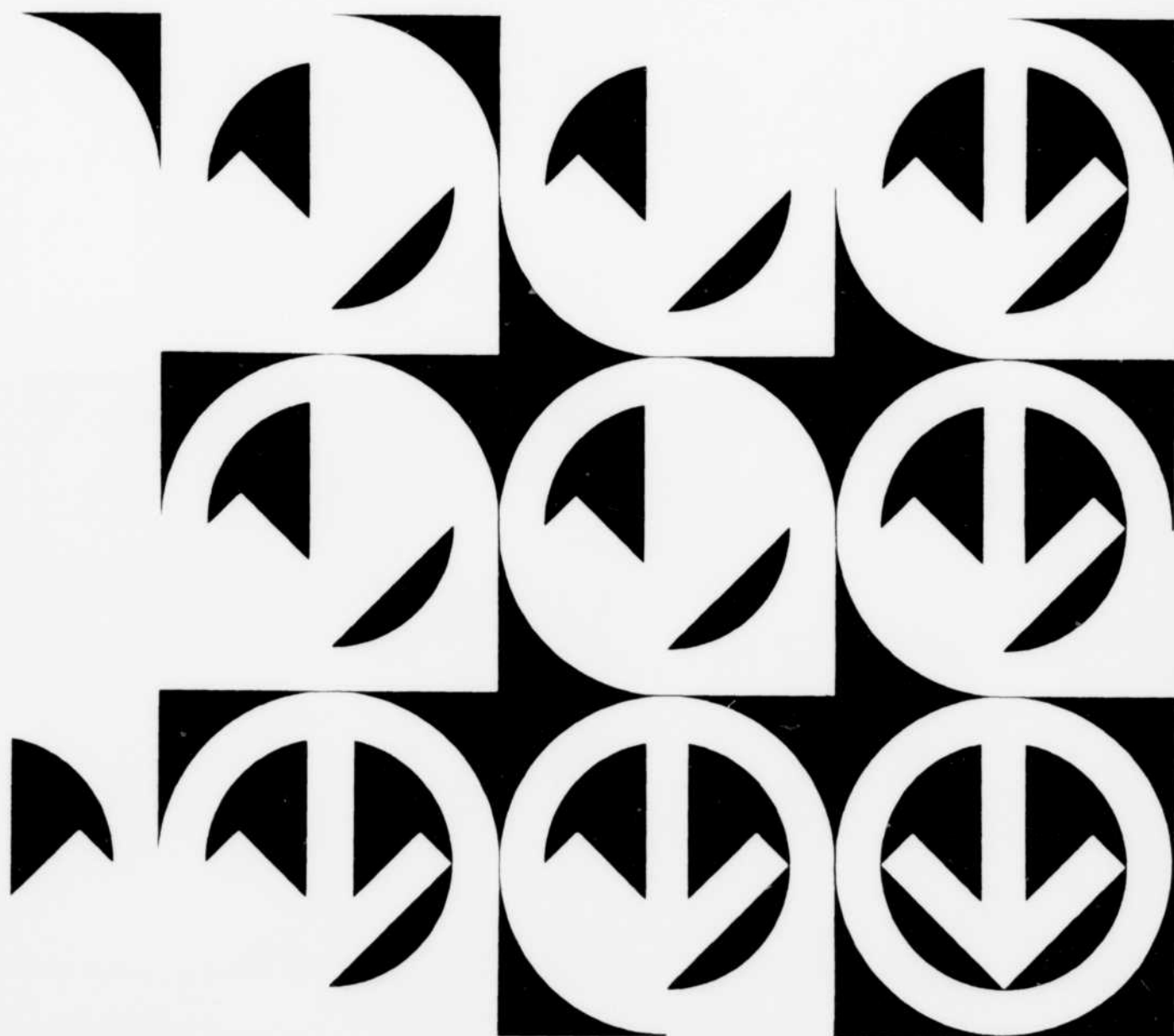




JANVIER/FÉVRIER 1977
No 317
63^e année

INGÉNIEUR

MÉTRO 1





Vous pouvez vous y fier!



**CAT
PLUS**



Hewitt Equipement Ltée... source unique fiable d'équipement et de source d'énergie répondant à tous vos besoins.

La compagnie Caterpillar fabrique la plus vaste série d'équipement de qualité supérieure de l'industrie: chargeurs et béliers mécaniques à chenilles ou sur roues, excavatrices hydrauliques, compacteurs, niveleuses, découpeuses, camions tous terrains, poseuses de tuyaux et moteurs diesel conçus pour tous les genres de génératrices. Caterpillar vous offre la machinerie qui saura répondre à tous vos besoins particuliers en matière d'équipement.

Les programmes Cat Plus de Hewitt vous offrent les services complets concernant la sélection, l'utilisation et l'entretien des machines Caterpillar... Oui vraiment, vous pouvez vous y fier!

Hewitt



CONCESSIONNAIRE
CATERPILLAR
DEALER

HEWITT ÉQUIPEMENT LIMITÉE

Montréal • Québec • Chicoutimi • Sept Îles • Val d'Or • Hull • Baie James

Caterpillar, Cat et  sont des marques déposées de Caterpillar Tractor Co.



JANVIER/FÉVRIER 1977

No 317
63^e année

L'INGÉNIEUR

ADMINISTRATION ET REDACTION

a/s École Polytechnique
Case postale 6079 — Succursale « A »
Montréal, Québec, H3C 3A7
Tél. : (514) 344-4764

COMITÉ ADMINISTRATIF

Réal LAUZON, ing.
président
Jacques DE BROUX, ing.
Roger FYEN, ing.
Roger LESSARD, ing.
André A. LOISELLE, ing.
Michel ROBERT, ing.
Michèle THIBODEAU-DEGUIRE, ing.

SECRETARIE ADMINISTRATIVE

Yolande GINGRAS

REDACTRICE

Madeleine G. LAMBERTI

COMITÉ CONSULTATIF DE REDACTION

André BAZERGUL, ing.
directeur
Thomas AQUIN, ing.
René AUDY, ing.
Bernard BELAND, ing.
Marcel FRENETTE, ing.
J. Guibert LORTIE, ing.
André MAISONNEUVE, ing.
Robert MORISSETTE, ing.
Michel PARENT, ing.
Thomas J. PAVLASEK, ing.
Robert G. TESSIER, ing.
Charles VILLEMAIRE, ing.

PUBLICITE

JEAN SEGUIN & ASSOCIES INC.

Courtiers en publicité

601, Côte Vertu, St-Laurent, Québec H4L 1X8
Téléphone : (514) 748-6561

EDITEURS

Association des Diplômés de Polytechnique
En collaboration avec l'École Polytechnique de
Montréal, la Faculté des Sciences et de Génie de
l'Université Laval et la Faculté des Sciences appli-
quées de l'Université de Sherbrooke. Publication
bimestrielle. — Imprimeur : Les Presses Elite.

ABONNEMENTS :

Canada	\$10 / par année
Pays étrangers	\$12 / par année
Vente à l'unité	\$2

DROITS D'AUTEURS : Les auteurs des articles publiés dans L'INGÉNIEUR conservent l'entière responsabilité des théories ou des opinions émises par eux. Reproduction permise, avec mention de source ; on voudra bien cependant faire tenir à la Rédaction un exemplaire de la publication dans laquelle paraîtront ces articles. — Engineering Index, Biol., Chem., Sci. Abstracts, Periodex et Radar signalent les articles publiés dans L'INGÉNIEUR — ISSN 0020-1138.

Tirage certifié : membre de la
Canadian Circulation Audit Bureau



MÉTRO 1

INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES

Coordonnateur

du présent numéro : M. Jean-Denis Pelletier, ing., ingénieur chef de groupe en signalisation au Service du génie de la Commission de Transport de la Communauté urbaine de Montréal (CTCUM).

Diplômé de l'Université de Sherbrooke en génie électrique, promotion 1967, M. Pelletier poursuit présentement des études à l'École Polytechnique de Montréal pour l'obtention d'une maîtrise professionnelle en transports.

ARTICLES

- 3 SIGNALISATION ET PILOTAGE AUTOMATIQUE
par Jean-Denis Pelletier, ing.

Cet article traite principalement des nouveautés technologiques dont sera doté le métro de Montréal. Les développements et les perspectives offertes dans le domaine de la signalisation et du pilotage automatique sont de plus en plus intimement associés tant sur le plan des principes que sur celui de la réalisation technique.

- 21 GESTION CENTRALISÉE ET AUTOMATIQUE DE LA CIRCULATION DES TRAINS
par François Beaulieu, M.Sc.A., ing.

La circulation des trains sur le réseau de métro de Montréal est supervisée d'un poste de commande et de contrôle centralisés. Cet article explique le fonctionnement et l'utilisation des principaux composants du poste central et décrit les fonctions automatiques contenues dans les programmes de régulation du trafic.

- 31 ALIMENTATION ÉLECTRIQUE
par Guy L. Desnoyers, ing.

Cette communication porte sur l'alimentation électrique et plus spécifiquement sur l'alimentation-traction dans le métro de Montréal. La première partie traite du réseau initial, c'est-à-dire le réseau tel que mis en service en octobre 1966, tandis que la seconde partie touche le « prolongement » et plus précisément le prolongement « est » de la ligne no 1 mis en service au début de juin 1976.

RUBRIQUES

- 12 RÉPERTOIRE DES RÉALISATIONS DE L'INGÉNIERIE CANADIENNE
15 COMMUNIQUÉ HYDRO-QUÉBEC
16 LE MOIS : Chroniques mensuelles
36 RÉPERTOIRE DES ANNONCEURS

COUVERTURE

Copie modifiée d'un dessin conçu par monsieur J. St-Aubin de la Commission de Transport de la Communauté urbaine de Montréal (CTCUM).



Choisir la bonne valve est une décision facile.
Discutez-en avec le distributeur Jenkins ou communiquez avec Jenkins Bros. Limited, Lachine, Qué.

SIGNALISATION ET PILOTAGE AUTOMATIQUE

par Jean-Denis Pelletier, ing.

Sommaire

Cet article traite principalement des nouveautés technologiques dont sera doté le métro de Montréal. Les développements et les perspectives offertes dans le domaine de la signalisation et du pilotage automatique sont de plus en plus intimement associés tant sur le plan des principes que sur celui de la réalisation technique.

Introduction

Depuis une cinquantaine d'années, on parlait beaucoup d'un éventuel métro à Montréal. L'expansion démographique de Montréal, l'extension géographique des banlieues et la tenue de l'Exposition Universelle de 1967 contribuèrent à la réalisation du métro de Montréal. Le 14 octobre 1966, les lignes numéros 1 et 2 étaient ouvertes au public à l'exception de quelques stations mises en service à la fin de l'année 1966. Le 1er avril 1967, la ligne no 4, entre Montréal et Longueuil, était officiellement inaugurée. Cette ligne comporte une station sur le site même de l'Exposition Universelle de 1967.

Dès 1970, les Services de la Communauté urbaine de Montréal, en collaboration avec ceux de la Commission de Transport de la CUM, ont entrepris des études dans le but de prolonger les lignes existantes du métro et d'en créer de nouvelles, le cas échéant. À la suite des enquêtes Origine — Destination qui servent à déterminer les besoins en déplacements d'une population en milieu urbain et qui situent l'importance des bassins de population d'une région, les spécialistes en transport urbain de la CUM ont déterminé l'emplacement et la longueur des prolongements du réseau initial pour une desserte optimale.

L'auteur :

M. Jean-Denis Pelletier, coordonnateur du présent numéro (voir notice biographique en page sommaire).

En même temps, les autorités de la CUM décidaient de doter le métro de l'équipement le plus efficace, à la fine pointe de la technologie moderne, tout en ayant comme souci principal la sécurité des passagers.

Ainsi, ayant à peine atteint son dixième anniversaire de naissance (octobre 1976), le métro montréalais vit, depuis quelques mois, une période d'intenses transformations : extension de la ligne no 1 vers l'est jusqu'à la station terminale Honoré-Beaugrand, modifications d'une signalisation classique latérale en une signalisation à impulsions plus versatile, modifications du matériel roulant existant, généralisation des automatismes... Et les années à venir ne laissent guère entrevoir de ralentissement de ce rythme d'évolution : contrôle continu de vitesse, démarrage par hacheurs de courant, freinage par récupération et pilotage automatique.

Cet article traite surtout des impressionnantes nouveautés technologiques dont sera doté le métro de Montréal. Nous évoquerons les développements et les perspectives offertes dans le domaine de la signalisation et du pilotage automatique qui sont de plus en plus intimement associés tant sur le plan des principes que sur celui de la réalisation technique.

Signalisation classique

Depuis ses débuts, le métro de Montréal fonctionne suivant une signalisation classique avec des signaux rouges et verts fixés aux murs latéraux de tunnels dans lesquels circulent les trains.

Les rails sont divisés, par l'intermédiaire de joints isolants, en cantons électriquement distincts appelés « circuits de voie ». De plus, parce que ces rails sont aussi utilisés pour le retour du courant de traction électrique (750 volts c.c. alimentant les moteurs des voitures), il a été nécessaire de prévoir le retour du courant de traction en assurant pour chaque circuit de voie une alimentation auxiliaire indépendante. Ce résultat a été obtenu en plaçant aux deux extrémités d'un circuit de voie des connexions inductives dont le rôle est de ponter les joints isolants pour la circulation du courant continu de traction et de servir de transfor-

mateur pour le courant alternatif de signalisation (figure 1). La connexion inductive située en aval sert d'alimentation à partir d'une source à courant alternatif, 120 volts, 60 Hz. La réception a lieu à la connexion inductive amont.

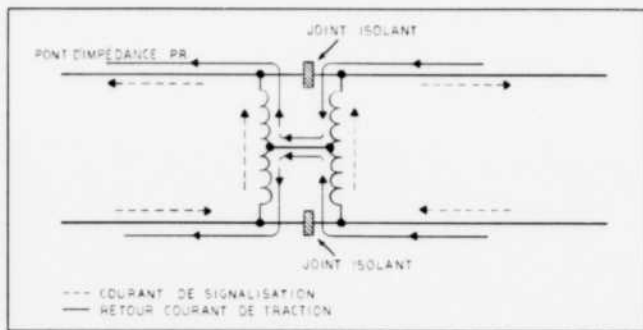


Figure 1 — Connexion inductive.

En l'absence de trains sur un circuit de voie, le signal correspondant est au vert et donne l'indication « voie libre ». Si un train pénètre sur un circuit de voie, ses frotteurs négatifs qui glissent sur les rails et ses essieux court-circuitent l'alimentation et un relais associé à chaque circuit de voie chute, créant ainsi l'allumage d'un signal rouge qui indique un non franchissement ou mise à l'arrêt (figure 2). Ces deux positions matérialisent respectivement l'occupation et la non occupation du circuit de voie et servent à la commande des signaux. En outre, lorsqu'un train occupe un circuit de voie, les deux signaux en amont de ce train sont au rouge effectuant un circuit de voie « tampon » entre deux rames consécutives et éliminant ainsi tout risque de collision. Pour compléter ces éléments de sécurité, à chaque signal est associée une balise électromagnétique (dans la voie) à double fréquence dont l'une associée à un signal vert permet le passage du train et l'autre, associée à un signal rouge, met automatiquement la rame en freinage d'urgence grâce au capteur fixé en dessous des voitures.

La signalisation du métro de Montréal a été réalisée à partir d'une technique spécifique, dite de sécurité intrinsèque (fail safe) : toute défaillance des équipements, quelle qu'elle soit, doit toujours avoir pour conséquence d'imposer à la circulation des trains des conditions plus restrictives ; un signal peut, par exemple, se mettre intempestivement en position d'arrêt, alors qu'il devrait se trouver « au passage », mais les circuits sont conçus de telle façon que l'inverse ne soit jamais possible.

Signalisation à impulsions

Il y a quelques années, des organismes français entreprirent des études systématiques sur les principes de base de la signalisation ferroviaire. Ces études mirent en évidence le rôle prépondérant du contact rail-roue dans le fonctionnement d'un circuit de voie et, notamment, l'instabilité de la valeur de la résistance de ce contact par suite de modifications physico-chimiques de l'état des surfaces en présence. Ces contacts impar-

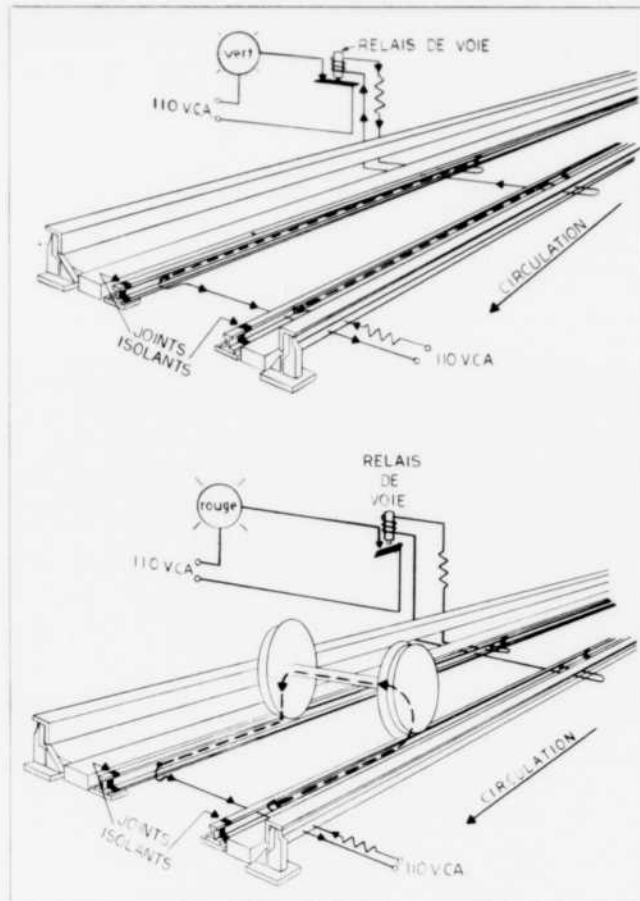


Figure 2 — Diagramme d'un circuit de voie.

faits à caractère semi-disruptif (graisse, limaille, pellicule huileuse) ou semi-conducteur (oxydation faible) doivent être parcourus par un courant assez élevé pour abaisser leur résistance apparente très importante aux courants faibles à une valeur assurant un shuntage sûr et fidèle en toutes circonstances. On a constaté que, sur les contacts à caractère semi-disruptif, il est nécessaire d'appliquer au préalable une tension de disruption atteignant parfois 50 et même 100 volts.

Or, les fuites de courant et la faible consommation demandée aux circuits de voie rendent ces tensions et courants incompatibles avec une alimentation permanente en courant continu ou alternatif. Par contre, des impulsions de courte durée séparées par des temps relativement longs permettent d'obtenir une grande puissance instantanée pour une énergie moyenne faible (figure 3). Les impulsions émises ont des tensions de crête nécessaires au claquage des éventuels contacts semi-disruptifs et des courants suffisants pour abaisser la résistance apparente des contacts défectueux assurant ainsi un shuntage sûr en toutes circonstances.

La largeur des impulsions émises donne, au circuit de voie, une impédance linéique relativement basse indispensable à une bonne propagation. De plus, la dissymétrie des parties positives et négatives de l'impulsion protège les récepteurs de tout courant alternatif parasite. La fréquence de récurrence, fixée à trois impulsions par seconde, permet à la réception un maintien correct du relais de voie entre deux impulsions et

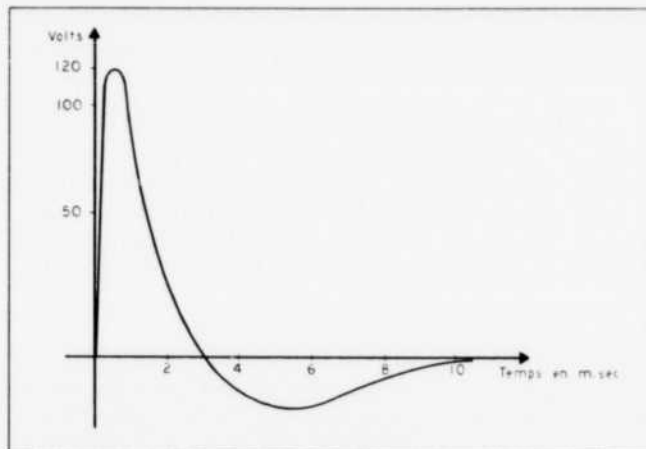


Figure 3 — Impulsion injectée dans les rails.

assure un temps de réponse court après shuntage tout en étant suffisamment faible pour limiter l'énergie nécessaire à l'émission.

