasé de 50 Hz et 15 000 V. Dans le tunnel du Simplon, entre Brigue et Iselle, la firme Brown-Boveri SA de Baden exploitait une ligne alimentée en courant triphasé de 15 Hz et 3300 V. Finalement, en mai 1912, le Dr h.c. E. Huber-Stockar remit un rapport à la Direction générale des CFF. La conclusion de ce rapport mérite d'être citée :

« *L'exploitation électrique du chemin de fer est fiable sur le plan technique et peut donner toute satisfaction.*

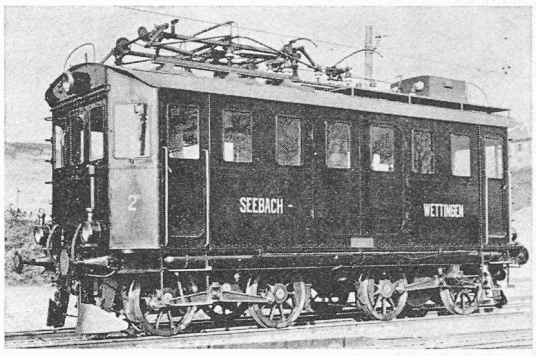


Fig. 42. — Prototype de locomotive pour l'expérimentation de la traction à courant alternatif haute tension.

Pour les conditions qui sont celles des chemins de fer fédéraux, en tenant compte particulièrement du trajet du Saint-Gothard, le meilleur système d'exploitation est un système de courant alternatif monophasé, ayant une fréquence d'environ 15 Hz et une tension du fil de contact d'environ 15 000 V. Dans la mesure du possible, le courant devra être fourni directement par une usine électrique alimentée par l'eau d'un bassin d'accumulation.

Les projets, calculés pour ce genre d'exploitation électrique sur la ligne du Saint-Gothard, démontrent que, pour un trafic tel qu'il sera réalisé lors de la mise en service de l'électrification, en tenant compte du prix actuel du charbon et en admettant des vitesses beaucoup plus élevées, le coût de l'exploitation sera sensiblement plus faible que le coût de l'exploitation à la vapeur. A cela s'ajoute l'absence de fumée et la possibilité d'une meilleure exploitation des installations des CFF ».

La situation des lignes électrifiées en Suisse, en fin 1913, est représentée par le tableau I.

TABLEAU I

Lignes électrifiées en Suisse en 1913

Genre de courant et tension du fil de contact	CFF	Chemin de fer privé		Total	
	km	Nombre	km	Nombre	km
C 540-1000 V		40	657	40	657
C 1000-1500 V		5	84	5	84
M 5000-15000 V 15-25 Hz		5	240	5	240
T 750-3300 V 16-40 Hz	22	2	64	3	86
Total	22	52	1045	53	1067

C = courant continu
M = courant monophasé
T = courant triphasé

En 1918 fut établi un programme prévoyant l'électrification complète des CFF en 30 ans. L'année suivante, le conseiller aux Etats O. Wettstein intervint au Parlement en proposant d'abaisser le temps prévu pour l'électrification des CFF à 15 ans, même 10 ans. Finalement, en 1923, les Chambres votèrent un crédit de 760 millions de francs pour réaliser le programme dit accéléré de l'électrification des CFF. Cette décision permit aux industries suisses des machines et des appareillages électriques de réaliser

d'excellentes performances. Leur réputation au plan international en fut consolidée. Depuis, l'électrification a fait des progrès reconnus par l'ensemble de la population du pays et personne ne met en doute que ce fut une sage décision de notre Parlement.

2. Consommation et production d'énergie en 1975

Actuellement l'énergie journalière nécessaire aux CFF est de l'ordre de 3,65 millions de kWh. Ce besoin varie au cours des heures de la journée en fonction du trafic. La charge journalière du réseau CFF est représentée dans la figure 43. La consommation d'énergie varie également suivant la composition des trains et suivant la topographie des trajets. Pour une consommation journalière de 100 %, la répartition par catégories est donnée par le tableau II.

