Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 62 (1971)

Heft: 7

Artikel: L'automatisation de la marche des rames de métro et des trains de banlieue

Autor: Bernasconi, G.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-915810

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: 08.07.2025

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

L'automatisation de la marche des rames de métro et des trains de banlieue

Par *G. Bernasconi,* Genève

625.4–52(443.611)

1. Généralités

L'état actuel de la technique et de la technologie des éléments semi-conducteurs permet de réaliser des dispositifs automatiques de commande compatibles avec les exigences du chemin de fer: volume réduit, robustesse et grande fiabilité. Il est ainsi possible de réaliser automatiquement des fonctions de conduite et de circulation des convois ferroviaires. Cette automatisation de la marche des trains peut être effectuée depuis un poste de commande central, muni d'un ordinateur qui élabore les consignes de marche en tenant compte des variations enregistrées dans l'exploitation du réseau ferré. Ceci correspond à l'état final souhaité par diverses administrations, mais qui est loin d'être réalisé dans son ensemble à cause de son coût élevé dû à sa complexité. Des solutions intermédiaires, utilisant tout d'abord essentiellement des dispositifs électroniques installés à bord des véhicules-moteurs, permettraient d'aborder progressivement l'automatisation de la marche des trains, tout en ne nécessitant que des investissements modérés.

Ces solutions, conçues de façon à pouvoir être intégrées ultérieurement dans un dispositif à commande centralisée, permettent de régler l'accélération, la décélération, la vitesse,

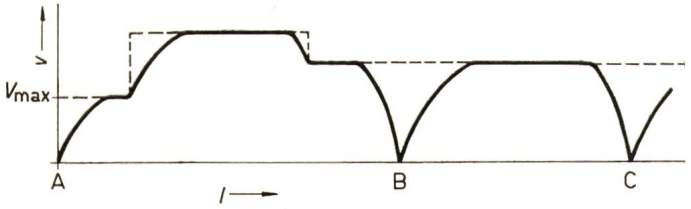

Fig. 1
Diagramme de marche avec temps minimales de parcours
v vitesse; V_{max} vitesses maximales autorisées; l espace

la position d'arrêt des convois dans les gares, et de conduire rationnellement en diminuant la consommation d'énergie et en rattrapant automatiquement le retard des trains.

Examinons le principe de l'automatisation de la marche des trains, ainsi que deux exemples de réalisation appliquées à un convoi métropolitain et une rame de banlieue.

2. Principe

Avant de réaliser l'automatisation complète de la marche des trains, laquelle demande des années de travail et des investissements de capitaux importants, les constructeurs de matériel ferroviaire se sont attachés à résoudre les problèmes progressivement, en commençant par les fonctions de conduite. Ainsi, dès 1960 ont été réalisés des dispositifs de réglage automatique de la vitesse des trains et du point d'arrêt dans les gares. La combinaison de ces deux genres de dispositifs, plus l'adjonction d'une mémoire électronique ayant enregistré les vitesses maximales autorisées sur l'espace parcouru, permettent de réaliser la marche entièrement automatique d'un train. En fonction de l'espace parcouru, la vitesse du train aurait l'allure de la fig. 1.

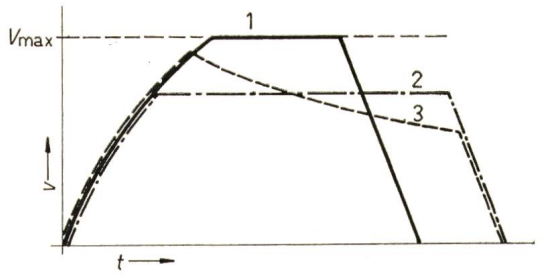

Fig. 2
Diagramme de marche pour une section, avec comparaison des différents modes de conduite
1 marche tendue, avec temps de parcours minimal; *2* marche à vitesse maximale réduite; *3* marche sur l'erre; *t* temps
Autres descriptions voir fig. 1

Etant donné que lors de l'établissement des horaires de marche, le temps alloué au conducteur pour aller de la gare A à la gare B est de 5 à 10 % supérieur au temps minimal réalisable par le véhicule, il est évident que ce dispositif tendrait à faire arriver les trains en avance. De plus, la rigidité d'un tel ensemble ne lui permet pas de s'adapter aux fluctuations du trafic.