Signalisation en loge (cab-signal)

À partir des circuits de voie à impulsions de tension élevée, dont la fréquence de récurrence est caractéristique de l'information à transmettre, le train recueille, grâce à des capteurs électromagnétiques placés à l'avant du train, des ordres de marche transmis de la voie vers le train. Ces informations émises dans les rails permettant à un conducteur ou à un pilotage automatique de respecter en tout point de la ligne une vitesse assurant la protection des trains en toute sécurité.

Les équipements de commande et de contrôle des impulsions sont situés dans un local spécial à chaque station du métro. Outre l'émetteur et le récepteur, on y retrouve un boîtier pilote qui permet de varier les fréquences de récurrence émises à la voie.

Les informations transmises par les circuits de voie sont au nombre de 10 :

- F45 correspond à une vitesse de consigne de 45 mi/h (72 km/h).
- F35 correspond à une vitesse de consigne de 35 mi/h (56 km/h).
- F25 correspond à une vitesse de consigne de 25 mi/h (40 km/h).
- F20 correspond à une vitesse de consigne de 20 mi/h (32 km/h).
- F15 correspond à une vitesse de consigne de 15 mi/h (24 km/h).
- F15 S (spéciale) correspond à $v = 15$ mi/h sans possibilité de traction.
- F10 consigne de manœuvre $v = 10$ mi/h (16 km/h), utilisable uniquement en conduite manuelle.
- F0 correspond à la vitesse de consigne 0 mi/h.
- Fvd cette information, utilisée uniquement en « voie déviée », maintient l'information présente (précédente).
- FOs (spéciale) correspond à l'absence de vitesse de consigne dans une zone non occupée.

La gamme de période se situe entre 213 et 340 msec. Le temps de réponse pour passer d'une

information à une autre étant directement proportionnel à la période de la nouvelle information, on affecte des périodes décroissantes dans le sens plus restrictif. Le temps de réponse du dispositif est d'environ une seconde, de telle sorte que le dispositif de sécurité ne réagit que s'il y a au moins trois impulsions manquantes ou erronées augmentant ainsi la fiabilité du système.

Par contre, pour ne rien sacrifier à la sécurité, la répartition des cadences est exponentielle de façon que la dérive relative admissible pour chacune d'elles soit constante ($\pm 0.7\%$ max.). Le temps global entre la perte de la liaison voie-train et la commande du frein d'urgence est toujours inférieur à 1.5 seconde.

À bord, les capteurs, placés à l'avant du train et surplombant les rails (figure 5), captent le courant de court-circuit dû au shunt de la circulation. La figure 4a montre que, pour le sens normal de circulation, l'émission se fait toujours en aval. Par contre, en circulation à contre-sens, les capteurs ne peuvent plus recevoir les impulsions qui, se trouvant émises en amont, sont dérivées par les autres frotteurs et essieux du train (figure 4b).

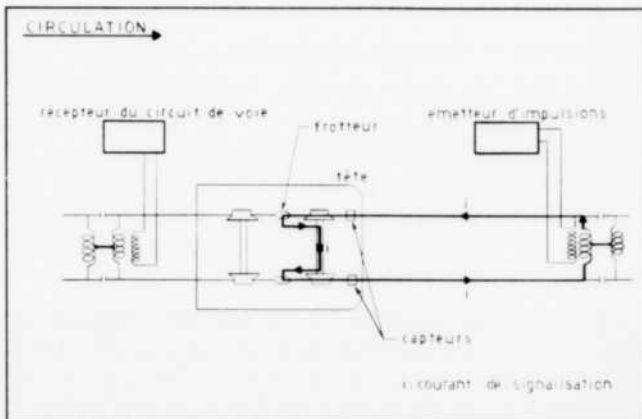


Figure 4a — Les capteurs reçoivent les impulsions.

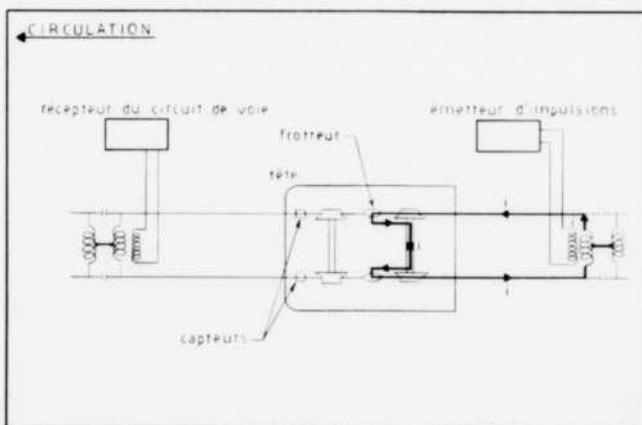


Figure 4b — Les capteurs ne reçoivent pas les impulsions.

Les données provenant de chaque rail sont analysées et comparées dans un circuit de traitement qui fournit des impulsions logiques façonnées à un sélecteur d'information. Ce sélecteur mesure la période qui sépare deux impulsions et, après l'avoir identifiée avec



Figure 5 — Capteur surplombant le rail.

la période suivante, commande l'organe de visualisation correspondant. Ces informations visualisées dans la loge du conducteur sont parallèlement dirigées vers les organes « contrôle continu de vitesse » et « pilotage automatique ».

Contrôle continu de vitesse

Le contrôle continu de vitesse sert :

- à détecter, de façon continue, une vitesse réelle du train supérieure à la consigne de vitesse en tout point de la ligne (contrôle de survitesse) ;
- à garantir au train la décélération prévue lors du calcul des distances de sécurité dans les quatre secondes qui suivent la détection d'un ordre plus restrictif (surveillance du freinage).

La détection de survitesse se fait par comparaison de la vitesse réelle du train avec la consigne de vitesse délivrée par le circuit de signalisation en loge. Cette détection est accompagnée d'un signal sonore qui persiste jusqu'à ce que la vitesse réelle soit conforme à la consigne de vitesse. La détection de vitesse réelle est obtenue à partir d'un alternateur tachymétrique et d'un compteur électronique. Ces seuils, au nombre de deux, bien qu'ils soient individuellement de sécurité, sont sollicités par deux alternateurs indépendants. Les conditions de survitesse sont totalisées de telle sorte que la première détection soit effective.

La tension, proportionnelle à la vitesse délivrée par le tachymètre, est intégrée afin d'obtenir une tension antiparasitée et d'amplitude constante. La fréquence de cette tension alternative mise en forme est traduite en signaux logiques définissant des périodes inversement proportionnelles à la vitesse. Ces périodes sont comparées à la période propre d'une base de temps définie par la consigne de vitesse délivrée par le circuit de signalisation en loge. Cette base de temps, dont la précision est supérieure à 1%, transfère les signaux logiques lorsque ces derniers sont séparés par un temps supérieur à sa propre période. Ces signaux déclenchent un circuit de temporisation qui doit couvrir un temps maximal correspondant à la vitesse de seuil, soit 1,5 mph. À cette vitesse, la période délivrée par l'alternateur est de l'ordre de 100 ms. La détection de survitesse sera donc toujours détectée en un temps

inférieur à 0,5 seconde, et aura pour effet de couper la traction et de commander la séquence de surveillance du freinage.

L'affichage de la consigne de vitesse et de la vitesse réelle est réalisé par un ensemble intégré utilisant une aiguille à déplacement par palier (consigne de vitesse) et une aiguille à déplacement continu (vitesse réelle), afin de permettre au conducteur d'apprécier, par un coup d'œil rapide, la position relative des deux aiguilles.

Surveillance du freinage et décélération

Le freinage de service doit être effectif dans les quatre secondes qui suivent une détection de survitesse. Dans le cas contraire, un freinage d'urgence est appliqué si le taux de décélération demandé n'est pas obtenu et maintenu. L'efficacité du freinage de service est surveillée en tout temps et en sécurité par un accéléromètre à mercure placé dans la remorque de chaque élément (trois voitures : une motrice, une remorque et une motrice) qui garantit au train la décélération prévue lors du calcul des distances de sécurité. Ces accéléromètres ferment un contact lorsque la décélération réelle atteint la décélération prédéterminée en palier affecté de l'accélération due à la gravité. Les contacts de ces accéléromètres agissent en parallèle, ce qui signifie que dans les trains de plusieurs éléments les variations positives de déclivité sont contrôlées par l'accéléromètre de l'élément de queue alors que les variations négatives sont contrôlées par l'accéléromètre de l'élément de tête.

Il est possible de modifier le taux préétabli de freinage de service en palier par une opération simple et rapide aux ateliers (gamme de réglage : 2 mph/sec. à 3 mph/sec.). Lors du calcul des distances de sécurité, le taux de décélération en palier est affecté, dû aux déclivités, d'une correction égale à :

$$\frac{\text{Poids en charge}}{\text{Poids d'inertie}} \times \frac{32,2 \text{ pi/sec}^2 \times 3600}{5280 \times 100} \times i$$

$$= \frac{g}{100 C} \times i$$

où : i = déclivité en %

C = coefficient d'inertie du train :

$$\frac{\text{Poids d'inertie}}{\text{Poids en charge}}$$

La distance effective de freinage calculée est alors :

$$e_c = \frac{v^2}{2(\gamma_p \pm gi) \times 100 C}$$

où : γ_p = décélération en palier,

g = accélération de la pesanteur, et

v = vitesse

Éléments logiques statomagnétiques (ELS)

La sécurité du fonctionnement des installations de signalisation repose sur les performances des relais

électromagnétiques de sécurité dont les principales caractéristiques sont le rappel de l'armure par gravité, l'insoudabilité des contacts de travail et le non-chevauchement de ces contacts. Toutefois, malgré les précautions technologiques prises, le fonctionnement des contacts mécaniques exige un entretien préventif très suivi. Pour remédier à l'usure mécanique des pièces en mouvement et à l'altération des contacts, la Société Jeumont-Schneider de France a mis au point une nouvelle technologie qui, tout en obéissant aux lois de la commutation booléenne, prospecte la voie de l'électromagnétisme et utilise les logiques de flux magnétiques contrairement à la logique que nous connaissons et qui fait appel aux semi-conducteurs et aux techniques de redondance et de logique majoritaire.

Le fonctionnement d'un ELS est basé sur le principe de l'inductance saturable appliqué à un transformateur dont la tension secondaire est annulée par la saturation du fer sous l'action d'un champ magnétique (état « 0 »). L'action de l'aimant peut être annulé par le champ magnétique créé par un courant continu, dans un enroulement de commande (état « 1 »).

La figure 6 présente une fonction logique « OU » à deux entrées. En l'absence de courant dans les enroulements de commande C1 et C2, le flux magnétique de l'aimant NS se referme par deux chemins : le circuit feuilleté A et le circuit massif FDG. Ces deux chemins présentent des réluctances magnétiques différentes. Le premier circuit magnétique A n'offre que des entrefers très faibles dus essentiellement aux défauts de surface des pièces métalliques, le second circuit magnétique FDG présente deux entrefers rendus (volontairement) relativement importants I et J. Le flux de l'aimant se referme donc en priorité par le circuit feuilleté A qu'il amène à saturation tandis que le flux excédant passe par le circuit massif FDG. En raison de cette saturation, l'impédance du primaire du transformateur est très faible et la tension de 24 volts, 4,000 Hz se trouve reportée aux bornes de la résistance d'entrée et on obtient l'état « 0 » à la sortie.

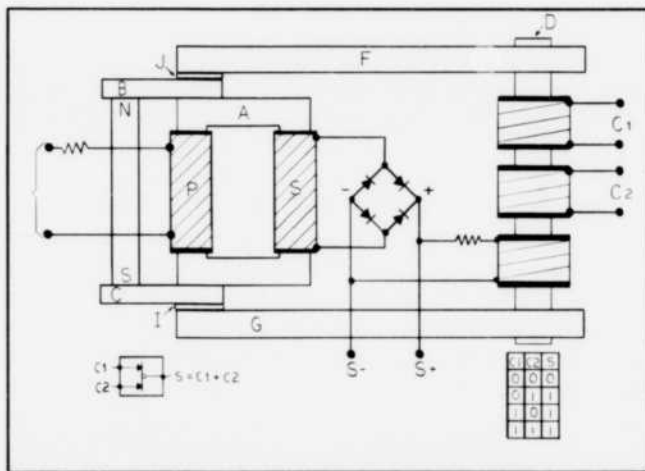


Figure 6 — Fonction logique OU.

Un courant continu de polarité et de valeur convenables parcourant l'une des bobines de commande crée une force magnéto-motrice qui compense la réluctance du circuit et par suite dérive le flux total de

l'aimant. Le transformateur n'est plus saturé et une tension alternative apparaît au secondaire qui délivre un courant de 10 mA redressé par un pont de diodes Zener dans une charge de 1,000 ohms. On obtient ainsi l'état « 1 » à la sortie.

La figure 7 présente une fonction logique « ET ». Les mêmes éléments sont utilisés à l'exception des deux bobines de commande dont chacune a son propre noyau magnétique. Les figures 8 et 9 présentent les fonctions logiques « ET-OU » et « PAS ».

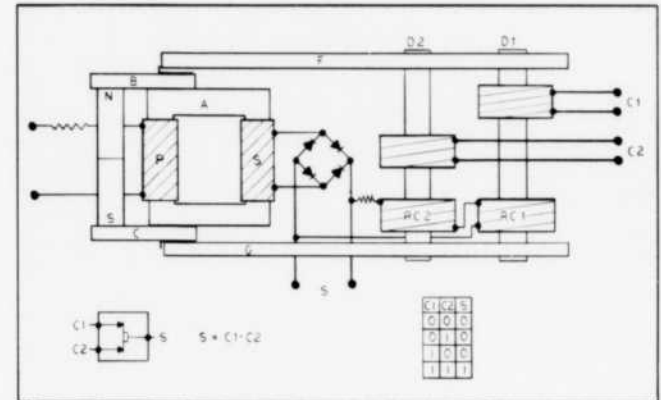


Figure 7 — Fonction logique ET.

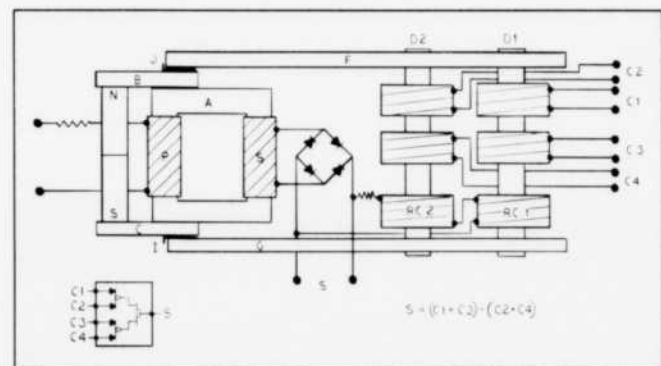


Figure 8 — Fonction logique ET-OU.

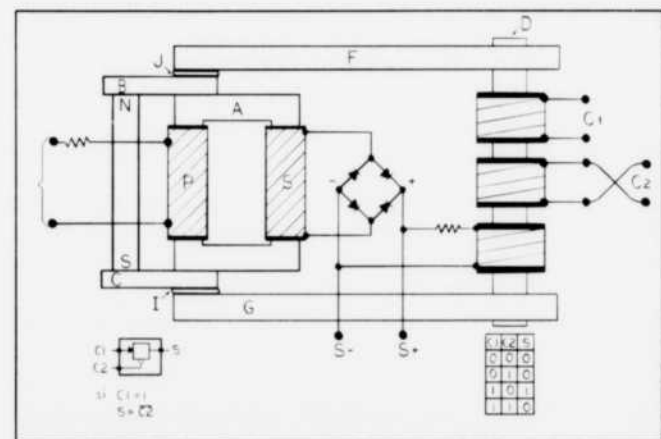


Figure 9 — Fonction logique PAS.

Cette nouvelle technologie se prête bien à la réalisation des postes de signalisation dans lesquels les signaux, les aiguilles et les circuits de voie sont com-

mandés, contrôlés et enclenchés à partir de blocs fonctionnels. La figure 10 montre un module à circuit imprimé sur lequel sont greffées les diverses fonctions logiques. Ces blocs modulaires et enfichables sont logés dans des armoires situées dans des locaux spécialement aménagés pour la signalisation du métro (figure 11).

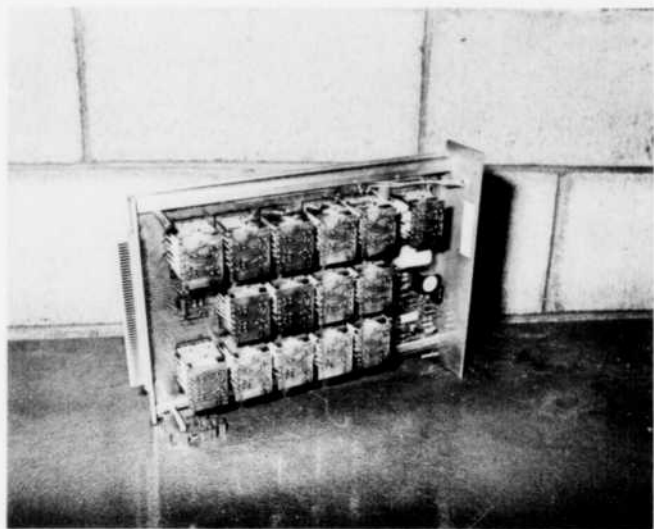


Figure 10 — Circuit imprimé constitué d'éléments statomagnétiques.

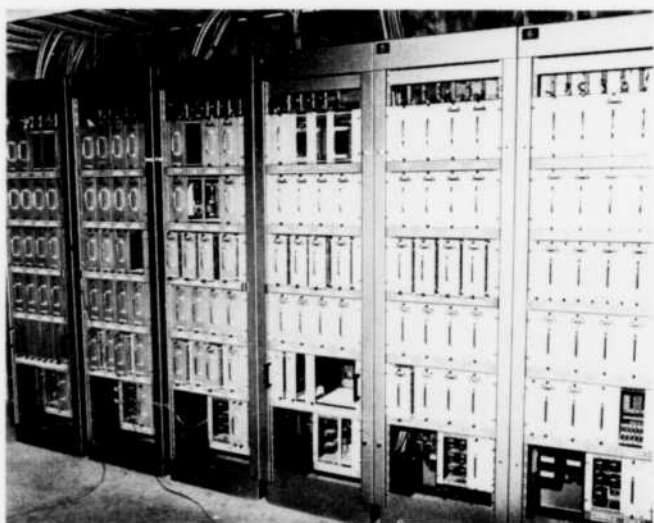


Figure 11 — Armoires de signalisation.

Pilotage automatique

Le mouvement des trains sur une ligne de métro se prête bien à un certain niveau d'automatisation. Les distances entre les stations sont plutôt faibles, ce qui conduit à un temps de parcours d'interstation généralement court et relativement constant. De plus, tous les trains sont identiques, suivent des marches identiques et s'arrêtent à toutes les stations. Enfin, l'intervalle de succession des trains est faible : deux minutes à trois minutes aux heures de pointe.

Principe du système

Le pilotage automatique (PA) se substitue au conducteur dans les limites du contrôle continu de vitesse qui

assure la sécurité. Il assure la circulation dans l'interstation en respectant les limitations de vitesse et les indications de la signalisation. Il contrôle l'arrêt du train à la station suivante avec une erreur de ± 1 pied quelle que soit la charge du train.

Le départ (après un arrêt à une station ou en pleine voie) ne peut avoir lieu que si le bouton « départ » dans la loge du conducteur est actionné. Le pilote automatique commande immédiatement (moins de 0,1 seconde) l'accélération dès que le système de protection du train a permis l'augmentation de vitesse. L'accélération maximale est maintenue jusqu'à ce que le train approche la limite de vitesse autorisée. L'effort de traction est coupé avant que ne soit atteinte la vitesse de consigne.

Le pilote automatique assure la régulation de la vitesse du train à la limite imposée par le système de protection sans secousse. La fourchette de régulation que le pilote automatique respecte est plus 0 et moins 4 mph. Le pilotage automatique compare en permanence la vitesse V du train à la consigne de vitesse V_c , affectée d'un coefficient inférieur à 1, qui tient compte de la tolérance sur la mesure de V .

Freinage

La détection d'une survitesse commande systématiquement au train le freinage de service (FS) correspondant à la décélération définie en palier. La décélération réalisée par le train est fonction de la déclivité, de telle sorte que l'effort de freinage reste constant. Cette condition est réalisée par l'asservissement de la décélération réelle à l'information d'inertie délivrée par des accéléromètres à inertie linéaire. Lorsque cette décélération amène le train jusqu'à l'arrêt, le PA maintient le frein de service jusqu'à ce que le bouton départ soit actionné.

Arrêt programmé

L'arrêt programmé ne peut être exécuté que dans les limites du système de protection des trains. Il est prévu pour assurer une précision d'arrêt de plus ou moins un pied. Dans les stations, les trains de trois éléments s'arrêtent toujours avec la tête du train alignée à l'extrémité du quai ou tympan de sortie. Les trains de deux ou d'un élément s'arrêtent en fonction des accès de la station, à l'exception des terminus où tous les arrêts se font au tympan. Les arrêts de précision s'effectuent suivant une loi de décélération, fonction de la vitesse. Tous les trains freinent suivant cette loi, indépendamment du profil en tunnel, des courbes et de la résistance au roulement.