TABLEAU II : Répartition de la consommation d'énergie :

Trains directs circulant sur le plateau	11 %
Trains directs circulant sur la ligne du Gothard	15 %
Trains voyageurs normaux	19 %
Trains de marchandises en transit sur le plateau	9 %
Trains de marchandises en transit sur la ligne du Gothard	30 %
Trains de marchandises ordinaires	16 %
Total	100 %

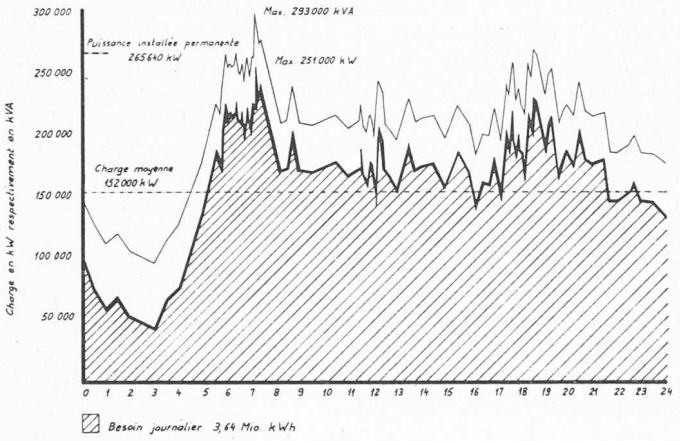


Fig. 43. — Charge journalière du réseau CFF.

Cette importante consommation d'énergie est à l'origine de la construction des usines électriques, des lignes de transport d'énergie et des sous-stations. La figure 44 représente la répartition géographique de ces installations. Dans l'organisation des CFF, la division des usines exploite les usines propriétés des CFF, ainsi que les sous-stations avec groupes de convertisseurs de fréquence.

Le fait que le réseau CFF soit alimenté par du courant de fréquence 16 $^2/_3$ Hz monophasé alors que la fréquence du réseau industriel est de 50 Hz en courant triphasé complique le problème de l'échange d'énergie entre le réseau électrique des CFF et celui des compagnies privées.

Cette situation impose la construction de nouveaux groupes convertisseurs tels ceux de Chiètres et Seebach. L'exploitation des usines en communauté est une servitude supplémentaire pour les CFF. Les problèmes techniques qui en résultent ne peuvent être résolus qu'avec le concours de l'industrie. A titre d'exemple nous citerons la mise en service de l'usine de Chiètres. La figure 45 représente le montage d'un générateur installé en cet endroit.

Les CFF utilisent également de l'énergie produite par la centrale thermique de Vouvry. Dans ce cas, l'énergie est transportée par le réseau industriel de 220 kV jusqu'aux groupes convertisseurs de Rupperswil.

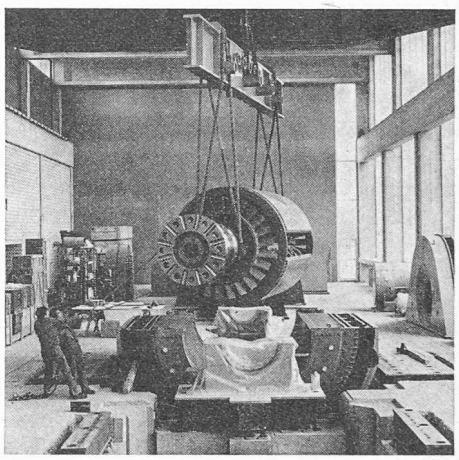


Fig. 45. — Montage d'un générateur à l'usine de Chiètres.