Il a été nécessaire d'introduire un critère supplémentaire — le temps de parcours — permettant une correction continue du diagramme de marche afin de tenir compte des perturbations intervenues en cours de trajet (ralentissements, arrêts en gare plus ou moins longs), tout en respectant l'heure d'arrivée à la station terminale de la ligne. L'idée d'utiliser les temps de parcours comme critère de conduite est due à Monsieur Marcel *Bernard,* Ingénieur Principal à la SNCF, énoncée lors du Symposium sur l'emploi de la Cybernétique dans les chemins de fer qui s'est tenu à Paris en 1963. La fig. 2 montre les différents modes de conduite permettant de faire varier le temps de parcours pour une section donnée.

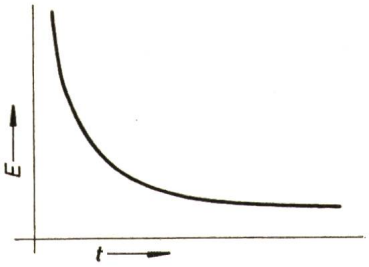

Fig. 3
Allure de la courbe de consommation d'énergie E en fonction du temps de parcours t pour un trajet

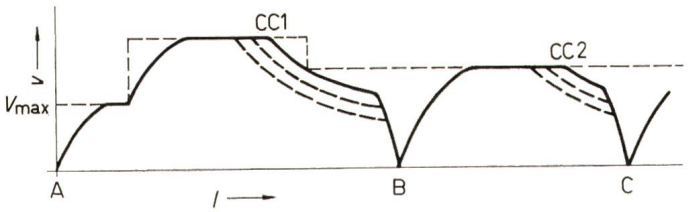

Fig. 4
Diagrammes de marche avec consommation minimale d'énergie
(conduite optimalisée)
v vitesse; *l* espace

Selon le critère mathématique énoncé par *M. Bernard* et vérifié expérimentalement, la conduite avec marche sur l'erre permet de réduire au minimum la consommation d'énergie nécessaire au déplacement du train. La distance parcourue de l'arrêt au point de «couper-courant» est fonction du temps restant pour atteindre la station terminale à l'heure prescrite par l'horaire.

La fig. 3 montre l'incidence du temps de parcours sur la consommation d'énergie.

Ceci nous amène à un diagramme Espace-Vitesse pour le trajet de la fig. 1 avec conduite rationnelle, selon la fig. 4.

Le lieu des points CC1, CC2...CCn est dépendant de la marche du convoi, le temps de parcours total étant imposé.

En disposant à bord du véhicule d'une base de temps précise et en introduisant dans le calculateur l'heure d'arrivée à la station terminale, on peut obtenir en chaque instant, par différence, le temps de parcours à respecter pour suivre l'horaire. Les courbes établissant le lieu des points de couper-courant (CC) en fonction du temps à disposition pour joindre le terminus, établies à l'aide d'un ordinateur, sont enregistrées dans la mémoire du calculateur. Par comparaison de la distance parcourue depuis le départ d'une station (déterminée par le comptage du nombre de tours de roues) avec la distance enregistrée, on détermine exactement le point kilométrique auquel la traction doit être interrompue de façon à atteindre la station terminale à l'heure prévue par l'horaire, tout en ayant une consommation minimale d'énergie.

L'automatisation des fonctions de conduite réalise un diagramme de marche identique pour tous les convois, apportant une aide précieuse à la régulation du trafic.

Des mesures effectuées en 1967—1968 avec une automotrice de la SNCF sur la ligne Paris–Creil du réseau de banlieue Nord de Paris, ont montré une économie d'énergie de 20 à 23 % et une précision de la tenue de l'horaire de l'ordre de quelques secondes sur une durée de parcours d'environ 60 min.