Au sol, l'arrêt programmé utilise trois balises ponctuelles, alimentées à la fréquence de 30 kHz par point d'arrêt :

- balise d'initialisation du programme d'arrêt ;
- balise de correction des tours de roues à mi-parcours ;
- balise de précision au voisinage du but.

Ce jeu de trois balises est commuté par les ordres émanant du poste de commande centralisée (PCC) qui informe les stations de l'endroit choisi pour l'arrêt. Un boîtier d'arrêt programmé au sol assure l'alimentation de ces balises. Il comprend un générateur de fréquence, commutable, en fonction des ordres reçus du PCC sur le jeu des trois balises concernées.

À bord du train, le rôle de l'équipement électronique est de « lire » les consignes provenant des rails et des balises et de les traduire en ordres de traction ou de freinage (figure 12). Les capteurs de balises se trouvent dans le même boîtier que les capteurs d'impulsions. La première balise rencontrée est interprétée comme étant la balise d'initialisation. Cette réception déclenche un processus de comptage des tours de roues. La réception de la deuxième balise (correction des tours de roues) informe le PA qu'il est à un nombre de tours de roues du but, identique à celui compté entre les deux premières balises. Ce processus permet de réduire notablement le recalage apporté par la balise de précision au voisinage du but, compte tenu que, lors d'un arrêt, les conditions de charge ne changent pas et que les variations de glissement entre la mesure des tours de roues et le recalage sont du second ordre. À partir de l'information de vitesse délivrée par l'alternateur tachymétrique, le PA calcule en permanence la décélération qui est demandée au train pour atteindre le but.



Figure 12 — Console de l'opérateur du train.

Régulation d'horaire

L'objectif de la régulation d'horaire est d'obtenir, grâce à une tenue de l'horaire à deux ou trois secondes près, une réduction importante de l'intervalle en l'absence d'incidents majeurs. Cette variation du temps de parcours de l'interstation est réalisée en modifiant la position du point de commande de marche sur l'erre. Dans chaque interstation, il est prévu une ou plusieurs balises commutables à la fréquence de 20 kHz qui donnent au PA un ordre de marche sur l'erre.

Le pilote automatique reçoit de la voie la commande transmise par les balises si la vitesse du train

est supérieure à 30 mph. Une balise de marche sur l'erre est interprétée seulement si le circuit de voie où elle est implantée transmet la consigne de vitesse maximale permise sur cette section de voie au moment où le train concerné pénètre sur cette section. La sélection des trois allures différentes de marche sur l'erre s'effectue au poste central de commandes (PCC) par l'ordinateur après comparaison entre les temps de départ théorique et réel du train de la station précédente.

Tiroir automatique

Le changement de voie aux terminus (figure 13) s'effectue automatiquement et par un seul agent à bord du train. Le train part du quai pour se rendre en arrière-gare dans une position adaptée à sa composition. Après que les aiguilles se soient placées en position déviée, le changement de voie proprement dit s'effectue, permettant au train de se rendre au quai de départ.

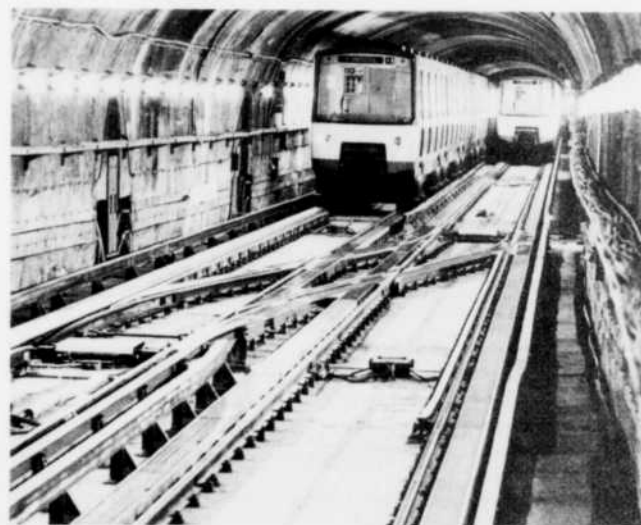


Figure 13 — Appareil de voie à Berri, ligne no 4.

Au sol, le bouton d'autorisation situé sur le tympan permet l'injection d'une consigne de vitesse sur le circuit de voie de quai. L'arrêt automatique est réalisé au trottoir de manœuvre par un jeu de deux balises (à la fréquence 25 kHz) approprié à la composition du train. L'arrêt programmé au quai de départ s'effectue avec deux autres balises indépendamment de la composition du train, cet arrêt s'effectuant toujours au tympan.

À bord du train, lorsque toutes les conditions de sécurité le permettent, le conducteur dans la loge de queue appuie sur le bouton « tiroir automatique » après avoir reçu un signal (sonore) d'autorisation actionné par le conducteur de tête.

Système de protection des trains

L'élimination de la signalisation latérale sur un système de transport en commun en site propre et son remplacement par une signalisation en loge et un pilotage automatique peuvent être conçues seulement si les risques de perturbations de l'exploitation sont réduites

au minimum. C'est pourquoi, en plus de choisir des composantes électroniques et électriques à fiabilité éprouvée, les fonctions « cab-signal » et « contrôle continu de vitesse » sont doublées, afin de permettre un contrôle systématique du bon fonctionnement des équipements installés à bord du train.

Chaque fois que le conducteur passe de la position PA à la position neutre, une logique de commutation permute les modules « cab-signal » et « contrôle continu de vitesse » en service avec les modules « cab-signal » et « contrôle continu de vitesse » de réserve. De cette façon, le fonctionnement en PA utilise, une fois sur deux, le même ensemble « cab-signal » et « contrôle continu de vitesse » afin de vérifier que les deux systèmes soient en bon état de fonctionnement.

Dans ces conditions, qui augmentent beaucoup la disponibilité des équipements, on a la quasi certitude de trouver toujours un train en état de fonctionnement au moins en conduite manuelle avec le contrôle continu de vitesse qui est la seule marche dégradée susceptible de ne pas trop perturber l'exploitation de la ligne. La deuxième marche dégradée, marche manuelle sans contrôle continu de vitesse, n'étant alors pratiquement jamais utilisée puisqu'elle implique que les deux systèmes d'un même élément sont en panne simultanément.

Conclusion

Ainsi, en plus d'accroître la fréquence de passage des trains par une diminution de l'intervalle les séparant et, en dehors de toute politique de signalisation, le pilotage automatique contribue à supprimer ce qu'il est convenu d'appeler « l'équation personnelle du conducteur ». Les modulations dans les temps de parcours que des conducteurs humains ne peuvent éviter de créer sont, en effet, fréquemment néfastes à la bonne exploitation d'une ligne de métro. Combiné avec un profil optimisé des tunnels (départ d'une station en descente et arrivée en montée) en vue de minimiser la consommation d'énergie dans les deux sens de parcours, le pilotage automatique permet une meilleure utilisation des performances du matériel roulant tout en respectant ses limites.

Quant à l'exploitation proprement dite du métro, le pilotage automatique permet une uniformisation quasi absolue des marches (indépendantes de la charge des trains) et un respect plus rigoureux de l'horaire (à quelques secondes près). Associé à un organe central de régulation du trafic, l'ordinateur, le système de pilotage automatique constitue un outil indispensable à une exploitation tendue mais stable d'une ligne de métro. ■

RÉFÉRENCES

- Elements of Railway Signaling, General Railway Signaling Co., Handbook 50, juin 1954.
- « Éléments logiques stato-magnétiques de sécurité intrinsèque », J. Peslier, Revue Jeumont-Schneider, novembre 1975.

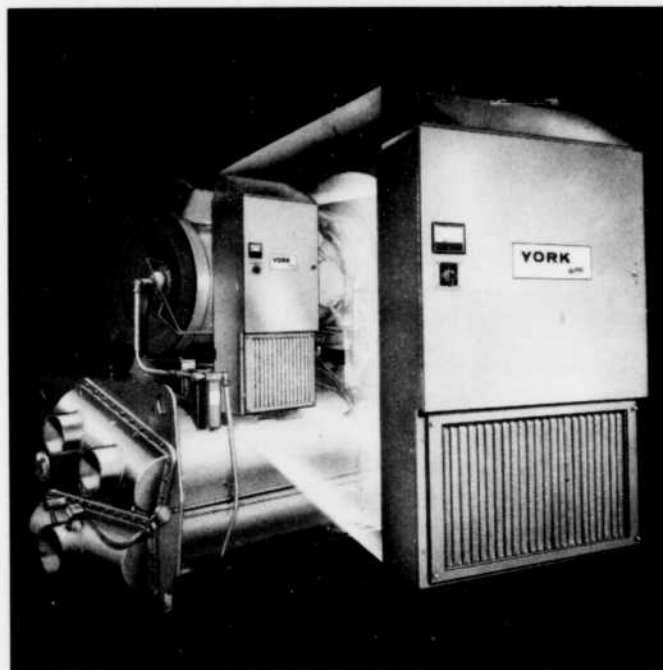
NOTE

Les photographies illustrant l'article ci-dessus ont été gracieusement fournies par monsieur J.-G. Chamberland, photographe officiel de la CTCUM.

Un autre NOUVEAU concept de York

Les démarreurs transistorisés

Montés et câblés en usine



Y7703

Le NOUVEAU démarreur 100% transistorisé "Current-Guard" de York ne comporte aucune pièce mécanique pouvant s'user. Les démarrages sont uniformes, sans transition et ceci prolonge la durabilité du moteur. Parce que le démarreur "Current-Guard" n'est pas relié au circuit de réfrigération, il ne peut jamais contaminer le réfrigérant.

Le démarreur "Current-Guard" est compact, installé et câblé en usine. Mais, surtout, Current-Guard est totalement soutenu et entretenu par la propre équipe d'entretien de York.

YORK BORG WARNER

326 Rexdale Blvd., Rexdale, Ontario • Téléphone (416) 743-7701
Vancouver • Calgary • Edmonton • Regina • Winnipeg • Thunder Bay
• London • Toronto • Montréal • Québec • Moncton

Voici les calculatrices programmables de

Texas Instruments

... la compagnie qui a inventé les circuits intégrés.

SR-56



\$111.00

- 100 pas de programme,
- Hiérarchie algébrique à 9 niveaux de parenthèses permettant d'introduire les expressions mathématiques de la même façon que vous les écrivez sur papier,
- 7 instructions de branchement, 2 instructions de boucle,
- 4 niveaux de sous-routine,
- 10 mémoires adressables,
- 27 fonctions mathématiques, scientifiques et statistiques,
- Compatible avec l'imprimante PC-100 qui peut être contrôlée par le clavier ou par le programme en cours d'exécution,
- Livrée avec chargeur/adaptateur, manuel d'utilisation et bibliothèque d'applications (56 programmes).

SR-52



\$255.00

- Programmable par cartes magnétiques ou par le clavier,
- 224 pas de programme, 10 touches utilisateur, 72 labels, 20 mémoires adressables,
- 10 fonctions de décision logique; branchement indirect,
- Hiérarchie algébrique à 9 niveaux de parenthèses,
- 23 fonctions préprogrammées,
- Compatible avec l'imprimante PC-100.
- Livrée avec une bibliothèque de base comprenant 22 cartes magnétiques préenregistrées et manuels d'utilisation, adaptateur/chargeur et étui,
- Choix de bibliothèque de programmation en option.

PC-100 : \$213.00, SR-40 : \$42.50, SR-51 II : \$77.00

Pourquoi payer plus cher dans un grand magasin ou ailleurs ?

Venez nous voir. Commandes postales acceptées avec chèques visés (frais d'expédition de \$3.00 et taxe provinciale en sus).



COOPERATIVE ETUDIANTE DE POLYTECHNIQUE

Local B-403
Ecole Polytechnique
Campus de l'Université de Montréal
C.P. 6079, Succ. « A »
Montréal H3C 3A7

TEL. : (514) 344-4841

RÉPERTOIRE DES RÉALISATIONS DE L'INGÉNIERIE CANADIENNE

Il semble que bien souvent le public ne se doute pas du rôle important que nos ingénieurs ont pu jouer dans le développement du Canada afin d'en faire un des pays les plus industrialisés au monde.

Lorsque le gouvernement canadien a reconnu officiellement le rôle de l'ingénieur en créant le Répertoire des réalisations de l'ingénierie canadienne, bien des gens ont été surpris. On peut commémorer des travaux d'architecture, mais de là à commémorer des structures...!

Saviez-vous que le canal Rideau, qui relie Ottawa à Kingston, n'existerait pas sans le génie des ingénieurs qui étaient sous le commandement du Colonel By? C'est grâce à ce canal qu'une partie du Canada pouvait être approvisionnée alors que nous étions en guerre avec nos voisins du Sud.

On oublie aussi que notre première entreprise sidérurgique, les Forges du St-Maurice, a grandement influencé l'évolution économique, politique et sociale du Canada. On y fabriquait du matériel militaire d'une grande qualité.

Très peu de gens savent qu'en 1868, après 14 ans d'insuccès, les Américains ont dû avoir recours au génie des frères Shanly (de Hamilton) pour la construction du tunnel Hoosac, à North Adams, au Massachusetts. En six ans seulement, Walter et Francis Shanly réussirent à percer une montagne qui permit l'achèvement



TOUR DU LESSIVEUR DE LA COMPAGNIE E.B. EDDY — 1901. E.B. Eddy fut la première compagnie au Canada à se servir d'un lessiveur vertical pour le traitement au sulfite de la pulpe à papier. Cette technique permit la fabrication plus économique d'un papier de meilleure qualité.

d'un tunnel long de 5 milles. Ce fut un très grand pas pour l'avancement de la technologie ainsi que pour la pratique du génie civil en Amérique du Nord.

On ne peut donc pas comprendre l'histoire d'un pays si l'on n'a pas une connaissance du développement de sa tech-

en 1972, monsieur Chrétien a conclu un accord avec l'Institut canadien des Ingénieurs afin que les deux parties coopèrent au programme du Répertoire des réalisations de l'ingénierie canadienne (R.R.I.C.).

Le Programme

Le but principal du R.R.I.C. est d'identifier et d'enregistrer les vestiges de l'héritage technique du Canada. Ceci comprend des vestiges physiques tels que des tunnels, des barrages, des systèmes (réseau ferroviaire, etc.) ainsi que de la machinerie et des outils. Un intérêt particulier est porté aux sources documentaires telles que des plans originaux et des devis qui sont indispensables à la compréhension de l'histoire technologique canadienne.

Afin de mieux comprendre, citons les exemples suivants: le tunnel ferroviaire de Brockville en Ontario, construit en 1854, est le plus vieux au Canada. L'alligator, chaland en bois fonctionnant à la vapeur, était utilisé sur les lacs et les rivières à faible courant pour remorquer des estacades. Les moulins à vent à motif d'angle, utilisés dans l'ouest du pays pour générer de l'électricité, contribuèrent grandement à l'essor de l'agriculture et de l'élevage dans les prairies.

Par ce programme, nous désirons accumuler le plus grand nombre possible de rapports de réalisations importantes.



LES FORGES DU ST-MAURICE EN 1844 — Première entreprise sidérurgique du Canada. Durant plusieurs années elles furent considérées comme étant les plus importantes forges d'Amérique du Nord. Les techniques acquises aux forges permirent, en 1809, la construction d'un premier bateau à vapeur au Canada.

Le deuxième but du programme est d'attirer l'attention des autorités responsables sur les sites qui méritent d'être préservés ou commémorés. Des experts de la section des sites et monuments historiques nationaux, des Archives publiques du Canada, de l'Institut canadien des Ingénieurs, du Conseil canadien des ingénieurs ainsi que du Musée de science et technologie composent le comité national du R.R.I.C. qui est responsable de ce travail. Ce comité étudie les rapports des sites relevés et recommande ensuite auprès des autorités nationales, provinciales et municipales la préservation des sites les plus importants.

Il y a quelque temps, nous avons reçu un rapport concernant le château d'eau construit en 1909 à Weyburn, en Saskatchewan. Les personnes qui nous ont fait parvenir ce rapport étaient préoccupées du fait que cette structure, qui a toujours été très importante pour la survie de la ville, n'était pas reconnue à sa juste valeur. Nous avons étudié le cas et avons recommandé aux autorités provinciales la commémoration de ce site. Dernièrement, nous avons appris que le gouvernement de la Saskatchewan a pris en considération nos recommandations.

Durant ses trois premières années d'opération, le R.R.I.C. a reçu plus de 200 rapports d'étude. D'un bout à l'autre du pays, des ingénieurs ont volontairement fait des relevés de sites et amassé de l'information concernant l'ingénierie canadienne.

Lorsque nous recevons un rapport, celui-ci est vérifié, évalué et enregistré sur un système de cartes perforées. Toute personne désirant de l'information concernant un certain site peut l'obtenir rapidement.

Notre premier catalogue de données a été publié en mars 1976. Tous les intéressés peuvent, en consultant ce catalogue, savoir quels sont les rapports disponibles. Ainsi ce catalogue est d'une aide précieuse pour les professeurs, les historiens et les techniciens intéressés aux réalisations du passé.

Remboursement

Le Directeur des Parcs et Sites historiques nationaux, monsieur Henri Têtu, reconnaît que bien souvent les dépenses encourues pour effectuer les relevés sont tout de même assez importantes. C'est pourquoi il a conclu une entente avec l'Institut canadien des Ingénieurs à l'effet que les ingénieurs qui veulent bien s'intéresser à des relevés de sites soient remboursés de leurs frais. Bien qu'il soit impossible de défrayer des honoraires complets, des dépenses telles que le développement de films, le transport, le logement, les repas, l'achat de livres, etc. peuvent être considérées.

Exposition

En février 1976, Héritage Ottawa a demandé au R.R.I.C. de présenter une exposition de photos, de plans, de dessins originaux de certains sites d'Ottawa et

de Hamilton. Ces documents dataient de 1826-1975. Comme cette exposition fut un succès à la galerie d'Héritage Ottawa, on en a fait une exposition itinérante. Quiconque est intéressé à cette exposition peut communiquer avec le secrétaire du R.R.I.C.

Conclusions

C'est sans aucun doute que nous pouvons affirmer que les ingénieurs ont joué un rôle important pour le développement du Canada. Maintenant que le gouvernement a reconnu ce fait et que nous avons un programme tel que le Répertoire des réalisations de l'ingénierie canadienne, il appartient aux ingénieurs de promouvoir ce programme. Il est de leur responsabilité de nous fournir de l'information concernant les structures du passé,

en nous faisant parvenir des rapports d'étude.

Ainsi nos futurs ingénieurs sauront mieux apprécier ce qui a été fait avant eux et les générations à venir auront une meilleure compréhension de notre histoire. *Le programme est entre vos mains. Sans votre coopération le Répertoire des réalisations de l'ingénierie canadienne ne peut rien. C'est VOTRE programme : pour vous et par vous.*

Pour de plus amples renseignements, écrire à :

Secrétaire
 Répertoire des réalisations
 de l'ingénierie canadienne
 Ministère des Affaires indiennes et du
 Nord
 365 ouest, avenue Laurier, 16e étage
 Ottawa, Ontario K1A 0H4



LE MONT SUTTON se glorifie du sommet le plus élevé dans un rayon de 100 milles de Montréal. 20 milles de pentes et de pistes, 6 remontées mécaniques modernes, école de ski, boutique de ski, et tous les avantages possibles, beaucoup de neige et entretien supérieur!

**PENSIONS... HÔTELS... MOTELS...
 CHALETTS PRIVÉS... APPARTEMENTS...
 DORTOIRS POUR SKIEURS...**

**CENTRE
 TOURISTIQUE DE
 RENSEIGNEMENTS**
 Mme Lamb
 C.P. 418
 Sutton, Québec
 Réservations:
 514/538-2646
 514/538-2537

**Toute la gamme du logement
 en dedans de 12 milles**

Tarifs spéciaux de séjours, y compris repas, leçons de ski et billets de monte-pentes. Faites-nous connaître vos préférences. Tout sera fait pour vous assurer un séjour agréable.

Quand l'Hydro fait défaut, General Diesel prend la relève.

General Diesel conçoit et fabrique des groupes électrogènes pour tous les besoins commerciaux et industriels. Par exemple, c'est nous qui avons installé les puissantes unités qui fournissent l'énergie nécessaire au complexe Desjardins lorsqu'il y a panne du secteur.

Les moteurs Detroit Diesel que nous utilisons pour nos groupes électrogènes sont hautement appréciés par la majorité des ingénieurs parce qu'ils sont simples, fiables et peu encombrants.