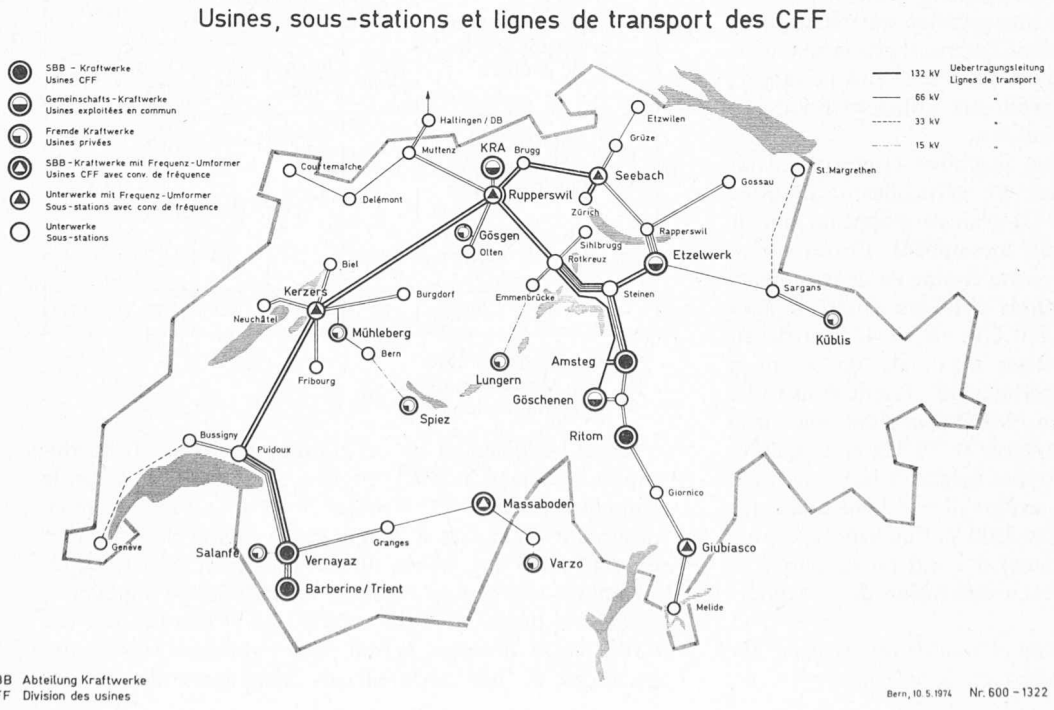


Fig. 44. — Installations de production et de distribution d'énergie électrique.

La première installation de convertisseurs de fréquence 50 Hz en 16 $^2/_3$ Hz fut mise en service le 1er janvier 1932 à Seebach ; elle fournissait une puissance de 8600 kVA. Les possibilités d'échange d'énergie avec les pays étrangers dépendent du système électrique utilisé par nos quatre pays limitrophes. Les chemins de fer de la République fédérale allemande ainsi que ceux de l'Autriche utilisent le même système que la Suisse. En France et en Italie, les systèmes d'alimentation sont différents. Il s'agit soit de courant continu à 1500 V, soit de courant monophasé à 50 Hz ou encore de courant continu à 3000 V. Dans ces derniers cas, un échange d'énergie n'entre pas en considération pour des raisons techniques. Dans le cas de l'Autriche, le seul moyen de transport est constitué par la ligne de contact. Pour de grandes quantités d'énergie, la tension de 15 000 V, ainsi que la section des fils sont trop faibles. Dans le cas des chemins de fer de la RFA, les CFF livrent de l'énergie en période de fonte des neiges et achètent du courant des centrales thermiques de la RFA durant la période d'hiver.

Dans certains cas particuliers, les CFF disposent de locomotives utilisant deux types de courant. Cette situation se trouve sur le trajet Bâle - Strasbourg où les locomotives de la SNCF utilisent du courant 50 Hz. Pour le trajet Genève - La Plaine, l'énergie électrique est distribuée sous forme de courant continu à 1500 V. La sous-station de Vieux-Bureau redresse le courant industriel 50 Hz, 18 000 V. Cette sous-station travaille en parallèle avec la sous-station de Longeray de la SNCF.

Dans le cas général, l'énergie livrée par les usines subit diverses transformations avant d'être transmise par les lignes de contact. Les locomotives captent l'énergie nécessaire au moyen du pantographe appliqué avec une force de 7 à 8 kg sur la ligne de contact. Celle-ci fournit alors un courant monophasé sous tension de 15 000 V et à la fréquence de 16 $^2/_3$ périodes à la seconde. Le transport de l'énergie électrique sous forme de courant monophasé exige deux conducteurs constitués d'une part par la ligne de contact et, d'autre part, par les rails et la terre.

3. Transport et transformation de l'énergie

L'ordonnance fédérale du 7 juillet 1933 règle l'établissement, l'exploitation et l'entretien des installations électriques des chemins de fer. L'énergie électrique créée dans les usines doit être transportée jusqu'aux sous-stations, où elle sera transformée et transmise, sous la forme décrite précédemment, à la ligne de contact. La nature des pertes d'énergie lors du transport peut être divisée en trois catégories principales :

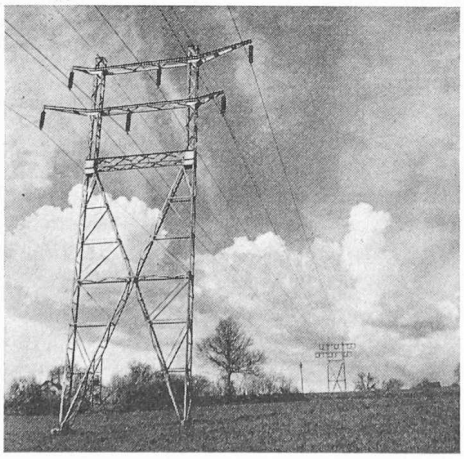


Fig. 46. — Ligne de transport à haute tension.