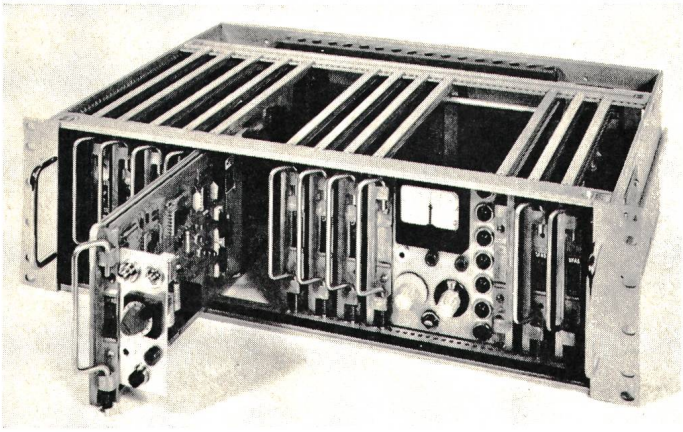

Fig. 5
Tiroir de régulation, composé de circuits électroniques

Par la régulation apportée au trafic, ce dispositif permet aux administrations ferroviaires de faire circuler un nombre maximal de convois sur les lignes, sans avoir à modifier les installations existantes. Chaque véhicule ayant un équipement indépendant, l'introduction de l'automatisation peut se faire de manière très progressive sans gêner l'exploitation normale. Accessoirement, l'économie d'énergie réalisée peut contribuer à l'amortissement du dispositif de conduite automatique pour les entreprises ferroviaires qui ne produisent pas elles-mêmes leur énergie électrique et qui doivent parfois la payer à un prix élevé, avec pénalisation pour les pointes de consommation.

3. Applications

Examinons les réalisations appliquées à deux types de chemins de fer: le métro de Milan et la banlieue Nord de Paris.

Dans le cas du Métro de Milan, le dispositif se compose de deux tiroirs (semblables à celui de la fig. 5) réalisant les fonctions de conduite avec consommation minimale d'énergie, respect de l'horaire, respect des vitesses limites de la voie et arrêt de précision dans les gares.

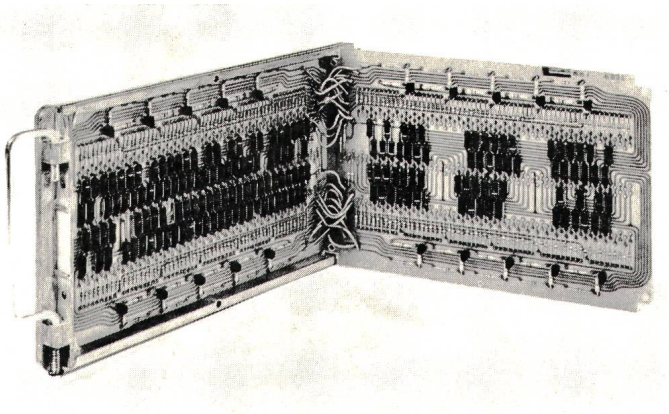

Fig. 6
Circuit électronique dit «matrice à résistances»
Un tel circuit permet d'enregistrer 10 caractéristiques composées elles-mêmes de 12 segments

Dans un tiroir sont concentrées toutes les fonctions de calcul, de régulation et d'élaboration des signaux de commande, alors que le second comporte une série de cartes dites «matrices à résistances» (fig. 6) réalisant des mémoires entièrement statiques et dans lesquelles sont enregistrées toutes les caractéristiques nécessaires au fonctionnement du calculateur.

La fig. 7 représente le boîtier de commande placé dans la cabine de conduite d'une rame du Métro de Milan. La fenêtre horizontale placée au centre, permet la lecture des différents paramètres tels que la vitesse limite du tronçon parcouru, l'heure d'arrivée au terminus, le type d'itinéraire choisi et le temps réel; grandeurs qui peuvent être sélection-

Fig. 7
Boîtier de commande pour le dispositif de conduite optimalisée du métro de Milan

nées par le conducteur ou simplement lues à titre de contrôle.