Notre service après vente fait toute la différence. Même si nos groupes électrogènes sont longuement testés sur banc d'essai avant livraison, nous gardons à votre service une équipe

de dépannage et d'entretien qui assure un service après vente impeccable. Comme nous sommes aussi le plus important centre d'entretien Detroit Diesel de l'est du pays, les moteurs de nos groupes électrogènes n'ont pas de secrets pour nous.

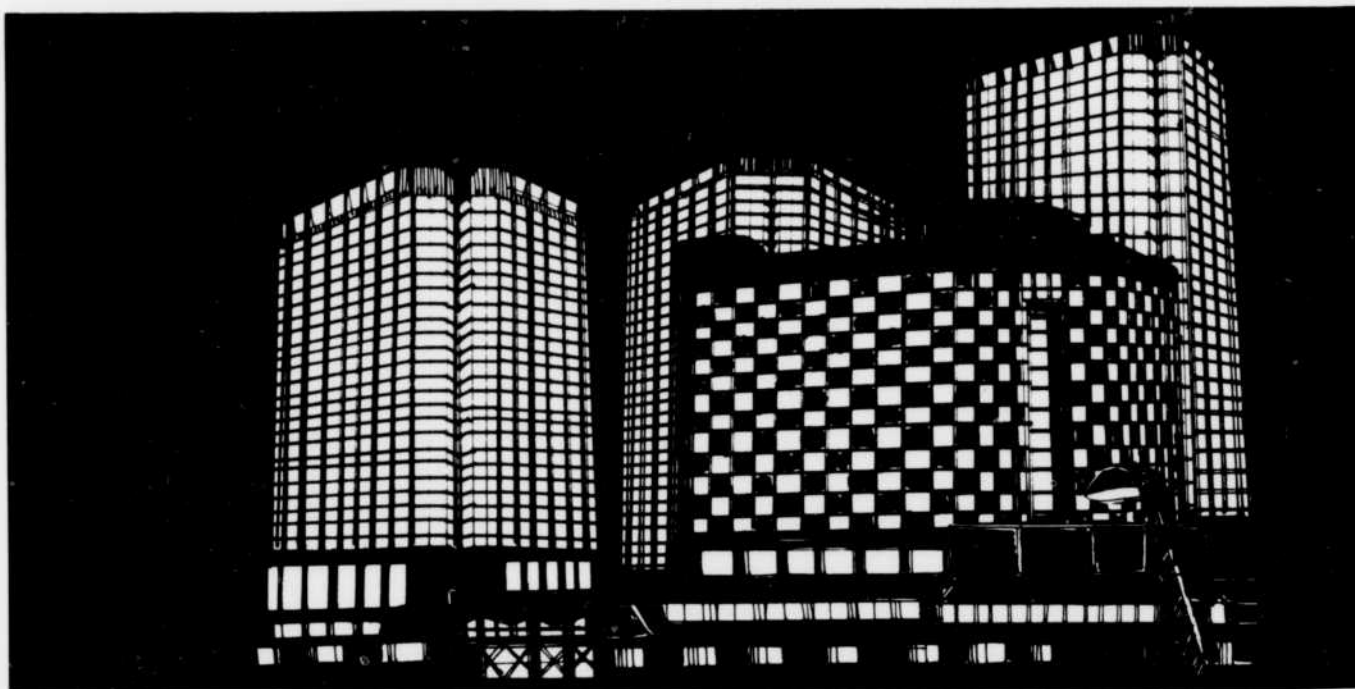
Distributeur pour Detroit Diesel, Allison, Isuzu, De Industrie, Farr, Morse, Horton et fabricant de groupes électrogènes.



2997 rue Watt, Ste-Foy, Québec G1X 3W1
(boulevard Charest, sortie Blaise Pascal)
Téléphone: (418) 651-5371
Télex: 051-3454 TWX: 610-571-5720

Succursale à New Richmond
Rue McCormeck, New Richmond
Co. Bonaventure, Qué. G0G 1Y0
Téléphone: (418) 392-5071 et (418) 392-5072

Chez nous, ça n'traîne pas!



Brèves nouvelles...

HYDRO-QUÉBEC

Il aura fallu à l'Hydro-Québec plus d'un an de travaux et près de \$10 millions pour raccorder le réseau de distribution desservant une partie importante de la moyenne Côte Nord à son réseau de transport à haute tension.

En effet, le territoire compris entre Sheldrake et Havre Saint-Pierre reçoit depuis peu son électricité du réseau principal de l'Hydro-Québec, grâce à une ligne et un poste à 161 000 volts complétés à la fin de 1976.

Une ligne et un poste

M. Gilles Veilleux, gérant du secteur Sept-Îles, dans la région Manicouagan de l'Hydro-Québec, a expliqué que la nouvelle ligne achemine l'électricité nécessaire à ce territoire depuis le poste Arnaud, situé près de Sept-Îles, jusqu'au nouveau poste Havre Saint-Pierre, soit une distance d'environ 160 milles.

Le poste Arnaud est l'un des dix postes du réseau à 735 000 volts de l'Hydro-Québec. Il reçoit l'électricité produite à la centrale Churchill Falls et abaisse une partie de cette énergie pour alimenter notamment Sept-Îles et désormais le poste Havre Saint-Pierre.

Le reste de l'énergie — la majeure partie — arrivant au poste Arnaud continue son voyage vers Québec et Montréal.

M. Veilleux a signalé que le poste Havre Saint-Pierre comporte certaines particularités techniques. Le poste abaisse d'abord la tension de 161 000 à 12 000 volts pour la distribution locale. Une partie de l'énergie préalablement abaissée à 12 000 volts est ensuite portée à 34 500 volts pour alimenter, au moyen d'un réseau déjà existant, cinq autres postes abaisseurs qui desservent les localités de Sheldrake, Romaine, Rivière Saint-Jean, Longue-Pointe-de-Mingan et Mingan.

Le gérant du secteur Sept-Îles a cependant ajouté que cette double transformation sera éliminée au début de l'été 1977 par l'installation de transformateurs qui abaisseront directement la tension de 161 000 à 34 500 volts.

D'hier à aujourd'hui

Jusqu'à récemment, le réseau de distribution desservant les 1 400 abonnés du territoire était alimenté par une centrale thermique Diesel et une petite centrale hydroélectrique, ce qui en faisait un réseau communément appelé « non-relié ».

Construits au cours des années 50 par la Coopérative d'électricité du Golfe Saint-Laurent, les deux centrales et le réseau de distribution devinrent la propriété de l'Hydro-Québec en 1964, à la suite de la nationalisation.

Située à Havre Saint-Pierre, la centrale thermique, dont les huit groupes électrogènes totalisaient une puissance de 7 400 kilowatts et consommaient en moyenne à chaque mois, pour environ \$100 000 de fuel, sera démantelée en 1977.

Toutefois, on conservera la centrale hydroélectrique Magpie qui tire une puissance de 1 800 kW de la rivière du même nom.



Juste pour vous mettre au courant...

Montel a installé un sectionneur télescopique dans le métro de New York.

Il ne faut se surprendre car Montel s'y connaît en matière d'appareillages et de produits électriques et ceci est le résultat d'une technique et d'une capacité de fabrication éprouvées. Ses prix sont compétitifs et Montel peut rencontrer les exigences les plus technologiques et rigoureuses.

D'un océan à l'autre, l'équipement électrique de Montel a fait ses preuves de précision et d'efficacité dans des projets tels que le métro de Toronto, Jetty Services à Halifax (Ministère de la Défense Nationale), l'aéroport Mirabel, le Stade Olympique de Montréal, Manic 5, L'Hydro-Québec, la Place Desjardins, Hydro Manitoba, Hydro Toronto, Saskatchewan Power et plusieurs autres.

Outre-mer, Montel est rapidement devenu exportateur d'équipement de plusieurs millions destiné à des projets érigés jusqu'en Amérique du Sud et Formose. Et ce, malgré la compétition internationale des prix et des compétences.

Grâce à son association avec des manufacturiers européens aussi réputés que Sprecher & Schuh (Suisse), Balteau et EIB (Belgique) et Heafely (Suisse), Montel peut profiter des expériences de leurs laboratoires hautement équipés ainsi que sur les siens pour la recherche et le développement.

S'il s'agit de disjoncteurs 25 ou 36 Kv, de transformateurs de courant ou de tension, de sectionneurs télescopiques, de parafoudres, de sous-stations type intérieures et extérieures, de tableaux de commande, de centres de distribution, de canibars, Montel s'y connaît. Écrivez ou téléphonez, s'il s'agit d'électricité, Montel peut vous mettre au courant!



MONTEL INC.

Siege social et usine:

225, 4e Avenue
Case postale 130
Montmagny, Québec
G5V 3S5
Tél.: (418) 248-0235
Télex: 051-3419

Bureaux de vente:

Montréal
515, boul. Lebeau
St-Laurent, Québec
H4N 1S2
Tél.: (514) 332-9110
Télex: 05-826550

Toronto
105, Davenport
Toronto, Ontario
Tél.: (416) 964-6325

**Halifax, St-John, Fredericton, Québec, Montréal,
Toronto, Regina, Winnipeg, Calgary, Vancouver.**

LE

MOIS

OFFRES D'EMPLOI

ÉVÉNEMENTS À VENIR

OFFRES D'EMPLOI

— **DUPUIS, MALKA & ASSOCIÉS INC.**, conseillers en administration (M. Claude Dupuis, ing., président) 1943, rue Baile, Montréal, Québec H3H 1P6. Tél. : (514) 937-7797.

Cette société recherche un ingénieur industriel, possédant de quatre (4) à huit (8) années d'expérience dans l'administration de production et dans l'installation de système de contrôle.

Le candidat choisi implantera ses recommandations auprès de la clientèle qui se situe au niveau de la moyenne entreprise manufacturière au Québec.

Le salaire et autres conditions seront à discuter, tenant compte des qualifications et de l'expérience.

Les intéressés sont priés de transmettre leur curriculum vitae ou de communiquer directement avec M. Dupuis.

— **JOHN N. BROCKLESBY TRANSPORT LIMITED** (M. Bruno Gauthier, ing., président Brocklesby-Sicotte) Ville d'Anjou, Québec. Tél. : (514) 352-0700.

Ingénieur en manutention

Cette entreprise, spécialisée dans la manutention, est à la recherche d'un ingénieur possédant de cinq (5) à huit (8) années d'expérience pour prendre la responsabilité du secteur de montage et de construction. L'estimation, la vente, la direction des chantiers de manutention et de montage de machines, de colonnes d'usines pétrochimiques, de moulins de mines, de convoyeurs, etc., relèveront de son autorité.

Les personnes intéressées sont priées de communiquer directement avec M. Gauthier.

— **LES INDUSTRIES DE MÉTAL B & F LTÉE** (M. Pierre Therrien, directeur du personnel) 5675, boulevard des Grandes Prairies, bureau 101, St-Léonard, Québec H1R 1B3. Tél. : (514) 326-3440.

Ingénieur industriel

Entreprise, se spécialisant dans la fabrication de pièces métalliques de tout genre, est à la recherche d'un ingénieur industriel avec expérience pour remplir les fonctions suivantes : a) lire les plans ; b) programmer et établir des normes de production ; c) établir des méthodes de production ; d) prendre la responsabilité de la maintenance, de la réparation, de la machinerie et de l'outillage ; e) préparer cotations et liste de matériel au besoin.

Traitement selon l'expérience et les qualifications.

Les personnes intéressées sont priées de communiquer directement avec M. Therrien.

— **ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL** (M. André Dupont, ing., directeur, Département de Mathématiques) case postale 6079, succursale A, Montréal, Québec H3C 3A7. Tél. : (514) 344-4824.

Le Département de Mathématiques de cette institution recherche un professeur (adjoint ou agrégé) pour l'enseignement de l'analyse numérique et de l'analyse — recherche appliquée.

Préférence sera donnée à un ingénieur possédant maîtrise ou doctorat. L'expérience industrielle ou académique est un atout.

Conditions de travail et rémunération selon la convention collective de travail en vigueur.

Les intéressés sont priés de s'adresser directement à M. Dupont.

— **ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL** (M. André Leclerc, ing., directeur du Département de Génie Civil) Campus de l'Université de Montréal, case postale 6079, succursale « A », Montréal, Québec H3C 3A7.

Professeur agrégé ou adjoint en gestion de construction

Ce Département est à la recherche d'un ingénieur possédant un diplôme supérieur en gestion de construction ou en administration (ou équivalent). Le candidat doit posséder une vaste expérience des techniques et de la gestion de construction : expérience de l'enseignement supérieur désirable pour : a) enseignement sous-gradué dans un programme général et un programme spécialisé ; b) participation au domaine d'études des matériaux de construction ; c) liaison avec les organismes du secteur construction.

Le candidat choisi entrera en fonction le 1er juin 1977.

Conditions de travail et rémunération selon la convention collective de travail en vigueur.

Les intéressés sont priés de faire parvenir leur curriculum vitae à l'adresse ci-haut mentionnée avant le 31 mars 1977.

— **SOCIÉTÉ D'ÉLECTROLYSE ET DE CHIMIE ALCAN LTÉE** (M. Linton Baudains, Service du Personnel) case postale 6090, Montréal, Québec H3C 3H2.

Gestion des Ressources hydrauliques

Cette société est à la recherche d'ingénieurs spécialisés en ressources hydrauliques pour faire partie d'une équipe pluridisciplinaire de recherche et de développement, s'occupant présentement d'un projet sur les moyens d'optimiser l'exploitation de son réseau hydro-électrique au Saguenay - Lac Saint-Jean (Québec).

Le candidat idéal possède trois (3) à huit (8) années d'expérience dans le domaine des ressources hydrauliques. La préférence sera accordée aux personnes ayant dépassé le stade du baccalauréat en génie.

Traitement selon l'expérience et la compétence.

Les personnes intéressées sont priées de transmettre leur curriculum vitae à l'adresse ci-haut mentionnée.

Tout ingénieur qui acceptera un des postes offerts dans cette liste est prié d'en avvertir le directeur général de l'Association des Diplômés de Polytechnique, Mme Yolande Gingras, téléphone : (514) 344-4764

UNIVERSITÉ DE MONCTON

Sollicite des candidatures de PROFESSEURS EN GÉNIE CIVIL

FONCTIONS :

Enseignement, recherche et/ou consultation dans les domaines de la construction et de l'hydraulique.

QUALIFICATIONS :

Détenteur d'un Ph.D. ou l'équivalent avec expérience pratique.

RANG ET TRAITEMENT :

Selon les qualifications et l'expérience.

DATE D'ENTRÉE EN FONCTION :

Début septembre 1977, ou avant.

CANDIDATURES :

Date limite, 30 mai 1977, ou dès que le poste sera comblé.

Prière de faire parvenir son curriculum vitae au

Directeur, Département de génie
Faculté des sciences et de génie
Université de Moncton
Moncton, Nouveau-Brunswick E1A 3E9

COMPAGNIE MINIÈRE QUÉBEC CARTIER



M. J. M. R. Gagnon

M. L. S. Heyborne, vice-président de la Compagnie Minière Québec Cartier vient de nommer M. J.M. Réjean Gagnon au poste de Directeur de l'Exploitation Minière. M. Gagnon, diplômé de l'École Polytechnique de Montréal en génie minier, sera responsable de l'exploitation des mines de Fire Lake et de Mont Wright.

M. Gagnon est à l'emploi de la Compagnie Minière Québec Cartier depuis 1964 et il occupait le poste de surintendant général — Exploitation minière — Lac Jeannine au moment de sa nomination.

UNIVERSITÉ DE MONCTON

Sollicite des candidatures de PROFESSEURS EN GÉNIE INDUSTRIEL

FONCTIONS :

Enseignement, recherche et/ou consultation dans les domaines suivants : génie industriel, science de la gestion, génie des systèmes.

QUALIFICATIONS :

Détenteur d'un Ph.D. ou l'équivalent avec expérience pratique.

DATE D'ENTRÉE EN FONCTION :

Début septembre 1977, ou avant.

CANDIDATURES :

Date limite, 30 mai 1977, ou dès que le poste sera comblé.

Prière de faire parvenir son curriculum vitae au

Directeur, Département de génie
Faculté des sciences et de génie
Université de Moncton
Moncton, Nouveau-Brunswick E1A 3E9



MOBILIER QUÉBEC Inc.

5320 - 13^{ième} AVENUE ROSEMONT
MONTREAL H1X 2X9

DES QUÉBÉCOIS AU SERVICE DES QUÉBÉCOIS

Salle de montre-entrepôt spécialisée dans le moderne, colonial, futuriste, rustique...

Mobilier Québec est au service des professionnels depuis des années.

Vous avez le privilège de visiter notre salle de montre-entrepôt en tout temps.

Plan bancaire de la B.C.N., plan mise de côté.

Nous vous offrons 24 mois de garantie contre toute défectuosité du manufacturier.

ENTREPOSAGE GRATUIT POUR UNE PÉRIODE DE 12 MOIS.

Pour rendez-vous : Réal Noël, L.Sc.A. 69
725-5217

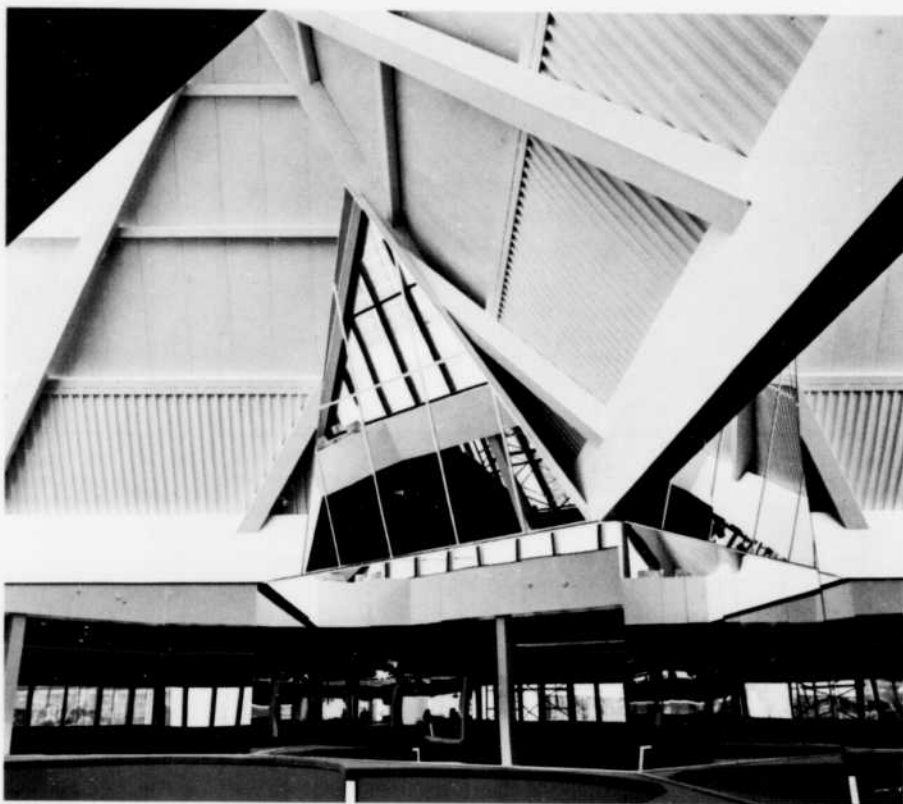
Avec l'acier préfini Stelcolour le design se distingue

L'acier préfini Stelcolour ajoute beauté et couleur au fonctionnalisme. Des designers canadiens de renom parent maintenant certaines de leurs meilleures créations d'acier Stelcolour. Voyez les exemples sur nos photos. Constatez l'attrait, le 'charme' de ces constructions. Ce que vous voyez, c'est de l'acier préfini Stelcolour.

Et de plus en plus d'architectes, d'ingénieurs et de constructeurs découvrent l'unique combinaison des aspects esthétique, tenue et économie qu'offre la tôle d'acier préfinie Stelcolour. Pour l'intérieur et l'extérieur.

L'acier préfini Stelcolour est un produit de qualité éprouvée. C'est la résistance et la durabilité de l'acier, la galvanisation pour prévenir la rouille et plusieurs couches de produits chimiques. Puis la couche d'apprêt. Et enfin, le tenace fini Stelcolour, durci au four, soumis à essais, qui supportera une grande diversité de conditions atmosphériques.

L'acier préfini Stelcolour peut conférer un cachet esthétique à votre prochain projet, à coût attrayant. Consulter la Stelco pour obtenir plus de renseignements.