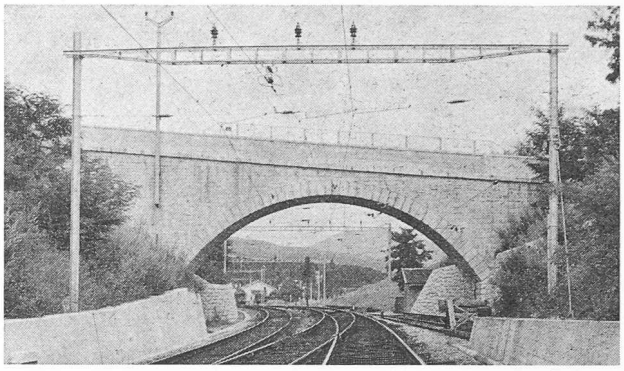


Fig. 48. — Portique supportant la ligne de contact.

— pertes par rayonnement électromagnétique ;
— pertes par effet de Joule dans les fils ;
— pertes dans les isolants.

Dans le but de limiter la grande part des pertes due à l'effet de Joule, le transport s'effectue par des lignes à haute tension. Le fait que le courant soit monophasé donne des tensions particulières pour les lignes de transport, à savoir 132 kV, 66 kV ou 33 kV. Le réseau des lignes de transport des CFF est en constant développement. La situation du réseau des lignes de transport CFF en début 1975 est représentée par la figure 44. L'exploitation et l'entretien des lignes sont souvent ardus, surtout lorsque l'hiver amène de fortes chutes de neige (fig. 46 et 47). Au total, 28 sous-stations et postes transformateurs sont exploités 24 heures par jour et durant toute l'année pour satisfaire à nos besoins. En Suisse romande, il convient de citer les importants travaux en cours à la sous-station de Puidoux-Chexbres. La figure 48 [1] représente une installation type de sous-station à l'air libre.

Pour la fourniture de l'énergie électrique, un trajet de ligne de chemin de fer doit être séparé en sections indépendantes. Cela est une exigence pour assurer la sécurité de l'exploitation. Le voyageur partant de Genève à destination de Lausanne ne conçoit pas que le trafic soit interrompu par suite d'une perturbation du système d'alimentation électrique dans la gare de triage de Denges. Aux signaux d'entrée des gares, les lignes de contact des gares et de la pleine voie sont électriquement sectionnées et reliées à une barre collectrice par des lignes détournées et des interrupteurs de section. Les lignes de contact des voies de la gare sont de même connectées à ces barres collectrices par un ou plusieurs interrupteurs de section. Les interrupteurs

[1] Voir planche hors-texte en couleur au centre de ce numéro.

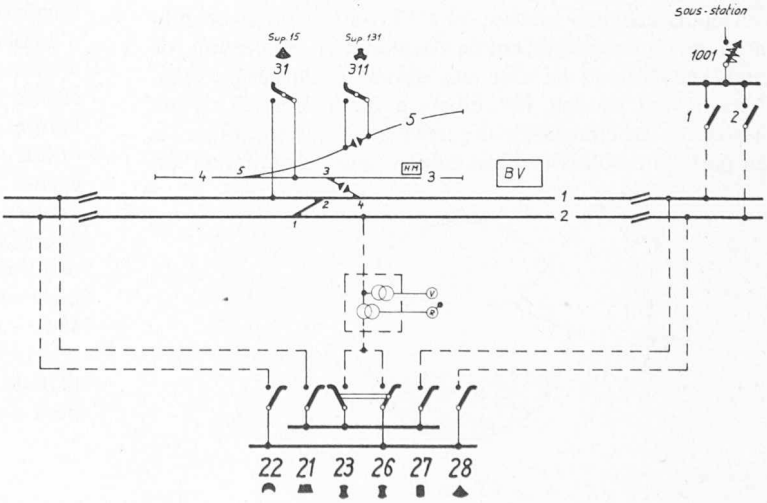


Fig. 47. — Schéma type d'une alimentation de gare.