Le rôle du personnel de conduite se limite à afficher le code correspondant à l'itinéraire choisi et l'heure d'arrivée à la station terminale, ceci avant le départ du convoi de la station en «tête de ligne»; puis à chaque station, d'appuyer sur le bouton «départ».

La fig. 8 représente un boîtier analogue réalisé pour la SNCF.

Dans le cas de l'automatisation d'une rame de banlieue, le problème est plus complexe car, si les fonctions à réaliser sont identiques à celles d'un métro, il vient s'ajouter le choix des divers itinéraires possibles, ainsi que la sélection des trains omnibus, semi-directs ou directs. En plus, les limitations de vitesses sont sujettes à de fréquentes variations d'implantation.

Fig. 8
Boîtier de commande équipant les automotrices Z 6100 de la SNCF (région Nord)

Toutes ces conditions ont déterminé le choix d'un nouveau type de mémoire: un lecteur optique de bandes perforées (fig. 9). Tout en ayant une fiabilité plus faible qu'un dispositif entièrement statique, le lecteur a été conçu pour satisfaire à toutes les contraintes auxquelles sont soumis les équipements montés à bord de véhicules ferroviaires.

Dans cette application, le lecteur de bandes est utilisé en complément d'un tiroir calculateur identique à celui du métro. L'ensemble d'un encombrement réduit peut facilement être logé dans une armoire d'appareillage ou éventuellement sous les sièges des passagers.

4. Conclusions

Il est aisé de concevoir l'étape suivante de l'automatisation d'un réseau tout en conservant les équipements existants.

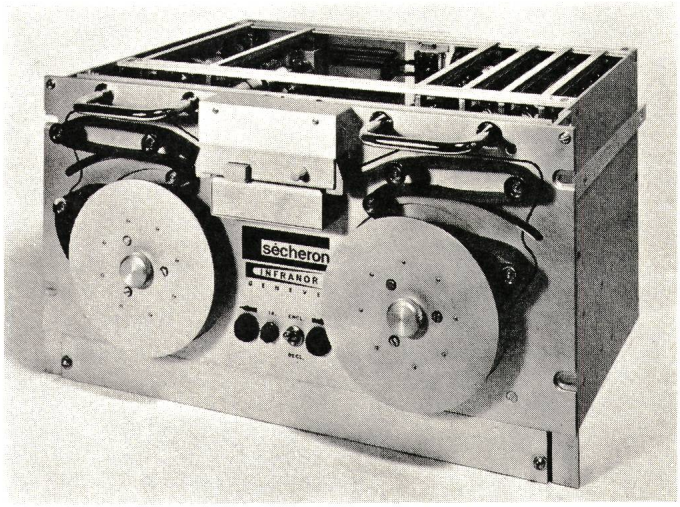

Fig. 9
Lecteur optique de bandes perforées, utilisé comme dispositif de mémoire

Les données nécessaires au calculateur ne seraient plus introduites par le conducteur, mais à partir d'un ordinateur central au travers d'une liaison haute-fréquence avec les véhicules, en ayant ainsi la possibilité d'intervenir en tous temps dans la régulation du trafic.

Le dispositif actuel de conduite optimalisée simplifiera le système de gestion centralisée d'un réseau, tout en permettant en cas de panne de l'ordinateur central de conserver une automatisation partielle de l'exploitation, tel que les fonctions d'arrêt au but, de conduite optimalisée et de respect des vitesses maximales de la ligne.

L'industrie suisse qui depuis une dizaine d'années développe ces équipements a acquis une position dominante dans le secteur ferroviaire, ceci grâce aux efforts déployés en matière de recherche appliquée.

Adresse de l'auteur:
G. Bernasconi, Ingénieur à la Division Traction, S. A. des Ateliers de Sécheron, 14, av. de Sécheron, 1202 Genève.