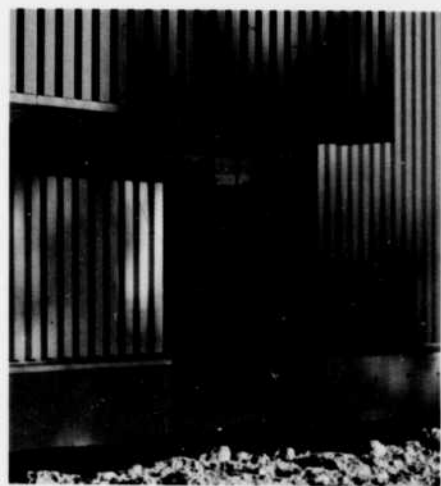


Ci-haut—Université Brock, construction universitaire par étapes, à St-Catharines, Ontario.
Propriétaire: Université Brock.
Architecte et auteur des plans: Raymond Moriyama.
Ingénieurs en charpente: Robert Halsall & Associates Limited.

Mise en oeuvre et montage de l'acier de charpente: Hiikron Steel Works Canada, Limited.
Entrepreneur général: Eastern Construction Limited.
Fabrication et montage des platelages et revêtements en acier: Westeel-Rosco Limited.

En bas au centre—École Secondaire Charlebois, Ottawa, Ontario.
Propriétaire: le Conseil scolaire d'Ottawa.
Architectes: Schoeler Heaton Harvor Menendez.
Ingénieurs en charpente: Robert Halsall & Associates Limited.

Mise en oeuvre et montage de l'acier de charpente: Canron Limited-Eastern Structural Division.
Fabrication et montage des platelages de toiture en acier: Westeel-Rosco Limited.
Fabrication des panneaux de revêtement en acier préfini: Cresswell-Pomeroy Limited.
Montage des panneaux: Guibeault, Leduc & Daigle, Incorporée.





Ci-haut, en haut au centre et à droite—Bibliothèque, Albert Campbell, Scarborough, Ontario.
 Propriétaire: Commission des bibliothèques de Toronto Métropolitain / Commission des bibliothèques publiques de Scarborough.
 Architectes: Fairfield & Dubois.
 Ingénieurs en charpente: Cazaly-Otter Associates.
 Créateurs et fabricants du plafond-corniche: Donn Products (Canada) Limited.
 Entrepreneurs, plafond-corniche: Arrow Acoustics & Flooring Company Limited.

A: The Steel Company
 of Canada, Limited
 Stelco Tower
 Department "A"
 Hamilton, Ontario L8N 3T1

Veuillez me faire parvenir un
 exemplaire de votre brochure
 "Stelcolour"

NOM / TITRE _____

COMPAGNIE _____

ADRESSE _____

7501 / 5F



stelco

The Steel Company
 of Canada, Limited

Société canadienne ayant usines et bureaux
 par tout le Canada et des représentants
 sur les principaux marchés du monde.

ÉVÉNEMENTS À VENIR

TROISIÈME COLLOQUE AUGUSTIN-FRIGON

École Polytechnique de Montréal
4 et 5 mai 1977

THÈME : « LA PRÉVISION TECHNOLOGIQUE ET L'INDUSTRIE DU QUÉBEC : OPPORTUNITÉS ET DÉFIS »

Ce colloque est organisé par le Département de génie chimique de l'École Polytechnique sous les auspices de la Fondation des Diplômés de Polytechnique.

Le but du troisième Colloque Augustin-Frigon est d'examiner les principaux facteurs qui pourront définir l'environnement futur dans lequel l'innovation technologique devra être conçue et utilisée à l'échelle du Québec.

Le Colloque comprendra trois sections :

La première présentera une analyse des développements probables ou possibles pour la décennie prochaine dans un certain nombre de domaines clés tels que l'économie, l'environnement, la démographie, les politiques de recherche et de développement. Des personnalités représentatives de ces secteurs ont été invitées à présenter un tableau des facteurs auxquels la technologie devra répondre pour satisfaire les besoins du Québec.

Dans la seconde section seront discutés des cas concrets illustrant les méthodes et processus utilisés dans des grandes entreprises de la région pour établir un plan à long terme de développement technologique. Ces exemples seront soumis par des représentants de la direction des entreprises en question.

La dernière section sera un exposé des techniques de prévision technologique et de leur application au processus de décision. Cette partie sera illustrée par un exemple emprunté à un exercice modèle du cours de prévision technologique de l'École Polytechnique.

Le choix des conférenciers participant au Colloque a pour but d'assurer des présentations de la plus haute qualité ainsi qu'une représentation bien équilibrée des organismes gouvernementaux et privés susceptibles d'apporter une expérience et une opinion de valeur.

Le programme de ce Colloque devrait retenir l'attention de toute personne (à plus forte raison des ingénieurs) occupant une fonction de responsabilité technique ou de gestion dans l'industrie ou dans un organisme gouvernemental. De plus, il devrait être d'un intérêt tout spécial pour les représentants de la moyenne et petite entreprise par ses exemples et discussions des méthodes modernes de prise de décision. Il s'adresse aussi à tous ceux qui s'occupent de la formation des cadres techniques et d'affaires, c'est-à-dire aux professeurs des écoles d'ingénieurs, d'économie, de commerce, etc.

FRAIS D'INSCRIPTION :

- Participation complète : \$75
- Participation complète (étudiants) : \$25
- Participation partielle (étudiants) : \$10 (conférences, compte rendu)

Note : Toutes personnes désirant des renseignements additionnels sont invitées à s'adresser à :

Troisième Colloque Augustin-Frigon
Secrétariat — génie chimique
École Polytechnique
Campus de l'Université de Montréal
Case postale 6079, succursale A
Montréal, Québec H3C 3A7
Téléphone : (514) 344-4818

ASSOCIATION DES DIPLÔMÉS DE POLYTECHNIQUE

Assemblée générale et banquet annuel

M. Roger LESSARD, '41, président de l'Association des Diplômés de Polytechnique, invite tous les membres de l'Association à assister à l'assemblée générale et au banquet annuel de leur Association.

Date : Vendredi, 11 mars 1977

Endroit : Hôtel Le Reine Elizabeth

Heure de l'assemblée : 15 h (salon Mackenzie)

Heure du banquet : 19 h 30 (Grand Salon)

Conférencier invité : M. Bernard Landry

Ministre d'État au Développement
économique
Province de Québec

GUY CLÉMENT & ASSOCIÉS Comptables agréés



Guy Clément, L.Sc.Com., C.A.,
chargé de cours
à l'École Polytechnique,
annonce l'ouverture de son
bureau de comptable agréé au

5020, rue De Salaberry
MONTREAL (Québec)
Téléphone : (514) 337-3727



lupien, rosenberg et associés inc.
and associates

Services géotechniques	Geotechnical Services
Investigations sur le terrain	Site Investigations
Mécanique des sols et des roches	Soil and Rock Mechanics
Conception des fondations	Foundation Engineering
Écoulement en milieu poreux	Seepage Analysis
Contrôle des matériaux	Earthwork Control
Inspection et essais sur chantier	Field Inspection and Testing
Tunnels	Tunnels

3, 34ième AVENUE, ÎLE PERROT, QUÉ. — (514) 453-8482



QUÉFORMAT LTÉE

981 PIERRE-DUPUY
LONGUEUIL
QUÉBEC J4K 1A1
674-4901

FORAGES
ÉTUDES GÉOTECHNIQUES
CONTRÔLE DES MATÉRIAUX

GESTION CENTRALISÉE ET AUTOMATIQUE DE LA CIRCULATION DES TRAINS

par François Beaulieu, M.Sc.A., ing.

Sommaire

La circulation des trains sur le réseau de métro de Montréal est supervisée d'un poste de commande et de contrôle centralisés. Cet article explique le fonctionnement et l'utilisation des principaux composants du poste central et décrit les fonctions automatiques contenues dans les programmes de régulation du trafic.

Introduction

L'exploitation de chacune des lignes du métro de Montréal est dirigée à partir d'un poste de commande et de contrôle centralisés. La figure no 1, représentant un poste central avant les transformations apportées à l'occasion des récents prolongements, montre très bien les deux principaux éléments constituant d'un tel poste.

D'abord, au premier plan, on distingue le pupitre du responsable de la régulation (régulateur), sur lequel sont disposées les différentes platines de commandes et de télécommunications. En second lieu, on voit à l'arrière-plan le tableau de contrôle optique qui, par une représentation synoptique des voies, sert principalement au repérage et à l'identification des trains sur la ligne.

De fait, le poste central n'est que le rassemblement d'instruments techniques mis à la disposition du régulateur, pour gérer à distance le mouvement des trains. Cet ensemble de moyens de gestion est constitué de commandes orientées du poste central vers la ligne et de contrôles orientés de la ligne vers le poste central.

L'auteur :

M. François Beaulieu, ingénieur-analyste, division Métro, Service du Transport de la Commission de Transport de la Communauté urbaine de Montréal (CTCUM).



Figure 1 — Régulateur et tableau de contrôle du poste central.

Ces moyens sont complétés et eux-mêmes utilisés par des automatismes réalisés par ordinateurs, lesquels exécutent les tâches routinières et assurent la régulation de la circulation.

La connaissance des principes généraux d'exploitation d'une ligne de métro est essentielle pour saisir le rôle d'un poste central et en comprendre le fonctionnement. En conséquence, le chapitre suivant sera consacré à la description d'une ligne et de son exploitation.

Notions d'exploitation et de circulation

Voies principales

Chaque ligne est établie dans un tunnel à deux voies et exploitée d'une manière indépendante. Le service aux voyageurs s'effectue sur les voies dites principales. Les trains circulent sur la voie de droite, d'un terminus à l'autre, avec arrêt à chacune des stations le long de la ligne. Toutes les stations y compris les terminus

comprennent deux quais indépendants, chacun donnant accès à l'une des voies principales.

Composition des trains

La longueur d'un quai est de 500 pieds (151 mètres), permettant ainsi à un train de neuf voitures d'être entièrement contenu entre les extrémités d'un quai. Du aux caractéristiques physiques du matériel roulant, les trains ne peuvent être formés que d'élément(s) ; un élément est une unité autonome de trois voitures, constituée d'une remorque encadrée de deux motrices. Chaque motrice est munie d'une loge de conduite et, à la formation d'un élément, on dispose les motrices de façon à ce qu'on retrouve une loge de conduite à chacune des extrémités de l'élément. Par l'accouplement ou le découplage des éléments entre eux, les trains peuvent donc prendre les compositions suivantes : un, deux ou trois élément(s), i.e. trois, six ou neuf voitures.

Voies secondaires

Outre les voies principales, une ligne est également constituée de voies secondaires sur lesquelles la circulation s'effectue sans voyageur. Cette partie du réseau comprend les raccordements servant à relier soit les lignes entre elles, soit les voies principales aux voies de garages et à celles des ateliers. L'arrière-gare, qui est le prolongement des voies principales au-delà du terminus, est utilisé pour le garage des trains en dehors des heures d'exploitation et pour les manœuvres de changement de voie.

Changement de voie

Le passage d'un train d'une voie à l'autre est réalisé au moyen d'aiguillages appelés communications de voie. Un aiguillage peut être soit en voie droite, soit en voie déviée. Un terminus comporte toujours deux communications, une en avant-gare et une en arrière-gare. Dans des conditions normales d'exploitation, le changement de voie en terminus est effectué en arrière-gare (figure 2).

Le train en provenance de la ligne se présente au quai d'arrivée du terminus où les voyageurs descendent. L'aiguillage d'arrière-gare étant disposé en voie droite, le train avance ensuite en arrière-gare jusqu'à ce qu'il dégage complètement cet aiguillage. Le sens de marche est alors inversé par le transfert des commandes entre la loge de conduite de tête et celle de queue du train. Après que l'aiguillage d'arrière-gare a été placé en voie déviée, le train franchit cette communication pour être finalement conduit au quai de départ, où le service aux voyageurs est repris en sens opposé.

Deux modes dégradés d'exploitation d'un terminus sont également schématisés à la figure 2. Il faut y recourir lorsque la communication d'arrière-gare est inutilisable. Tous deux utilisent l'aiguillage d'avant-gare pour effectuer le changement de voie. La différence entre la manœuvre dite d'avant-gare et celle dite de quai banalisé est que la seconde retourne les trains

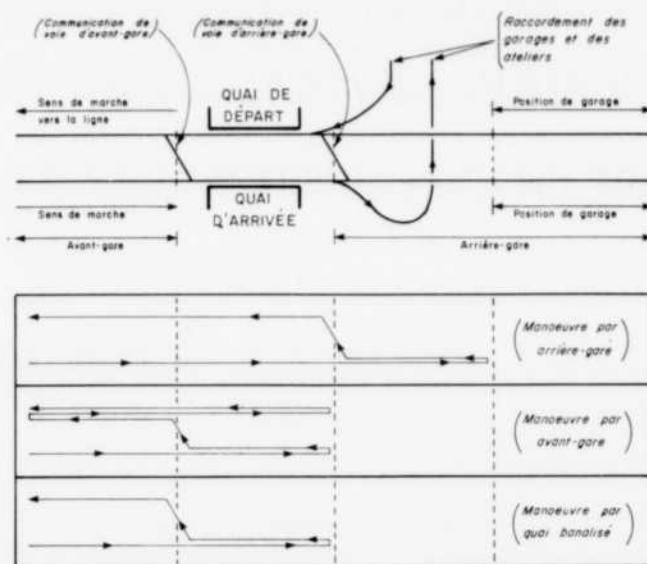


Figure 2 — Schéma d'un terminus et des manœuvres.

directement en ligne à partir du quai d'arrivée sans passer par le quai de départ, ce qui oblige à effectuer le débarquement et l'embarquement des voyageurs sur le seul quai d'arrivée.

Quantité d'autres manœuvres ont lieu dans les zones de terminus telles celles des garages, des dégarages, des accouplements, des découplements, etc... Ces zones sont de loin les plus achalandées d'une ligne et on doit y exercer un contrôle constant.

Service provisoire

Le long d'une ligne, à toutes les quatre stations en moyenne, on trouve des stations courantes équipées d'une ou de deux communications de voie. Une telle station devient alors une zone de manœuvre où l'on peut occasionnellement tourner des trains en ligne pour diverses raisons (répondre à une demande inopinée de service sur la voie opposée, diriger un train avarié vers les ateliers, répartir plus uniformément les trains sur les deux voies après une perturbation, etc.). Ces zones de manœuvres en ligne peuvent également servir provisoirement de terminus lorsqu'un tronçon de la ligne ne peut être exploité à cause d'une perte de l'alimentation-traction dans une zone, par exemple. Ce type d'exploitation s'appelle service provisoire et on l'identifie par le nom de la station qui est utilisée comme terminus (ex. service provisoire à la station Frontenac). Les voies de raccordement en provenance d'une autre ligne ou des voies de garage aboutissent toujours à une zone de manœuvre constituée de deux communications de voie (voir schéma d'ensemble d'une ligne, figure 3).

Composition de la voie

Sauf dans les aiguillages, les voies sont constituées de barres de guidage, de pistes de roulement et de rails de sécurité.

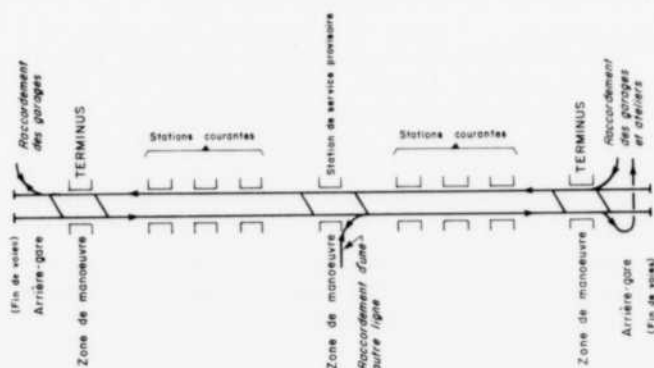


Figure 3 — Schéma d'ensemble d'une ligne.

Les barres de guidage sont des cornières disposées de part et d'autre de la voie, servant à diriger le train en voie courante et à l'alimenter en courant de traction (750 V, d.c.) au moyen de frotteurs positifs. En s'appuyant sur les barres de guidage, des roues à pneus horizontales maintiennent le train dans l'alignement de la voie.

Également équipées de pneumatiques, les roues porteuses sont fixées aux extrémités des essieux et s'appuient sur les pistes de roulement. Ces pistes sont en béton et elles reposent directement sur le radier (plancher) du tunnel. Du côté intérieur des roues porteuses, et solidaires de celles-ci, on a les roues de sécurité. Ces roues, de type ferroviaire, prennent parfois appui sur les rails fixés au radier, soit pour supporter le train en cas de dégonflement des pneus porteurs, soit pour le guider en cas de dégonflement des pneus de guidage ou lors des passages dans les aiguillages, où les barres de guidage sont inexistantes (figure 4).

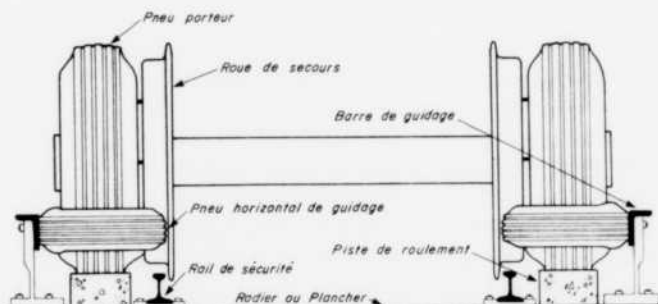


Figure 4 — Coupe de la voie.

Les rails d'acier n'ont pas pour seule fonction d'assurer le roulement fiable des trains. En plus, ils servent au retour du courant de traction via les frotteurs négatifs. Toute voiture est en effet munie en chacune

de ses extrémités d'une paire de frotteurs négatifs s'appuyant sur les rails.

Circuit de voie

De plus, les rails sont divisés en tronçons séparés entre eux par des joints isolants. Une paire de frotteurs négatifs, par le shuntage des deux files de rails, fait connaître la présence d'un train sur un tronçon. Les tronçons, également appelés cantons ou circuits de voie, ont une longueur moyenne d'environ sept cents (700) pieds, ce qui est une indication du degré de résolution du repérage des trains sur le réseau.

Consignes de vitesse

Finalement, les circuits de voie sont utilisés pour la transmission d'informations assurant la protection des trains. Ces informations, une fois décodées, apparaissent dans un visualisateur de la loge de conduite sous forme de consignes de vitesse. Cette signalisation, conçue pour assurer l'espacement des trains, fonctionne selon deux principes distincts, dépendant de l'endroit où elle s'applique, en voie courante ou en zone de manœuvre.

En voie courante, la vitesse permise est de 45 ou 35 mi/h (72 ou 56 km/h) selon l'alignement et le profil du tunnel. À l'occupation d'un circuit de voie (n) par un train, le circuit de voie immédiatement en amont (n-1) affiche une consigne de vitesse nulle (0 mi/h), tandis que la vitesse sur le second circuit de voie en amont (n-2) est restreinte à 25 mi/h (40 km/h). L'espacement est donc maintenu en fonction du sens normal de marche et tout refoulement (recul) d'un train est formellement interdit sauf en cas d'extrême nécessité.

Contrôle continu de vitesse

Le respect des consignes de vitesse est assuré par le système de contrôle continu de vitesse monté à bord du train. Lorsque conduit en pilotage automatique, le train respecte de lui-même la vitesse autorisée en commandant la traction ou le freinage. En conduite manuelle, le conducteur, qui engage son train sur un canton à une vitesse supérieure à celle permise, est informé de la condition de survitesse. Il doit réagir en appliquant le freinage. Le système de contrôle continu de vitesse mesure alors la décélération et, si elle est insuffisante, il applique automatiquement le freinage d'urgence.

Arrêts programmés

Les circuits de voie des stations courantes ne possèdent pas de consignes de vitesse plus restrictives que celles décrites plus haut. Donc, lorsque le mode manuel de conduite est utilisé, les conducteurs doivent arrêter eux-mêmes leur train à chacune des stations. Le pilote automatique, quand il est en fonction, se charge entièrement des arrêts en conformité avec les informations provenant du système d'arrêts programmés. Dans le cas des trains de trois éléments, le service aux voyageurs

nécessite toute la longueur du quai et les arrêts s'effectuent en conséquence. Toutefois, pour les trains courts (3 ou 6 voitures), l'endroit où s'effectue le service varie d'une station à l'autre en fonction de la position des accès à chacun des quais. Le voyageur sera informé de l'entrée imminente en station d'un train court par l'allumage des indicateurs de position d'arrêt. Ces indicateurs sont suspendus au plafond du quai et renseignent le voyageur quant à l'endroit exact où se trouvera la tête et la queue du train lorsque ce dernier sera stationné au quai pour effectuer le service.