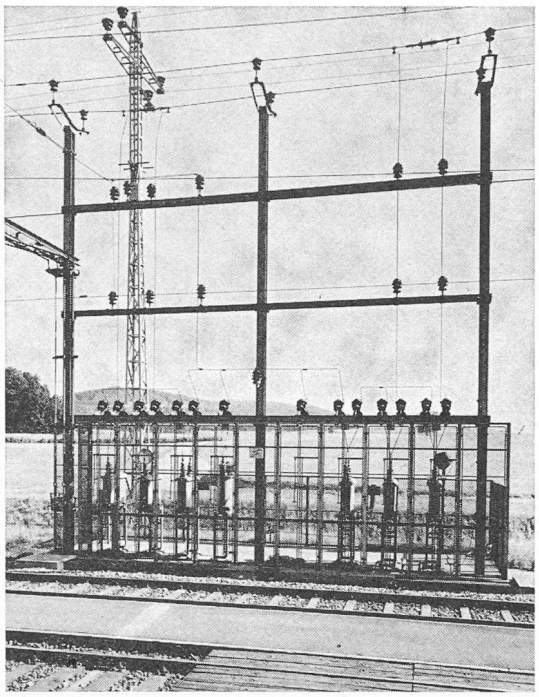


Fig. 49. — Poste de distribution d'un type ancien.

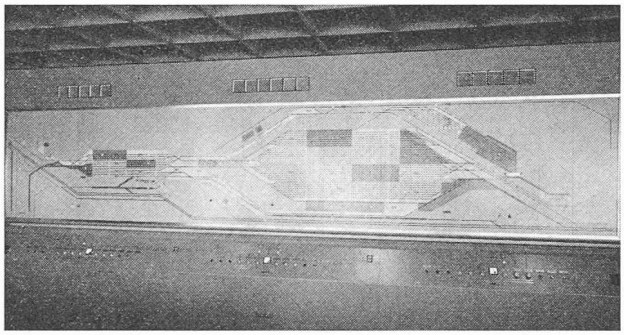
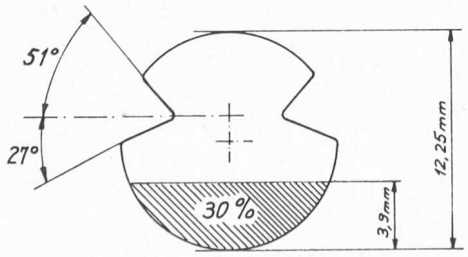


Fig. 50. — Poste de commande du centre de distribution de Bussigny.

de section ainsi réunis sont désignés sous le nom de poste de distribution. Ce schéma type est représenté par la figure 48. Grâce à toutes ces dispositions, en cas de réparation ou de revision, il est possible de déclencher les lignes de gare ou de pleine voie sans interrompre la circulation sur les autres sections. Les anciens postes de distribution sont montés sur bâtis métalliques et entourés d'une protection (fig. 49). Les postes modernes sont installés dans un bâtiment ou une cabine spéciale.

Depuis quelques années, les CFF ont introduit un programme de rationalisation de l'exploitation. De ce fait, de nombreuses gares ne sont plus desservies en permanence. L'agent qui vendait des billets a été remplacé par un automate. La commande des installations de sécurité a été en partie automatisée. Il est évident que l'exploitation des



107 mm²

Fig. 51. — Section du fil de contact.

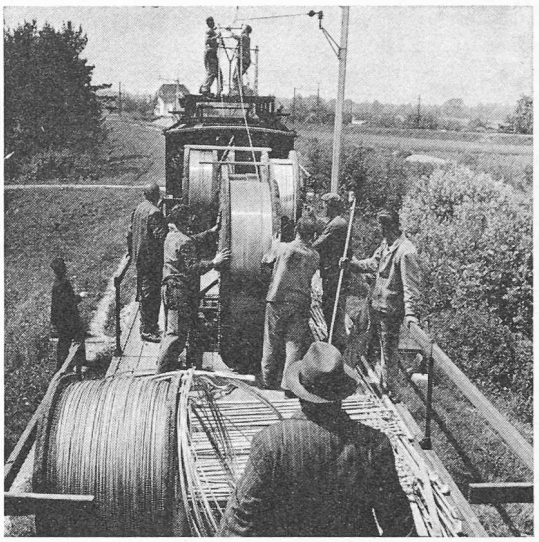


Fig. 52. — Remplacement d'une ligne de contact.

lignes de contact devait suivre le même chemin. A défaut du commis de gare qui pouvait enclencher et déclencher des interrupteurs en cas de perturbation, il a fallu introduire un système sophistiqué de télécommande des postes de distribution. Dans ce domaine, les travaux réalisés en Suisse romande font que le 1er arrondissement CFF se situe à la pointe du progrès avec le centre de Bussigny (fig. 50).