Itinéraires

Dans les zones de manœuvres et particulièrement dans les terminus, il ne s'agit plus uniquement d'assurer l'espacement entre des trains qui circulent dans le même sens, mais également de prévenir les collisions frontales et latérales, les déraillements, le bris des appareils de voie et les heurts des voitures contre les butoirs de fin de voie. La flexibilité d'exploitation exige que l'on permette des mouvements de trains dans les deux sens, tant sur les voies principales que sur les aiguilles et les voies d'arrière-gare et de raccordement. Les manœuvres de changement de voie décrites plus haut ne sont que quelques exemples parmi tout un ensemble de déplacements possibles.

On désigne, sous le vocable d'itinéraire, tout mouvement de train constitué du franchissement d'un aiguillage, que celui-ci soit disposé en voie droite ou déviée. Pour pouvoir s'engager sur un aiguillage, il faut d'abord commander l'itinéraire qui permette ce déplacement. Toutefois, avant de s'établir et de pouvoir être réalisé par un train, l'itinéraire commandé doit satisfaire toutes les conditions contenues à l'intérieur d'une logique câblée, à savoir :

- l'itinéraire commandé ne doit pas entrer en conflit ou être incompatible avec tout autre itinéraire déjà établi ;
- la concordance de la position des aiguilles faisant partie de l'itinéraire doit être vérifiée, et la logique câblée doit être en possession du contrôle impératif et permanent de ces aiguilles ;
- aucune occupation des circuits de voie compris dans l'itinéraire ne doit être détectée pour satisfaire les conditions d'espacement ;
- aucune commande de destruction de l'itinéraire ne doit avoir été émise.

Comme en voie courante, l'espacement entre les trains et leur protection est assuré par les consignes de vitesse qui sont elles-mêmes assujetties à l'établissement d'un itinéraire. Donc, lorsque rien ne s'y oppose, l'itinéraire s'établit en bloquant tous ceux qui lui sont incompatibles au moyen de consignes de vitesse nulle. Seuls les circuits de voie contenus dans l'itinéraire reçoivent des consignes autorisant le déplacement, soit 20 mi/h (32 km/h) pour le franchissement d'un aiguillage en voie droite et 15 mi/h (24 km/h) si l'aiguillage est en voie déviée. L'itinéraire étant alors ouvert, il peut être réalisé par un train. Rendu à destination, le train est

freiné en conformité avec les informations provenant du système d'arrêts programmés et la destruction de l'itinéraire est généralement automatique.

La protection et la circulation des trains sur les voies secondaires (garages, raccordements) sont également réalisées selon le principe des itinéraires. Toutefois, à l'ouverture d'un itinéraire dans ces secteurs, l'unique consigne de vitesse injectée sur les cantons correspondant est fixée à 10 mi/h (16 km/h). Cette consigne ne peut être captée et décodée par le pilote automatique, et il y a absence de système d'arrêts programmés sur les voies secondaires. Seule la conduite manuelle est donc possible.

Horaire

Chaque train porte un numéro d'identification auquel est associé un horaire déterminant l'heure du dégarage, l'heure de départ de chacun des terminus pendant la durée du service et l'heure du garage. Le personnel de gestion, par les commandes d'itinéraires qu'il est appelé à effectuer, est responsable non seulement du maintien de l'ordre des trains, mais également du respect de l'horaire et de l'exécution du plan d'exploitation. D'autres moyens sont à la disposition des régulateurs pour intervenir dans la circulation des trains. Avant d'en expliquer le fonctionnement, nous décrirons d'un point de vue théorique la régulation du trafic sur une ligne, afin de comprendre le sens des commandes et des ordres émis du poste central.

Régulation et centralisation

En l'absence du poste central, la gestion de la circulation est confiée au personnel de cadre du métro que l'on retrouve en tunnel. Le surveillant a la responsabilité de la ligne entière et il est assisté localement par des chefs de train. En ligne, l'envergure des dispositifs de commande et de contrôle varie selon le type de zone de manœuvres (terminus ou stations de service provisoire). Quel que soit le type de contrôles dont dispose le chef de train, il est toujours limité dans son rayon d'action. Dans ces conditions, la coordination n'est possible qu'au prix de nombreuses communications téléphoniques, entraînant ainsi des délais d'exécution qui s'accumulent avec le déplacement des trains d'une zone de contrôle à l'autre. Lors de panne des systèmes de télécommunication et de télétransmission ou lors de défektivité de fonctionnement des dispositifs du poste central, il faut parfois recourir au mode local d'exploitation.

Les stations courantes équipées de communication de voie ne possèdent que des coffrets fixés au mur du tunnel, sur lesquels des boutons servent à commander des itinéraires de changement de voie. Groupés dans le poste local, les équipements du terminus sont beaucoup plus complets et ils permettent au chef de train :

- de déceler l'occupation des circuits de voie et de connaître l'état des itinéraires et des aiguillages grâce au mini-tableau de contrôle optique qui est une représentation synoptique des voies du terminus,

- de commander ou détruire tout itinéraire de la zone par simple action d'un bouton correspondant sur la platine de son pupitre,
- de déclencher le timbre de départ et d'émettre le signal ordonnant le départ du terminus,
- de communiquer par radio-téléphone avec les opérateurs des trains situés dans son secteur,
- d'identifier certaines alarmes, en provenance de la zone de vérification que doivent franchir les trains avant d'accéder au quai de départ (dégonflement de pneus porteurs ou de guidage, mauvais shuntage des deux files de rail par les frotteurs négatifs causant des pertes d'occupation de circuit de voie).

À l'exception de l'identification numérique des trains et des automatismes apportés par les ordinateurs, les régulateurs (personnel chargé de la gestion et de la régulation du trafic au poste central) ne possèdent pas plus de contrôle sur une zone de terminus que le chef de train au poste local. Ils ont toutefois l'immense avantage de pouvoir localiser tous les trains de la ligne, de communiquer avec leurs opérateurs, de retenir momentanément en station un train donné et de commander un itinéraire en s'adressant à n'importe quelle zone de manœuvre (terminus, garage, station de service provisoire).

En exploitation normale, les commandes sont émises du poste central et les changements de voie ont lieu aux terminus. La gestion de la ligne est confiée à deux régulateurs, chacun ayant la responsabilité d'un terminus (y compris l'arrière-gare et le garage) et de la voie principale sur laquelle les trains sont injectés à partir de ce dernier. Puisqu'une ligne forme un tout et que la marche d'un train est liée à celle des autres, les régulateurs doivent coordonner leurs interventions pour assurer partout sur la ligne le service auquel le voyageur est en droit de s'attendre. La régulation consiste non seulement à maintenir l'ordre des trains en terminus et à respecter leur horaire de départ, mais surtout à garder entre les trains l'intervalle prévu à l'horaire et ce, d'un bout à l'autre de la ligne.

La régulation d'intervalle n'est réalisable que du poste central où, grâce au rassemblement des informations en un même lieu, les régulateurs possèdent une vision globale et instantanée de la position des trains et des événements qui se produisent sur la ligne. Ils sont donc en mesure de réagir promptement et judicieusement face aux situations qui surgissent en cours d'exploitation. Ils évitent ainsi que des incidents sans gravité ne provoquent des perturbations démesurées et n'engendrent des situations pénibles pour les voyageurs.

Le poste central est donc le cerveau du métro. Tous les systèmes de transmissions d'informations y convergent. Les données y sont analysées et traitées soit par ordinateur, soit directement par le régulateur. Des commandes sont ensuite transmises aux appareils en tunnel et des directives sont données tant au personnel à bord des trains qu'à celui en tunnel. Le but visé par cette centralisation est la gestion rationnelle de la circulation des trains qui se traduit concrètement par la régularité du service. La régulation d'intervalle mini-

mise le temps d'attente des voyageurs et contribue à leur sécurité en empêchant leur accumulation excessive sur les quais. De plus, estime-t-on, la capacité de transport de la ligne augmente d'environ 15% aux heures d'affluence, du seul fait d'une meilleure répartition de l'achalandage entre les trains. Les bénéfices produits par l'unité de commande et la rapidité à prendre des décisions judicieuses prennent des proportions encore plus grandes lors des perturbations résultant d'avarie ou d'incident.

Composants du poste central

Le poste de travail des régulateurs est constitué d'un pupitre et du tableau de contrôle optique. Bien que ne faisant pas directement partie du poste, les ordinateurs et le système de télétransmission sont des organes essentiels à son fonctionnement.

Télétransmission

À l'exception de certaines fonctions dites de sécurité, qui parviennent directement au poste central au moyen de liaisons fil à fil, les commandes et contrôles sont télétransmis sous forme codée via un système électronique n'utilisant que deux paires de conducteurs. Chaque station possède son système indépendant constitué d'une unité-maitresse localisée au poste central et d'une unité secondaire installée dans un local au niveau des quais, d'où divergent tous les câbles reliant les divers équipements sur lesquels on exerce un contrôle à distance.

Le système de télétransmission est utilisé tant pour le contrôle des trains que pour celui des services auxiliaires (pompage, ventilation, chauffage, etc.) et celui de la transformation et de la distribution de l'énergie électrique. D'une façon générale, une commande est orientée du poste central vers la ligne, alors qu'un contrôle emprunte le sens opposé.

Ordinateur

Le système de traitement de données nécessite deux mini-ordinateurs par ligne ; le premier possède les commandes tandis que le second n'est qu'un ordinateur de secours prêt à prendre automatiquement la relève en cas de défaillance du premier. Le passage d'un ordinateur à l'autre se fait sans perte d'informations puisque les deux sont constamment branchés en parallèle. Les ordinateurs de la ligne no 4 (Longueuil), n'ayant à contrôler qu'une ligne de trois stations, accomplissent également la gestion des services auxiliaires de toutes les lignes du réseau. Les termes de télétransmission concernant les services auxiliaires sont donc directement acheminés des unités-maitresses aux ordinateurs de la ligne no 4.

La salle des ordinateurs regroupe neuf ordinateurs, dont deux pour chacune des quatre lignes et un neuvième servant à l'enregistrement des conditions d'exploitation et à l'impression du journal des événements tels les alarmes, les heures réelles de garage et de dégarage, les écarts d'horaire au départ des terminus, les modifications d'intervalle, etc... La salle contient également tous les équipements périphériques nécessaires au

fonctionnement du système : imprimante rapide, horloge à temps réel, unités de mémoire à disques, lecteurs et perforateur de ruban de papier, lecteur de carte, consoles d'opération, dérouleurs de bande magnétique. Pour chaque ligne, l'ordinateur principal est relié aux différentes platines du pupitre du régulateur et au tableau de contrôle optique de la ligne. Bien que la transformation et la distribution d'énergie ne soient pas la responsabilité des régulateurs, ils disposent toutefois des moyens techniques pour alimenter et désalimenter les barres de guidage, puisqu'ils sont les seuls à connaître les conditions en ligne. Ils n'ont toutefois aucun contrôle sur les services auxiliaires, leur gestion étant complètement indépendante de celle des trains.

Tableau de contrôle optique

Le tableau de contrôle optique se compose de deux représentations synoptiques des voies. La première, qui ne sera pas décrite dans cet article, donne l'état de l'alimentation des barres de guidage et des circuits de coupure d'urgence. La seconde concerne la circulation et procure au régulateur les contrôles suivants :

- l'occupation de chaque circuit de voie par l'allumage au rouge du voyant correspondant ;
- l'identité des trains qui occupent les circuits de voie, au moyen d'un nombre à deux chiffres formés de segments lumineux ; ces segments sont associés à chaque circuit de voie et l'ordinateur propage le numéro du train de canton en canton au fur et à mesure que le train se déplace ; les trains ne sont identifiés que sur les voies principales ;
- la position des aiguillages et l'état des itinéraires pour chaque zone de manœuvre ;
- l'état des feux « départ sur ordre » ; on trouve à la sortie de chacun des quais trois feux blancs disposés en triangle ; leur clignotement suite à une commande de l'ordinateur ou du régulateur interdit formellement tout départ du quai ; ils servent donc à retenir les trains à quai en particulier pour régulariser les intervalles et éviter aux voyageurs des immobilisations en interstation ;
- l'aspect des indicateurs de destination ; ces indicateurs se trouvent uniquement au quai d'arrivée des terminus ; ils affichent, sur commande de l'ordinateur, deux caractères formés de segments lumineux qui renseignent l'opérateur quant à la manœuvre à effectuer (changement de voie ou garage) et à la destination de l'itinéraire établi à partir du quai d'arrivée.

Toutes ces informations sont directement accessibles d'un simple coup d'œil. Elles évitent les longues transmissions verbales de renseignements qui autrement seraient nécessaires, et elles accélèrent d'autant le processus de prise de décision.

Pupitre des régulateurs

Vu la présence de deux régulateurs par ligne, la plupart des dix éléments décrits plus bas sont doublés sur chaque pupitre.

1° La platine d'alarmes

Plusieurs équipements font l'objet d'une surveillance par des circuits d'alarme. Le déclenchement d'une alarme actionne au poste central un hurleur ou un ronfleur, selon le type ; l'identification par le régulateur est immédiate puisqu'un voyant associé à chacune d'elles clignote sur la platine d'alarmes. Afin de concrétiser la réception de l'alarme, le régulateur appuie simultanément sur le bouton-voyant de l'alarme et sur le bouton « acquittement ». L'alarme est alors affichée sur les écrans cathodiques du pupitre jusqu'à ce que la condition ayant causé cette alarme disparaisse. De plus, à la réception et à la cessation d'une alarme, les informations pertinentes sont inscrites sur l'imprimante lente du pupitre.

Chaque terminus est équipé d'une zone-test où sont effectuées les vérifications de gonflement des pneus-porteurs et des pneus de guidage, des dimensions de la caisse du train à l'aide d'un gabarit ainsi que du shuntage des deux files de rail par les frotteurs négatifs. Toute anomalie est signalée au pupitre du poste local du terminus et au poste central. Le régulateur doit exiger l'inspection du train et son remplacement, si nécessaire, lorsqu'une de ces alarmes survient.

D'autres alarmes sont aussi transmises au poste central et leur déclenchement requiert à chaque occasion l'intervention du régulateur :

- franchissement par un train des feux « départ sur ordre » ;
- dégonflement de pneus-porteurs en station courante ;
- panne de l'ordinateur principal de la ligne ;
- alimentation intempestive des barres de guidage ;
- défaut ou court-circuit dans les boucles des circuits de coupure d'urgence ;
- discordance entre l'état des feux « départ sur ordre » en tunnel et leurs contrôles au poste central.

2° L'imprimante lente

L'imprimante du pupitre des régulateurs a pour fonction de fournir un résumé imprimé des commandes, des contrôles et des événements majeurs (alarmes) qui surviennent en cours d'exploitation. Pour fins d'analyse ultérieure, le résumé est imprimé selon l'ordre chronologique et contient l'heure, l'endroit et la nature de chaque événement faisant l'objet d'une impression.

3° La platine de coupure de l'alimentation de traction

La platine de coupure du courant de traction comporte un bouton-voyant lumineux, normalement éteint pour chaque zone d'alimentation, et un servant à la coupure globale de la ligne. La longueur moyenne d'une zone d'alimentation est d'environ la distance entre quatre stations consécutives. Pour couper le courant, il suffit d'appuyer sur un bouton de zone ou celui de la coupure globale et simultanément sur le bouton « pilote ». Le bouton de la zone choisie s'allume alors au rouge et à la désalimentation effective de la zone, les contrôles reviennent au poste central et apparaissent à la section de l'alimentation sur le tableau de contrôle optique. Après une certaine temporisation, l'absence

de contrôle de retour déclenche l'alarme d'une alimentation intempestive. La coupure du courant de zone peut également être commandée du bouton correspondant sur le tableau de contrôle optique.

L'entretien des voies, l'inspection et le dépannage des trains immobilisés en ligne exigent parfois une coupure de courant. La désalimentation est également demandée par les systèmes de télécommunication dès qu'une personne non autorisée est aperçue sur les voies.

4° *La platine de commande des feux de « départ sur ordre »*

Les feux de « départ sur ordre » sont situés à la sortie de chaque quai de la ligne, de façon à être visible de la loge de conduite lorsque le train est arrêté à un quai. Pour fins de régulation et de sécurité, il est interdit à l'opérateur d'engager son train dans l'interstation du côté aval du quai où ces feux sont allumés. Dans la mesure du possible, lorsqu'un train doit être retenu en ligne, cette immobilisation temporaire aura lieu à quai au moyen des feux « départ sur ordre ». Il est toujours pénible pour les voyageurs d'être immobilisés en tunnel et dans certains cas de devoir évacuer le train en interstation.

La commande manuelle d'allumage et d'extinction des feux « départ sur ordre » s'effectue du poste central au moyen de boutons à retour automatique. Ceux-ci sont disposés sur une platine à raison de deux par station, un pour chaque quai. Pour allumer un de ces feux, le régulateur appuie sur le bouton correspondant qui s'allume immédiatement blanc. Le contrôle de son clignotement en tunnel doit être reçu sur le tableau de contrôle optique sans quoi l'alarme « discordance » sera déclenchée sur la platine d'alarmes. L'extinction est obtenue en appuyant de nouveau sur le même bouton. Ici, également, l'exécution de la commande en tunnel est vérifiée par un circuit d'alarme.

L'ordinateur, par son programme de régulation d'intervalle, peut également commander l'allumage ou l'extinction à chacun des quais des feux « départ sur ordre ». Cependant, la commande manuelle du régulateur a toujours priorité sur celle de l'ordinateur. De plus, lors d'une coupure de courant dans une section de la ligne, tous les feux de la ligne sont immédiatement allumés par la logique-traction.

5° *Les platines de téléphone de manœuvres*

Le poste central est le pivot d'un réseau téléphonique à ligne directe. Les postes sont placés dans des coffrets étanches, fixés au mur d'un tunnel près des aiguillages des voies de raccordement, juste avant l'entrée en voie principale. Les opérateurs utilisent ces postes pour obtenir du régulateur l'autorisation de procéder en voie principale avec leur train. Les téléphones de manœuvres étant en liaison directe, il suffit de décrocher le combiné et d'attendre que le régulateur réponde.

Le chef de train de chaque terminus est également en communication directe avec les régulateurs de la ligne. Au poste local du terminus, le téléphone direct peut devenir un central de communication avec les téléphones de manœuvres, pour assurer le contrôle des

trains en manœuvres locales dans les circonstances où le régulateur doit transférer cette responsabilité au chef de train.

6° *Les platines de téléphone automatique*

Le système de télécommunication du métro comprend aussi un réseau privé de téléphones automatiques composé d'un autocommutateur électronique, par lequel deux appareils peuvent être mis en intercommunication par simple composition d'un numéro de quatre chiffres. En plus de ceux des régulateurs, ces téléphones sont répartis un peu partout dans les stations, en terminus, en interstation, aux garages, aux ateliers et dans les bureaux de la CTCUM. Les postes des régulateurs sont prioritaires, en ce sens qu'ils peuvent entrer en liaison avec n'importe quel autre poste, même si le circuit de ce dernier est occupé.

7° *Les platines de radiotéléphone*

Le radiotéléphone ou téléphone de train est de loin le moyen de communication le plus important du poste central. C'est par lui que les régulateurs transmettent leurs ordres et directives aux opérateurs et qu'ils voient, en quelque sorte, ce qui se passe sur la ligne (voyageur ou objet sur la voie, avarie de train, aiguille mal disposée, défektivité de signalisation, etc.). Le radiotéléphone permet donc, d'une part, une liaison bi-directionnelle rapide entre le régulateur et les opérateurs et, d'autre part, entre le régulateur et les autres agents de l'exploitation ou des services connexes, lorsque ceux-ci possèdent un poste portatif.

Divisé en secteur, le système radiotéléphonique comprend une base stationnaire (émetteur-récepteur) dont le rayon d'action moyen est d'environ trois kilomètres. À leurs extrémités, les secteurs se chevauchent légèrement afin d'éviter les plages mortes dans les communications. La platine de chaque régulateur comporte les commandes lui permettant de tirer plein parti du système pour le contrôle du mouvement des trains et de toutes les activités qui s'y rattachent. À l'aide de boutons-poussoirs, le régulateur peut établir la connexion avec le/ou les secteurs de son choix. La liaison avec un secteur permet la communication avec tous les postes mobiles du secteur, tant ceux à bord des trains que les postes portatifs.

Les postes locaux de terminus, parfois appelés à prendre la relève du poste central, possèdent aussi une platine de radiotéléphone, mais ne permettant cependant qu'une liaison locale avec les postes mobiles situés dans le secteur du terminus.

8° *Les platines de manœuvres manuelles*

C'est de la platine de manœuvres manuelles que le régulateur peut commander ou détruire un itinéraire. Puisque les itinéraires semblables sont commandés de la même manière pour toutes les zones de manœuvres, la platine contient des boutons d'adresse permettant de choisir la zone vers laquelle la commande doit être transmise. Dès qu'un bouton d'adresse est enfoncé, l'écran cathodique affiche l'état de tous les itinéraires de la zone. En dirigeant une commande vers cette zone,

l'ordinateur modifiera l'affichage à l'écran cathodique au fur et à mesure qu'il recevra les contrôles de réalisation de la commande. Ces contrôles apparaissent également au tableau de contrôle optique sous forme d'allumage ou de clignotement de voyants.