Les lignes de contact sont soumises à l'usure du frottement des pantographes et aux intempéries. L'usure du fil de cuivre est énorme. Dès que l'usure dépasse 30 % de la section, le fil de contact doit être échangé (fig. 51). Ces renouvellements, ainsi que l'exploitation des sous-stations occupent en permanence plus de 600 personnes en Suisse (fig. 52). Le budget d'exploitation des lignes de contact pour l'ensemble du réseau CFF est de l'ordre de 18 millions de francs.

4. Problèmes spécifiques du captage du courant par les motrices. Vitesse maximale en plan caténaire.

En pleine charge, la locomotive reçoit par le fil de contact et le pantographe une puissance de plusieurs milliers de kilowatts. Il est indispensable qu'un bon contact électrique soit réalisé entre le fil et le pantographe. En se déplaçant, le pantographe qui capte le courant déforme la ligne de contact dans la zone de captage et l'onde de déformation se propage dans la caténaire. Si la vitesse du pantographe devient égale à celle de la propagation de l'onde ou la dépasse, la ligne de contact prend les propriétés d'un fil rigide ; dans ces conditions, des efforts considérables apparaissent entre le pantographe et le fil de contact. Ces efforts peuvent conduire à la destruction de l'un ou de l'autre. C'est pourquoi la vitesse V_p de propagation de l'onde de déformation de la caténaire, quand elle est excitée par le pantographe en mouvement, constitue la vitesse maximale possible pour laquelle un captage de courant normal peut être réalisé. Cette vitesse réduite d'à peu près 20 % doit être considérée comme la vitesse maximale admissible V_{max} de circulation de trains électriques sous caténaires. La théorie générale permet un calcul relativement précis de V_{max}. Si $\alpha = \alpha\ (x, y, z, t)$ représente la perturbation ondulatoire, la forme générale de l'équation pour une onde non amortie est connue :

$$\boxed{\frac{\partial^2 \alpha}{\partial t^2} = v^2\ \Delta\alpha}$$

v est la vitesse de propagation de l'onde et $\Delta\alpha$ est le laplacien de la fonction $\alpha\ (x, y, z, t)$.

Pour simplifier le calcul, nous limitons nos considérations aux ondes se déplaçant dans un plan vertical situé dans l'axe de la voie. Une bonne approximation de l'équation d'onde donne

$$V_p = 3{,}6 \sqrt[2]{\frac{F}{m}}$$

Où V_p (km/h)

F (kg) = force totale appliquée à la caténaire pour la tension.

m (kg m^{-1} sec^2 m^{-1}) = masse par mètre de caténaire.

On remarque que V_p est surtout influencée par la force de tension totale des conducteurs constituant la caténaire.

Ainsi, par exemple, pour la caténaire simple utilisée sur les chemins de fer français et qui consiste en un câble porteur en bronze de 65 mm^2 et un fil de contact en cuivre de 107 mm^2, avec une force de tension totale de 2000 kg et une masse par mètre de 1,6 kg, la vitesse V_p est de 399 km/h et V_{max} sera de 319 km/h. Cet exemple montre que les caténaires existantes pourraient assurer un captage de courant jusqu'à des vitesses de 320 km/h du point de vue de la vitesse de propagation de l'onde de déformation du fil de contact.

Cependant, les systèmes de captage de courant à grande vitesse doivent être économiques, avec des coûts les plus faibles possible pour l'équipement de caténaires et les pantographes. De plus, le niveau d'interférence radio doit rester acceptable dans la gamme de vitesse considérée.

Le problème essentiel à résoudre pour un bon captage de courant à grande vitesse est celui posé par la durée de service des fils de contact et des bandes d'usure des pantographes. Cela dépend à la fois des paramètres de la caténaire et des pantographes, et de la façon dont ils sont accordés entre eux. Il serait absolument erroné de vouloir les considérer séparément.

Qualité du captage

La qualité du captage est caractérisée par le coefficient de variation relative de la pression (dans une portée), par le coefficient « d'irrégularité » de la pression de contact, le coefficient de raté de contact entre archet et fil, le coefficient de qualité électrique du contact et l'amplitude des déplacements verticaux de l'archet dans une portée.

Le meilleur coefficient pour prédire la qualité d'un captage est celui de la variation relative de la pression de contact n,

$$n = \pm \frac{P_d}{P_s + P_a}$$

Le coefficient n montre l'accroissement (+) ou la diminution (−) de la pression constante pour un pantographe et une vitesse donnés.