Avant de transmettre une commande manuelle, l'ordinateur en vérifie la validité. Si la commande est erronée ou irréalisable, une alarme est déclenchée et un message d'erreur apparaît à l'écran. De plus, une commande manuelle d'itinéraire supplante toute commande automatique pouvant être émise par l'ordinateur. La platine de manœuvres manuelles au poste central remplit exactement le même rôle que la platine de commande au poste local du terminus à la différence près qu'elle peut s'adresser à n'importe quelle zone de manœuvre. Une panne dans le système de télétransmission transfère automatiquement les commandes du poste central au poste local.

9° Les écrans cathodiques

Tel que mentionné précédemment, l'écran cathodique sert à afficher l'état des itinéraires de la zone de manœuvre qui a été activée par le bouton d'adressage correspondant sur la platine des manœuvres manuelles. Une seconde partie de l'écran est utilisée pour identifier les erreurs qui surviennent lors des commandes manuelles d'itinéraires. Trois autres sections de l'écran servent respectivement à fournir au régulateur les écarts d'horaire encourus par chacun des trains de la ligne, à identifier toutes les alarmes existantes et enfin à dialoguer avec l'ordinateur dans les cas où la mise en service de fonctions automatiques requiert la définition de paramètres. Ces paramètres sont transmis à l'ordinateur au moyen de clavier d'exploitation associé à l'écran cathodique.

10° Les platines d'ordinateur

Chacun des deux régulateurs de la ligne contrôle son propre terminus et sa voie principale à partir d'une platine d'ordinateur. Chaque platine contient les fonctions suivantes :

- chargement dans la mémoire interne de l'ordinateur de l'horaire du terminus pour la journée ;
- modifications des circulations dans la zone du terminus par rapport à celles contenues à l'horaire ;
- détection à l'aide d'une alarme des trains non numérotés ou de ceux dont le numéro n'est pas conforme à celui de l'horaire ;
- numérotation manuelle des trains permettant leur identification au tableau de contrôle optique ;
- déclenchement d'une alarme lorsque la composition (nombre d'éléments) détectée ne correspond pas à celle de l'horaire ;
- enregistrement manuel de la composition des trains ;
- calcul de l'heure de départ selon plusieurs modes et émissions du signal ;
- régulation de la circulation en terminus (manœuvres, garages, dégarages, départs) ;

- régulation de la circulation en ligne (marche accélérée ou lente des trains, retenues par feux de « départ sur ordre »).

La platine d'ordinateur est si intimement liée aux programmes de régulation que nous en ferons la description fonctionnelle aux paragraphes suivants, en même temps que nous expliquerons la régulation automatique.

Régulation automatique en terminus

Vu de l'ordinateur, chacun des deux terminus de la ligne est indépendant et possède son horaire propre pour le traitement automatique des dégarages, des manœuvres, des départs et des garages. La comptabilité des horaires des deux terminus doit donc être vérifiée et chaque régulateur tiendra compte des commandes de l'autre régulateur et des conditions existantes en ligne lors de ses interventions.

À l'heure indiquée à l'horaire, l'ordinateur commande l'itinéraire de dégarage après avoir vérifié que la position de stationnement prévue à l'horaire est effectivement occupée par un train. Dans le cas contraire, une alarme est déclenchée, invitant le régulateur à indiquer sur l'écran cathodique (au moyen du clavier) une nouvelle position d'où le train pourra être dégaré. Cet itinéraire permettra au train de s'avancer sur les voies secondaires jusqu'à l'entrée en voies principales. Rendu à destination, l'opérateur doit immobiliser son train dû à la présence d'une consigne de vitesse nulle et changer de mode de conduite pour passer au pilotage automatique, vu son entrée imminente en voies principales.

Le train occupe alors un circuit de voie de numérotation et l'ordinateur affiche automatiquement au tableau de contrôle optique son numéro d'identification tel que contenu à l'horaire. À partir de ce circuit de voie, le train sera identifié et son numéro se propagera de canton en canton au fur et à mesure qu'ils seront occupés. Un train non prévu à l'horaire doit être numéroté par le régulateur et les itinéraires sont commandés de la platine « manœuvres manuelles ».

Au circuit de voie de numérotation, le train attend que l'ordinateur commande l'itinéraire qui le conduira au quai de départ du terminus d'où il dégare. Toutefois, cette commande ne dépend pas de l'heure mais de l'ordre des trains. Elle ne sera transmise que lorsque l'ordinateur pourra traiter le train au quai de départ, c'est-à-dire lorsque le train qui le précède immédiatement à l'horaire de départ aura successivement occupé et libéré le quai. À la réception d'une consigne de vitesse autre que zéro, le train s'avance au quai de départ où il est automatiquement arrêté pour effectuer le service aux voyageurs.

Le programme de départ affiche sur la platine d'ordinateur l'heure de départ du train et l'intervalle qu'il créera avec le précédent. De sa loge de conduite, l'opérateur est également informé de l'heure de départ et du temps restant avant celui-ci au moyen du tableau de départ situé à la sortie du quai. C'est l'ordinateur qui contrôle ces affichages, commande le signal sonore et autorise l'injection de consignes de vitesse lorsque l'heure officielle du départ est venue. Cette dernière peut être déterminée par trois modes entièrement automatiques selon les conditions d'exploitation.

Le mode normal de fonctionnement du programme de départ, appelé « heure programmée », consiste à donner l'ordre de départ à l'heure contenue à l'horaire. Lorsqu'un léger écart à l'horaire de départ survient, l'ordinateur appelle le mode « heure calculée », par lequel il tente de résorber le retard en le répartissant également sur un certain nombre de trains. Supposons, par exemple, qu'un train quitte le terminus avec dix minutes de retard sur l'horaire ; si l'ordinateur tente de répartir le retard sur les dix trains suivants, le premier aura neuf minutes de retard, le second en aura huit, et ainsi de suite jusqu'au rattrapage complet et au retour au mode « heure programmée ».

Si le retard prend des proportions telles qu'il ne peut plus être résorbé, l'ordinateur passe au mode « intervalle programmé » par lequel les heures de départ sont déterminées en ajoutant, à l'heure de départ du train précédent, l'intervalle prévu à l'horaire, sans égard au décalage horaire. Le départ des trains non programmés ou de ceux dont le numéro ne correspond pas à celui de l'horaire doit être commandé manuellement de la platine d'ordinateur.

La régulation en terminus comprend en plus des programmes de dégarage et de départ, un programme de manœuvres chargé de maintenir l'ordre des trains et un programme de garage. Chacun d'eux commande automatiquement l'itinéraire prévu à l'horaire dès que le train est identifié. En plus, lorsqu'un train se présente au quai d'arrivée en provenance de la ligne, l'ordinateur affiche sur l'indicateur de destination, situé du côté arrière-gare du quai, deux caractères qui renseignent l'opérateur sur l'itinéraire qui est établi et la manœuvre à effectuer. Lors du garage, le train perd son identité dès la sortie des voies principales.

La régulation automatique en terminus est donc confiée à quatre sous-programmes : « Dégarage », « départ », « manœuvre » et « garage ». Chacun d'eux peut être mis hors service de la platine d'ordinateur. La régulation peut alors prendre toutes les formes possibles allant de complètement automatique à complètement manuelle, selon que les sous-programmes sont tous en service ou tous hors service.

Dans le but de modifier l'horaire tout en demeurant en mode automatique, le régulateur peut faire appel à certaines fonctions en appuyant sur le bouton correspondant de la platine d'ordinateur. Il doit de plus fournir, à l'aide du clavier d'exploitation, les paramètres nécessaires à sa mise en service. Dès lors, l'ordinateur se charge de toutes les commandes jusqu'à la réalisation complète. Par exemple, pour modifier en terminus l'ordre de deux trains successifs sur la ligne, il suffit d'appuyer sur le bouton « modification d'ordre ». L'ordinateur demande le numéro des deux trains que le régulateur lui communique au moyen de son clavier. La commande est validée par l'ordinateur si les deux trains sont bien en service et dans l'ordre indiqué par la commande. Lorsque le premier train arrive au terminus, l'ordinateur lui trace l'itinéraire conduisant en arrière-gare. À l'arrivée du second, la manœuvre de changement de voie par avant-gare sera établie. Dès le départ du second du terminus, le premier peut être conduit jusqu'au quai de départ. Ainsi, par le jeu de manœuvres avant et arrière-gare, l'ordre de deux trains

successifs est automatiquement modifié. Plusieurs autres fonctions comportant des manœuvres courantes ont ainsi été programmées. Elles soulagent le régulateur de nombreuses commandes manuelles qui seraient autrement requises et évitent les délais dans la transmission des commandes.

Régulation automatique en ligne

Chacune des voies principales est équipée d'un dispositif de comptage d'essieux qu'on trouve en aval du quai de départ du terminus. Cet appareillage sert à détecter la composition réelle du train. Cette information est transmise au poste central et l'ordinateur en fait la validation par comparaison à la composition théorique contenue à l'horaire ou avec celle enregistrée manuellement par le régulateur. Une fois validée, cette donnée est utilisée par l'ordinateur pour alimenter dans les stations courantes et les zones de manœuvres les balises d'arrêt programmé correspondant à la longueur du train. C'est aussi l'ordinateur qui commande l'allumage des indicateurs de position d'arrêt sur les quais (indicateurs « Tête de train » et « Queue de train »), servant aux voyageurs à déterminer leur point d'embarquement.

En fonction de l'heure réelle de départ du terminus et compte tenu des paramètres de la marche type en vigueur, l'ordinateur calcule l'heure de départ théorique du train à toutes les stations. Par comparaison de l'heure de départ théorique à l'heure de départ réelle, l'ordinateur est informé des écarts d'horaire. Selon l'importance du retard ou de l'avance, l'ordinateur règle l'allure du train en modifiant son temps de parcours pour une ou plusieurs interstations.

Cette variation du temps de parcours est obtenue en modifiant, en interstation, la position où la marche sur l'erre est commandée, i.e. où la traction est coupée. Dans chaque interstation, on trouve trois balises commutables placées stratégiquement de façon à donner des réserves de temps de 1, 3 ou 5 secondes par rapport à la marche optimale théorique. En l'absence d'une commande différente du poste central, la balise centrale (3 secondes) est alimentée.

La régulation d'horaire que nous venons de décrire ne s'applique que pour chaque train isolément. Si la perturbation prend une certaine importance par rapport à l'intervalle en vigueur, les programmes de régulation d'intervalle se chargent de la situation. L'ordinateur doit d'abord identifier le train le plus perturbateur. L'importance du retard déterminera le nombre de trains, en aval et en amont, dont la marche normale sera modifiée par la régulation d'intervalle. L'ordinateur calcule alors pour chacun d'eux la durée de la rétention en station par l'allumage des feux « départ sur ordre » et détermine la station où chacun d'eux sera retardé en fonction de l'espacement à maintenir.

La régulation en ligne peut avoir des conséquences sur les algorithmes de régulation en terminus.

Dès que l'ordinateur constate que le retard d'un train en ligne est tel qu'il ne pourra atteindre le prochain terminus (aval) à l'heure programmée, il dégrade automatiquement le mode de départ de ce terminus du

mode « Heure Programmée » au mode « Heure Calculée ». Le rattrapage peut alors s'effectuer non seulement par l'application de la marche tendue (balise de 1 seconde), mais également par les programmes de départ. Quant à la régulation amont, elle peut, elle aussi, remonter jusqu'au terminus lorsque le nombre de trains sur lequel s'applique cette régulation est suffisamment grand. Le terminus amont peut alors être forcé de changer son mode de départ ou d'interdire complètement les départs jusqu'à ce que la situation en ligne les rende possibles.

Conclusion

L'utilisation optimale des installations d'une ligne de métro de même que sa gestion rationnelle et efficace ne peuvent être obtenues que grâce à la centralisation. Toutefois, cette centralisation soulève le problème du traitement rapide des données et du partage du pouvoir de décision entre le régulateur et les automatismes des programmes de régulation.

Afin de tirer le meilleur parti des deux, les commandes simples et routinières sont confiées à l'ordinateur. Il est en effet roi dans ce domaine puisqu'il ne se fatigue pas et qu'il n'est pas obsédé par la nécessité d'exécuter des tâches à des moments déterminés. Par contre, pour la résolution de perturbations graves, le pouvoir de décision appartient entièrement au régulateur. Dans ces situations, le jugement du régulateur est irremplaçable, d'autant plus que l'ordinateur est totalement ignorant des informations transmises par les systèmes de télécommunication et que de toute manière leur intégration dans les programmes de régulation est impossible. L'ordinateur joue alors un rôle d'assistance semi-automatique où tout le pouvoir de décision appartient au régulateur. ■

BIBLIOGRAPHIE

- Manuel des Télécommunications, Métro de Montréal, janvier 1976, CTCUM, Service du Transport.
- Manœuvres et Aiguillages, mars 1976, CTCUM, Service du Transport.
- Mouvement des trains, janvier 1976, CTCUM, Service du Transport.
- Poste de Commande et de Contrôle Centralisés, mars 1976, CTCUM, Service du Transport.
- Régulation, juin 1971, CTCUM, Service du Transport.



Warnock Hersey Services Professionnels Ltée

Services de consultation
 Études géotechniques
 Métallurgie et analyses chimiques
 Essais physiques • Expertises
 Contrôle qualitatif des matériaux

Vancouver Regina Winnipeg Hamilton
 Toronto Montréal Saint John Halifax
 États-Unis Amérique du Sud Europe Asie

FRANC PARLER

Sur l'environnement dans les projets de construction

par
Earle Stobart



Directeur de
 l'Environnement
 Bechtel Canada Limitée

Pour vivre, l'humanité doit compter sur l'environnement pour lui donner un bon équilibre climatique, l'air pur, l'eau potable, la nourriture. D'autre part, l'exploitation des ressources joue un rôle important dans le maintien de notre niveau de vie.

On a trop souvent tendance à croire que l'exploitation des ressources en soi entraîne la destruction volontaire du milieu. Or, ceci n'est pas forcément vrai. Dans certains cas, l'exploitation des ressources peut même améliorer l'environnement. De toute manière, les gouvernements fédéral et provinciaux ont établi des normes que l'on est tenu de respecter afin de minimiser l'impact de tels projets sur l'écologie.

Bechtel Canada possède son propre service de l'environnement qui remplit la fonction d'organisme-conseil et de surveillance des travaux de construction sur les sites vulnérables du point de vue écologique. Dans le cas de l'extension du pipe-line Sarnia-Montréal, par exemple, on a fait appel au service de l'environnement avant, pendant et après la construction. Nos spécialistes ont identifié à l'avance les zones critiques, établi des rapports et procédures destinés à l'Office National de l'Énergie et contrôlé chaque jour les travaux en question.

Bien qu'il ne soit pas possible d'éviter que l'environnement ne soit affecté par la réalisation de projets de grande envergure, une planification à long terme permet de réduire au minimum leurs effets. Aussi, il est beaucoup plus avantageux (et souvent plus économique) d'intégrer à l'avance les moyens de protection de l'environnement au projet que de tenter de les ajouter par la suite.

BECHTEL CANADA

Les bâtisseurs de l'industrie

Montréal

Toronto

Edmonton

Vancouver

ALIMENTATION ÉLECTRIQUE

par Guy L. Desnoyers, ing.

Introduction

La présente communication porte sur l'alimentation électrique et plus spécifiquement sur l'alimentation-traction dans le métro de Montréal. La première partie traite du réseau initial, c'est-à-dire le réseau tel que mis en service en octobre 1966, tandis que la seconde partie touche le « prolongement » et plus précisément le prolongement « est » de la ligne no 1 mis en service au début de juin 1976. Il est donné une plus grande place au réseau initial qu'au réseau extensionné, considérant qu'il a servi de modèle de base aux nouvelles additions.

Réseau initial

Le réseau de métro initial est alimenté à 12,470 volts à deux endroits différents, soit les sous-stations Providence et Legendre. L'énergie électrique est utilisée pour la traction, l'éclairage et la force motrice. La consommation annuelle est de 128 GWH et la consommation journalière est de 250 MWH pour la partie traction et de 100 MWH pour la partie éclairage-force. Nous nous limiterons à l'analyse de l'énergie de traction en débutant par la description des points de livraison de la haute-tension.

Alimentation haute-tension

Les sous-stations Providence et Legendre sont les seuls endroits où l'énergie est distribuée dans les postes de redressement. La sous-station Legendre n'alimente, du côté traction, qu'un poste de redressement qui fournit le courant aux ateliers de réparation et d'entretien des voitures de métro. Exceptionnellement, le poste de redressement Legendre peut contribuer à l'alimentation de la ligne de métro no 2.

*

L'auteur :

M. Guy L. Desnoyers, ingénieur chef de groupe, puissance, Service du génie de la Commission de Transport de la Communauté urbaine de Montréal (CTCUM).

Sous-station Providence

L'Hydro-Québec amène six circuits à 12,47 kV venant respectivement des sources Berri (4 circuits) et Dorchester (2 circuits). À leur arrivée à Providence, les circuits se séparent également pour alimenter l'armoire de commutation à 15 kV composée de deux parties identiques mais indépendantes : Providence-Nord et Providence-Sud. À chacune de ces armoires, on retrouve deux ponts « traction » et un pont « éclairage-force » qui sont alimentés séparément par un disjoncteur raccordé à une des trois lignes de l'Hydro-Québec par deux câbles de 500 MCM en parallèle d'une capacité de 12 MVA. En opération normale, les circuits de traction sont alimentés séparément de ceux d'éclairage-force de sorte qu'une ligne de l'Hydro-Québec n'alimente qu'un type de charge. Entre chacun des ponts, un disjoncteur d'attache permet le transfert de charge en cas de perte d'alimentation d'une ligne.

L'armoire de commutation contient dix-huit disjoncteurs haute-tension (DHT) alimentant chacun un poste de redressement. Le relais 50-51 associé au DHT a les caractéristiques suivantes :

- mise au travail : 252 ampères a.c. (6,750 ampères c.c.) ;
- 378 ampères a.c. durant 23 secondes (10,130 ampères c.c.) ;
- 600 ampères a.c. instantanés (16,080 ampères c.c.).

La répartition des postes de redressement (PR) selon les lignes est la suivante :

Ligne no 1 — 6 PR

St-Mathieu, Metcalfe, Clark, Plessis, Poupart et Hogan. (Ces postes sont du réseau initial.)

Ligne no 2 — 9 PR

Sauriol, Chabanel, Faillon, De Bellechasse, St-Grégoire, Duluth, Viger, Anderson et University.

Ligne no 4 — 3 PR

Bonsecours, Île Notre-Dame et Longueuil.

L'alimentation électrique de deux postes de redressement adjacents sur la même ligne provient de Providence-Nord et de Providence-Sud, de sorte que la perte d'une des deux sous-stations permet quand même de fournir la moitié de la capacité normale sur la ligne.

Pour des raisons de sécurité et de fiabilité, les câbles 15 kV qui partent de Providence vers les PR passent dans les caniveaux de la Commission des Services électriques de la Ville de Montréal. La longueur de ces câbles de jauge 4/0 en cuivre isolé au papier et recouvert de plomb (PILC) varie de 1 km à 8.6 km.

Postes de redressement (PR)

Les PR servent à transformer le courant alternatif en courant continu pour l'alimentation des trains. Ce sont des bâtiments situés en surface le long des lignes de métro et qui sont reliés au tunnel par des cheminées de câbles. Les distances moyennes entre les PR sur les lignes nos 1, 2 et 4 sont respectivement de 1.16 km, 1.6 km et 4.19 km.

Un poste de redressement est formé principalement des composantes électriques suivantes :

- cellule haute-tension ;
- cellule du groupe transformateur-redresseur ;
- cellule du disjoncteur à courant continu ;
- sectionneur positif et négatif ;
- relais di/dt ;
- cellule du contracteur de sectionnement.

Cellule haute-tension

La cellule haute-tension est composée principalement des éléments suivants :

- un sectionneur de 500 ampères à 17.5 kV
- un transformateur 15 kVA, 12 kV/120/208 volts pour l'alimentation des contrôles et de la charge auxiliaire du poste.

Cellule transformateur-redresseur

Transformateur :

- capacité nominale : 2,700 kVA
- enroulements primaires : Δ
- enroulements secondaires : $\gamma\Delta$
- rapport de transformation : 12.6 kV/584 volts hexaphasé
- impédance : 15.7% à 75°C

Redresseur :

- Redressement dodécaphasé
- 216 diodes au silicium de 600 volts — 200 ampères.
- 12 bras de 18 diodes chacun. Les diodes sont montées 2 en série et 9 branches en parallèle.
- La tension inverse maximale est de 1,200 volts.
- Le montage des diodes est fait en 2 ponts de Graëtz en parallèle avec une bobine d'équilibre.

- Le coefficient d'ondulation du courant à l'intensité nominale est de 1.7%.
- I_{cc} asymétrique : 35,000 ampères.
- Caractéristique en court-circuit : voir figure 1.

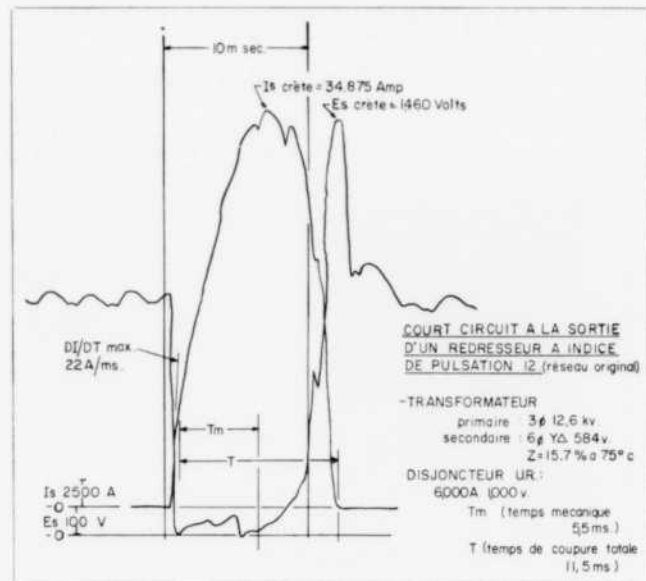


Figure 1 — Caractéristique en court-circuit (réseau original).

Cellule du disjoncteur à courant continu

Le disjoncteur à courant continu est du type ultra-rapide (UR), d'une capacité nominale de 6,000 ampères à 1,000 volts. Le temps de retard mécanique est de 5.5 msec et le temps de coupure totale est de 11.5 msec.

L'ajustement du relais de surintensité associé au DUR varie selon la charge en ligne et se présente ainsi :

- L-1 : 8,000 ampères
- L-2 : 9,500 ampères
- L-4 : 5,000 ampères

Sectionneur positif et négatif

Les sectionneurs positif et négatif sont installés au niveau du sous-sol du poste (tunnel) et servent à isoler le poste de la ligne. Leur capacité nominale est de 5,000 ampères à 750 V.c.c.

Relais di/dt

Nous procédons actuellement à l'installation systématique de relais di/dt dans chacun de nos postes de redressement. Ces relais détectent l'accroissement du courant dans le temps et, selon l'ajustement des différents paramètres ou fonctions de l'appareil, l'ordre est donné au DUR de couper l'alimentation traction. L'insertion de ces relais dans notre réseau nous a forcé à procéder aux deux modifications majeures suivantes :

A) Désynchronisation du cran de transition des motrices d'un train

Le passage série-parallèle d'une motrice provoque un signal di/dt de forte amplitude sans toutefois être inter-

prété comme un signal de court-circuit. Toutefois, le passage instantané des six motrices d'un même train était perçu comme un signal de court-circuit. Nous avons effectué la désynchronisation du cran de transition des motrices d'un même train d'un temps de 30 millisecondes entre chaque motrice. Ce laps de temps est amplement suffisant pour permettre au relais di/dt d'analyser un par un les signaux généraux pour le passage série-parallèle.

B) Isolement des auxiliaires des trains

Les auxiliaires des trains sont devenus des sources de problèmes lorsque, suite à une coupure d'alimentation-traction (CAT), il y eut réalimentation avec cinq trains dans la même zone. Le premier poste de redressement a vu la charge des auxiliaires (1,500 ampères) et un temps de montée de 100 millisecondes comme un signal de court-circuit. Présentement l'enclenchement des auxiliaires s'effectue à environ 125 millisecondes après la mise sous tension de la ligne et une désynchronisation de l'ordre de 20 millisecondes existe entre les trois auxiliaires d'un même train.

Cellule du contacteur de sectionnement

Le contacteur de sectionnement est un appareil servant au pontage de deux zones d'alimentation traction. Dans le réseau initial, on en retrouve six qui relient entre elles neuf zones de traction.

Le contacteur de sectionnement s'enclenche lorsqu'il y a présence de tension sur les deux zones adjacentes. Il déclenche par manque de tension en amont et en aval. Au poste de contrôle, une commande d'enclenchement forcée peut être donnée et exécutée indépendamment des dispositions mentionnées plus haut.

Distribution du courant en ligne

Le type d'alimentation traction choisie pour le réseau initial est du type en « piqure ». Ainsi, tous les postes d'une même ligne sont en parallèle et leur contribution individuelle se retrouve partout en ligne à la condition explicite que les contacteurs de sectionnement soient fermés. Le design des zones de traction est tel qu'un court-circuit franc en n'importe quel point de la zone fait déclencher les PR par surintensité.

Du poste de redressement, douze câbles positifs de jauge 500 MCM en CU amènent le courant aux barres de guidage (figure 2). Le retour négatif se fait aussi par douze câbles au PR. La barre de guidage est le conducteur positif sur lequel les frotteurs des motrices des trains captent l'énergie. Sa résistance électrique est de 9 milliohms/1,000 pieds; ce qui se compare à un conducteur de jauge 1,500 MCM. Le retour du courant de traction s'effectue par le rail négatif dont la résistance est de 13.2 milliohms/1,000 pieds. La constante de temps électrique du réseau de traction est de 43 msec.

Le train, qui est la charge à alimenter, est composé d'un, de deux ou de trois éléments. La cellule de base qu'est l'élément est formée de deux motrices encadrant une remorque. Chaque motrice est équipée de quatre

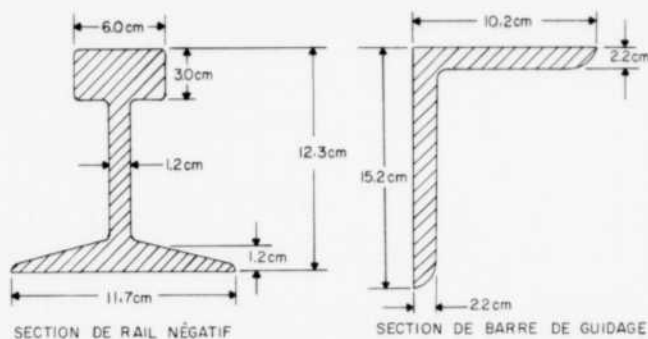


Figure 2 — Section de barre de guidage et de rail négatif.

moteurs de traction couplés en série deux à deux. Les principales caractéristiques électriques d'un moteur traction sont les suivantes :

	Régime continu	Régime unihoraire
Excitation :	série	série
Puissance à l'arbre :	108 kW	114 kW
Courant :	330 ampères	360 ampères
Vitesse :	1600 RPM	1560 RPM
Couple :	474 lb/pi	517 lb/pi
Champ :	100%	100%

Au démarrage, les moteurs d'une motrice sont reliés en série et après un délai de l'ordre de cinq secondes les moteurs tombent en parallèle tout en restant couplés deux à deux en série.

La courbe courant-temps pour un train de trois éléments, chargé à 25%, en démarrage dans une pente de 6% et en palier est montrée à la figure 3. La consommation à l'heure de pointe pour chacune des lignes se répartit ainsi :

No de ligne	No d'éléments	Consommation (kW)	% capacité installée
1	24	7,160	48
2	63	21,400	95
4	8	3,820	51

Le rail négatif qui assure le retour du courant de traction est mis à la terre à un seul endroit soit aux ateliers Youville. Le rail était, jusqu'à l'été dernier, relié d'une façon continue avec toutes les lignes. Le maximum de tension négatif-terre qu'on a observé est de — 100 volts au PR Ile Notre-Dame sur la ligne no 4. Au mois de juin 1976, nous avons installé un contacteur bipolaire dans le raccordement L1-L2 dans le but éventuel de rendre le réseau négatif flottant par rapport à la masse. La prochaine étape sera la pose de thyristors entre le négatif et la terre à chacun des PR. La tension à laquelle ces thyristors vont conduire sera de l'ordre de 90 volts.

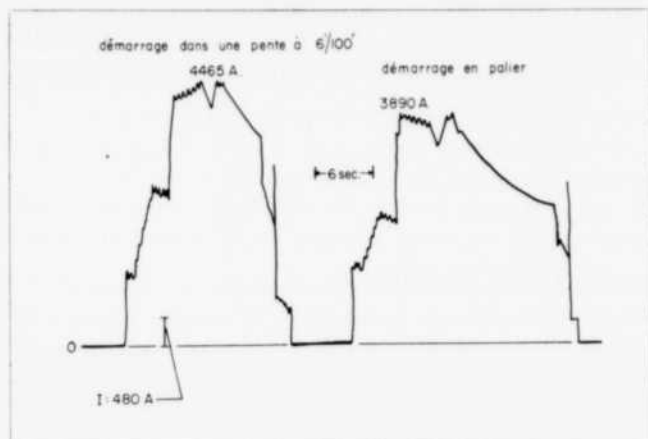


Figure 3 — Courant de démarrage d'un train conventionnel de trois éléments avec 25% de passagers à bord.

Processus d'alimentation traction

Le PCC actionne un bouton de réarmement qui déverrouille les circuits d'enclenchement des DHT d'une zone. L'alimentation se fait par zone par le PCM qui ferme le DHT du poste central de la zone. Après un délai, le DUR du poste enclenche par présence de tension en amont. L'opérateur du PCM vérifie l'ampèremètre du poste pour s'assurer que le poste ne débite pas. Le processus se répète pour les autres postes et pour les autres lignes. Le contacteur de sectionnement ferme automatiquement par présence de tension sur les deux zones adjacentes.

Coupure d'alimentation traction

La coupure d'alimentation traction (CAT) peut être commandée de différentes manières, soit par :

- Incident ligne
- PCC
- Actionnement d'un rupteur d'urgence (CUAT)

Incident ligne

Une détection d'un défaut par la protection de surintensité ou de di/dt agit directement dans la ligne d'asservissement et provoque l'ouverture de tous les DHT de la zone concernée.

PCC

Le PCC peut au moyen d'un bouton provoquer une ouverture de zone.

Actionnement d'un rupteur d'urgence (CUAT)

Les rupteurs d'urgence sont des appareils situés sur les parois du tunnel, espacés de 400 pieds en quinconce, pour la protection du personnel d'entretien et du public. Ils agissent directement au niveau des DHT de la zone.

Réseau prolongé

Le réseau prolongé (ligne no 1 « est ») est alimenté par le poste de district Dickson. Deux lignes à 12,47 kV

venant des sources Longue-Pointe et Jeanne-d'Arc alimentent l'éclairage-force et les sept postes de redressement suivants : Joliette, Létourneux, Boyce, Dickson, Langelier, Versailles et Beaugrand (ce dernier n'alimente que le garage Beaugrand, mais peut exceptionnellement contribuer dans la ligne).

Postes de redressement

Contrairement au réseau initial, l'espacement moyen entre les PR est de 4,100 pieds (1,25 km) et les câbles 15 kV, venant du poste de district Dickson, passent dans une masse de conduits multitubulaires dans le tunnel.

Au niveau du poste de redressement, on a effectué les modifications et additions suivantes :

- disjoncteurs de voie
- dispositif d'essai de ligne
- diodes

Disjoncteurs de voie

Contrairement au réseau original où on n'avait qu'un disjoncteur 6,000 ampères courant continu, nous avons installé quatre disjoncteurs de voie d'une capacité nominale de 4,000 ampères. Cette addition améliore grandement la protection électrique et aussi l'exploitation du métro dans le sens qu'une disjonction coupe l'alimentation sur une plus petite partie de la ligne. L'élément à action instantanée du relais est ajusté à 8,000 ampères. En plus de cette protection instantanée, on a ajouté une protection à temps inverse qui est ajusté actuellement à 6,000 ampères pour 20 secondes.

Dispositif d'essai de ligne

L'addition d'un dispositif de mesure de résistance de ligne accouplé à un réenclenchement automatique améliore la protection électrique.

Le principe de fonctionnement du dispositif « essai de ligne » se résume à l'injection, dans la section de ligne concernée, d'un échantillon de la tension en ligne pris aux bornes d'un diviseur de tension et selon la figure 4.

La logique permet un réenclenchement si la tension aux bornes de l'IWX (essai de ligne) est supérieure à un volt. En deçà d'un volt, le dispositif bloque le disjoncteur de voie en position ouverte. Les trains présentent à la ligne des relais à haute impédance 49 k Ω et qui sont montés en parallèle et dont la résistance équivalente est de l'ordre de 2 k Ω par train.

Diodes

Le nouveau redresseur comporte soixante-douze diodes en comparaison avec deux cent seize dans le réseau original. Il n'y a qu'une diode par file et six diodes par bras. Les diodes utilisées peuvent porter cinq cents ampères nominaux et une tension inverse de 2,000 volts



mon-ter-val inc.

société d'expertises

Géotechnique
Géologie
Mécanique des Roches
Contrôle des matériaux
Contrôle de la pollution

1470 rue mazurette, montréal, qué. h4n 1h2 tél. (514) 382-5110



labo s.m. inc

ÉTUDES GÉOTECHNIQUES - CONTRÔLE DES MATÉRIAUX

Sondages - Forages Sols - Béton - Asphalte

ENVIRONNEMENT

76, 12e Avenue Sud
SHERBROOKE J1G 2V4
TÉL. 819-569-9051

945 Taschereau
LONGUEUIL J4K 2X2
TÉL. 514-527-3881



**COMPAGNIE NATIONALE
DE FORAGE ET SONDAGE INC.**
1130 OUEST, RUE SHERBROOKE
MONTRÉAL H3A 2R5
TÉL. : (514) 288-1177

Études géotechniques
Sondages et forages
Contrôle qualitatif des sols, du béton et de l'asphalte
Laboratoires de sols et matériaux
Laboratoire des eaux

Fondée en 1937

Répertoire des Annonceurs

- 30 Canadian Bechtel Limited
- 20 Guy Clément & Associés
- 17 Compagnie Minière Québec Cartier
- 36 Compagnie Nationale de Forage et Sondage Inc.
- 35 Contrôle Technique Appliqué Ltée
- 11 Coopérative Étudiante de Polytechnique
-
- 36 Desjardins + Sauriol & Associés
-
- 14 General Diesel Inc.
-
- C II Hewitt Équipement Limitée
-
- 2 Jenkins Bros. Limited
-
- C III KeepRite Products Limited
-
- 36 Labo S.M. Inc.
- 36 Laboratoire d'Inspection et d'Essais Inc.
- 20 Lupien, Rosenberg et Associés Inc.
-
- 17 Mobilier Québec Inc.
- 15 Montel Inc.
- 36 Mon-Ter-Val Inc.
- 13 Mont Sutton
-
- 20 Quéformat Ltée
-
- 18-19 The Steel Company of Canada, Limited
-
- 17 Université de Moncton
-
- 30 Warnock Hersey Services Professionnels Ltée
-
- 10 York Borg-Warner



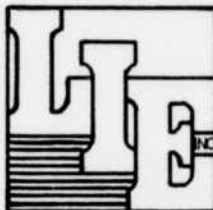
**Desjardins+Sauriol
& Associés**

Ingénieurs-conseils

400, Boul. LABELLE, VILLE DE LAVAL H7V 2S7 QUEBEC TEL: 514/681-9221

**LABORATOIRE
D'INSPECTION
& D'ESSAIS INC.**

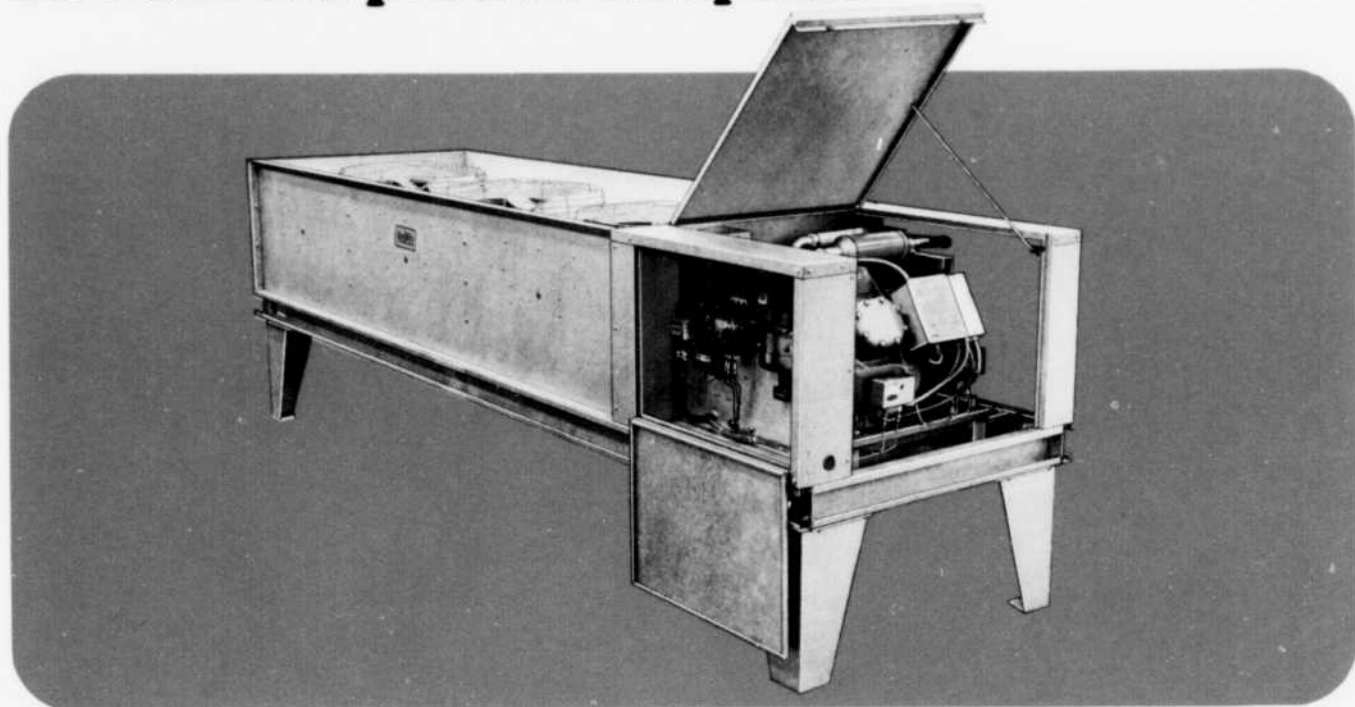
Géotechnique / Contrôle Qualitatif
SONDAGES - ÉTUDES / SOLS - BÉTON - ASPHALTE - ACIER



6775, rue Bombardier
C.P. 310, Succ. St Michel
Montréal, H1P 2W2
Tel: (514) 326-0130

2660 Chemin Ste-Foy
C.P. 9220, Ste Foy
Québec 10 G1V 4B1
Tél: (418) 653-8704

Un nouveau produit KeepRite



Solide et de forme surbaisée, le groupe de condensation à air par entraînement direct se distingue par un niveau de bruit minime et un fonctionnement économique à consommation énergétique restreinte.

Et il est conçu en fonction des conditions Canadiennes.

Nouveau. Le nouvel appareil de KeepRite a été fabriqué grâce à une technique de pointe acquise par KeepRite au cours de trente années d'expérience en usine et sur les chantiers. Conçu en fonction des conditions climatiques canadiennes, il est muni d'un thermostat de basse température ambiante et d'un choix de régulateurs de puissance et de pression de refoulement, en option.

Silencieux. Le niveau de bruit a été réduit grâce à des moteurs de ventilateurs à basse vitesse. Les ventilateurs à entraînement direct sont d'un concept très simple et la pression de refoulement peut être réglée selon le besoin.

Economique. Le prix initial ainsi

que le coût d'installation et de fonctionnement du groupe de condensation KeepRite sont modiques. Le cadre en acier de structure, permet de le monter sur seulement quatre pattes réduisant le coût d'installation sur le toit; et sa composition en acier galvanisé résiste à la corrosion. Tous les éléments sont faciles d'accès pour l'entretien.

Consommation restreinte d'énergie. Les éléments du système KeepRite sont parfaitement assortis afin de permettre d'économiser l'énergie; et la réduction automatique de puissance diminue la consommation électrique quand la demande est faible. De plus, l'opéra-

tion intermittente des ventilateurs permet d'économiser l'énergie car les moteurs de ventilateurs ne fonctionnent pas inutilement.



KeepRite Products Limited,
Boîte postale 460, Brantford, Canada
Division Unifin, London, Canada.

Bureaux de vente KeepRite: Halifax,
Montréal, Ottawa, Toronto,
Hamilton, Brantford, London,
Winnipeg, Calgary, Edmonton
et Vancouver.