P_d = pression dynamique des pantographes

P_s = pression statique des pantographes

P_a = pression due aux effets aérodynamiques

La valeur de ce coefficient est à déterminer par des essais. Plus ce coefficient est faible, plus la stabilité est élevée.

Pour que la pression de contact demeure stable, il est nécessaire que la caténaire présente une élasticité uniforme et une masse constante tout au long de la portée. Le système caténaire simple est représenté schématiquement ci-dessus (fig. 53). L'élasticité dans une portée, à une distance x

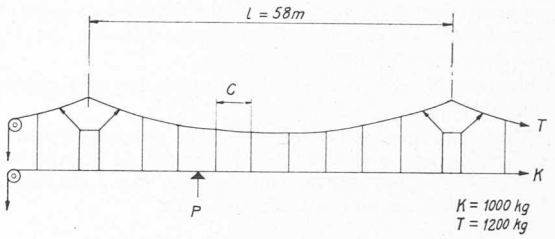


Fig. 53. — Système caténaire.

d'un support est de façon générale déterminée par l'expression :

$$n_x = \frac{\Delta h_x}{P} = \frac{x\,(l-x)}{l\,(T+k)} + \frac{x_0 T\,(C-x_0)}{CK\,(T+k)}$$

où

Δh_x = soulèvement vertical du fil de contact au point d'application de la force P à une distance x d'un support.

l = longueur de la portée.

C = espacement des pendules.

x_0 = distance entre le pendule chargé et le point du fil de contact où est appliquée la force P.

T = force de tension du câble porteur.

k = force de tension du fil de contact.

La caténaire ne doit pas présenter de diminution brutale d'élasticité en quelque point que ce soit, ni de concentration de masses dans le fil de contact, c'est-à-dire de « points durs ». La masse du pantographe qui agit dynamiquement sur le fil de contact doit être faible et le pantographe doit avoir une bonne caractéristique amplitude-fréquence. On ne doit pas permettre de coïncidence entre la fréquence propre d'oscillation du pantographe et celle du véhicule qui le supporte.

En passant d'une portée à l'autre, l'effort produit par le pantographe avec une fréquence f_p agit sur la caténaire. Sous cette action, les conducteurs de la caténaire oscillent verticalement. A faible vitesse, f_p est considérablement plus petit que la fréquence propre d'oscillation f_0 de la caténaire. Sur la base de ces données, il est possible de calculer la vitesse critique à laquelle apparaît le phénomène de résonance.

Pour une caténaire simple avec Y, ayant un câble porteur en bronze de section 65 mm^2 et un fil de contact de 107 mm^2 sous une force de tension totale de 2000 kg, la vitesse critique se situe à 185 km/h.

La caractéristique amplitude-fréquence pour un pantographe de masse dynamique donnée peut être déterminée.

Toutes ces données montrent à quel point la qualité d'une ligne de contact est dépendante du travail de réglage. Plus que le calcul, l'expérience des électriciens responsables de l'installation d'une ligne de contact peut être déterminante pour faire disparaître des points singuliers. Pour des vitesses allant jusqu'à 160 km/h, nous pouvons résumer les critères nécessaires pour un bon captage de la manière suivante :

— masse dynamique du pantographe inférieure à 3,3 kg/sec^2 m^{-1} ;

— en cas de double traction, usage d'amortisseurs hydrauliques ;

— déclivité maximale des fils de contact dans les portées à l'approche des structures fixes inférieures à 0,0025 ;

— flèche préalable du fil de contact égale à 1/1000 de la longueur de la section de la portée susceptible de présenter une flèche ;

— augmentation de la tension dans les lignes de support des équipements de croisement caténaires dans les gares jusqu'aux valeurs maximales permises ;
— zigzag des fils de contact jusqu'au maximum de l'amplitude possible ;
— les bras de rappel et les antibalançants doivent être du type à charnière et permettre un soulèvement de 30 mm du fil de contact au passage du pantographe. Les antibalançants doivent être suspendus au câble porteur.

5. Perspectives d'avenir

Les études en cours tiennent compte d'une augmentation considérable des vitesses, ainsi que du tonnage des trains.

Les besoins en énergie électrique tendront à augmenter. Le problème du captage du courant pour des vitesses de 160 km/h à 200 km/h est résolu. Ces vitesses sont pratiquées dans différents pays d'Europe. Dans notre pays, les difficultés apparaîtront lorsque les voies à grandes vitesses passent par des points obligés tels que tunnels ou ponts. En de tels endroits, la construction de caténaires oblige souvent à avoir recours à des artifices coûteux.

Nous restons pleinement confiants dans les possibilités d'avenir et mesurons avec satisfaction le chemin réalisé.

Adresse de l'auteur :
Jean-Pierre Kallenbach, ing. dipl.
Division des Travaux CFF I
1000 Lausanne

La télécommande et le télécontrôle des installations de sécurité ferroviaires

par ANDRÉ AMMETER, Lausanne

1. Introduction

Un réseau ferroviaire moderne ne saurait être exploité rationnellement qu'à condition d'être équipé d'installations de signalisation adaptées aux performances exigées par l'augmentation continue de la capacité des lignes et des gares et par celle de la vitesse des trains. Ces installations doivent assurer la sécurité des circulations tout en présentant un très haut degré de fiabilité. Cette dernière condition devient de plus en plus importante, car tout dérangement résultant d'une défaillance technique des installations de sécurité entraîne une réduction de la productivité de l'appareil de transport et introduit un facteur d'insécurité dû à la possibilité d'une défaillance humaine dans les mesures qui doivent être nécessairement prises par les agents appelés à suppléer aux appareils en dérangement.

On désigne sous le nom d'installations de signalisation et de sécurité un ensemble d'appareils qui, par les liaisons ou dépendances qu'il établit entre les voies, les appareils de voie (aiguillages) et les signaux les protégeant, commande la circulation des trains et assure leur sécurité en quelque endroit qu'ils se déplacent ou stationnent. On distingue encore les installations d'enclenchement liées aux gares et celles de block liées aux voies (uniques ou multiples) reliant les gares entre elles. Le développement des techniques modernes permet de centraliser la commande de ces installations dans des postes de grande capacité, capables d'influencer la circulation des trains et de contrôler son déroulement sur des parcours de plusieurs dizaines de kilomètres.

2. Automatisation de la circulation des trains

Le chemin de fer présente une aptitude particulière en regard de l'automatisation. Le degré de liberté étant réduit, le guidage en est facilité et l'introduction d'un automate dans les fonctions jusqu'alors confiées traditionnellement à l'homme s'impose tout naturellement. Tous les réseaux ont, de longue date, développé l'automatisation dans le processus de la circulation des trains. Cependant, l'intervention de cet automatisme a engendré des besoins nouveaux, alors que le développement des techniques modernes et la mise en œuvre de composants électroniques permettaient de faire un pas dans l'application de la cybernétique aux organes commandant et contrôlant la circulation des trains.

L'automatisme est d'autant plus nécessaire à l'exploitation d'un ensemble de gares et de voies les reliant que l'on tend à confier à un nombre restreint d'agents la tâche de superviser le déroulement des opérations et de prendre rapidement les décisions qui s'imposent (préséance d'un train direct sur un train marchandises par exemple), en fonction de la situation momentanée de tous les trains circulant dans la zone d'action du poste. C'est ce qu'on appelle la commande centralisée de la circulation.

Pour décharger les opérateurs, il est fait usage, dans les postes de Lausanne et de Berne, d'un complément d'installation qui permet l'acheminement automatique des trains par la mise en œuvre d'un critère de direction ; ce dernier caractérise la destination du train (gare terminus, gare de triage pour trains marchandises, etc.). Ce critère fait partie intégrante du numéro d'identification du train (premier chiffre d'un numéro en comportant 6). Le numéro du train est introduit dans l'appareillage de la gare de départ sous forme codée et apparaît dans un voyant à chiffres lumineux sur le tracé de la voie de départ du tableau de commande et de contrôle de l'installation de sécurité. Ce numéro est alors transmis aux postes de bifurcation en ligne et à la gare de destination. Le critère qui l'accompagne permet, en temps voulu et en fonction du déplacement du train sur la ligne, l'établissement automatique des itinéraires de passage dans les gares intermédiaires et la mise à voie libre des signaux pour l'acheminement du train, sans intervention manuelle jusqu'au signal d'entrée de sa gare de destination. Pour autant que rien ne s'oppose à la poursuite de la marche du train, les signaux sont mis à voie libre assez tôt pour éviter au mécanicien de ralentir son convoi. L'opérateur peut, à condition d'intervenir à temps, annuler un critère de direction ou bloquer momentanément son effet sur les signaux se trouvant en aval du train, cela pour permettre un croisement ou un dépassement par un train prioritaire.