

SAVOIR faire

N° 31 - 3^e TRIMESTRE 1999 - 50 F

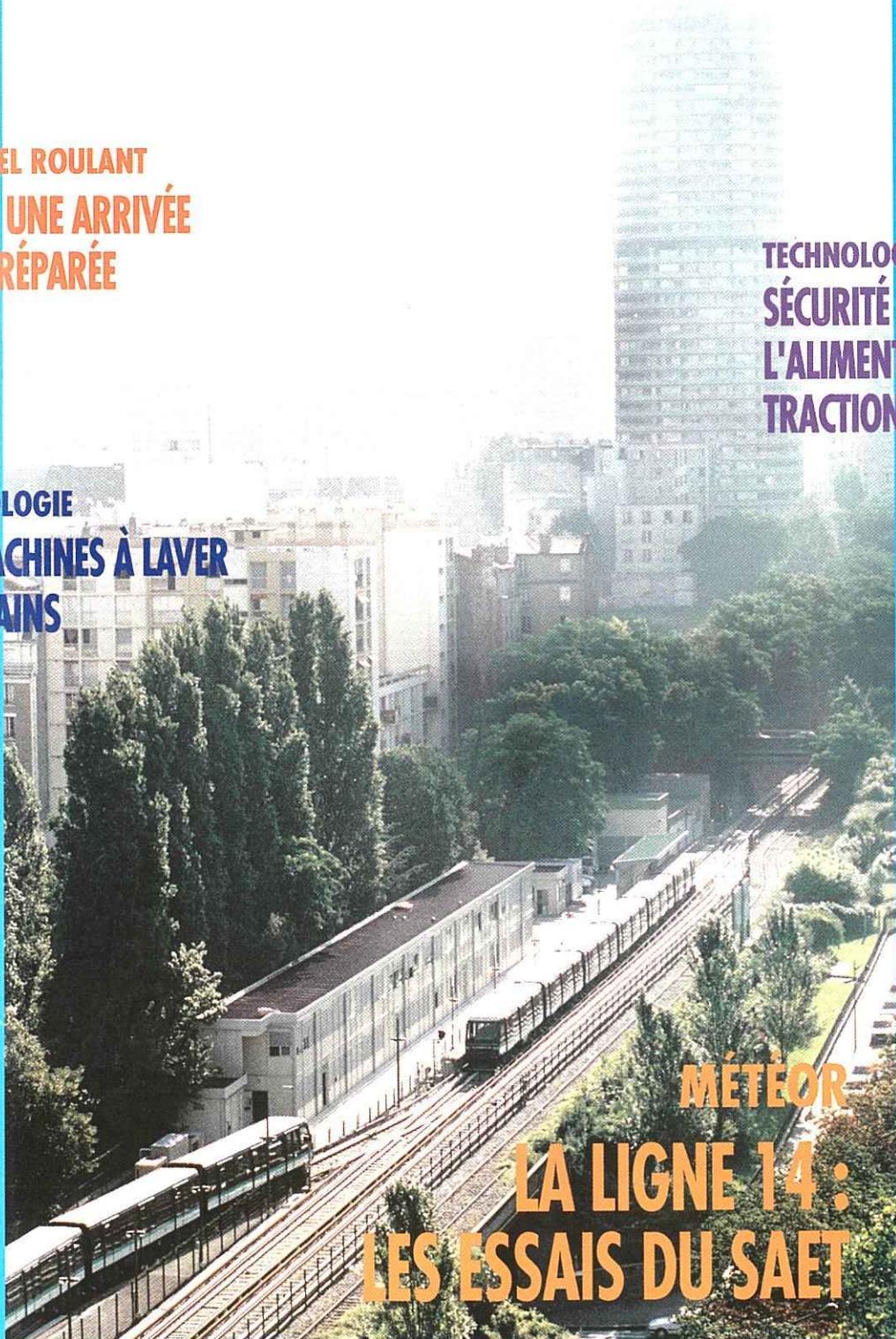
MATÉRIEL ROULANT

ALTÉO, UNE ARRIVÉE
BIEN PRÉPARÉE

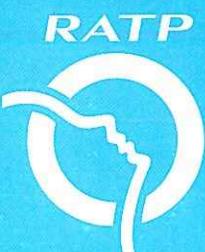
TECHNOLOGIE
SÉCURITÉ DE
L'ALIMENTATION
TRACTION (2^e PARTIE)

TECHNOLOGIE

LES MACHINES À LAVER
LES TRAINS



MÉTÉOR
LA LIGNE 14 :
LES ESSAIS DU SAET





2 MÉTÉOR

LA LIGNE 14 : LES ESSAIS DU SAET

METEOR: Line 14: trials on SAET.

METEOR: Linie 14: Teste SAET

METEOR: La línea 14: los ensayos del SAET



14 TECHNOLOGIE

LES MACHINES À LAVER LES TRAINS

TECHNOLOGY: Train washing

TECHNOLOGIE: Das Waschen der Züge

TECNOLOGÍA: El lavado de los trenes



18 TECHNOLOGIE

SÉCURITÉ DE L'ALIMENTATION TRACTION (2^e PARTIE)

TECHNOLOGY: Safety in traction power (Part 2)

TECHNOLOGIE: Schutz des Traktionsenergienetzes (2. Teil)

TECNOLOGÍA: Seguridad de la alimentación por tracción (2.a parte)



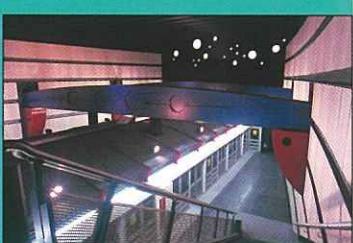
31 MATÉRIEL ROULANT

ALTÉO, UNE ARRIVÉE BIEN PRÉPARÉE

ROLLING STOCK: Altéo, preparing for a new arrival

SCHIENENFAHRZEUGE: Alles bereit für Altéo

MATERIAL RODANTE: Altéo, una llegada bien preparada



34

FRANCE : Lille, prolongement de la ligne 2. Annecy, Montpellier...

ETRANGER : Karlsruhe, un succès à grande vitesse pour le tram-train

BIBLIOGRAPHIE : Récentes parutions consultables à la médiathèque

FICHE TECHNIQUE : Autobus au gaz



Savoir-Faire

REVUE TRIMESTRIELLE EDITEE PAR
LA REGIE AUTONOME DES TRANSPORTS PARISIENS
54, QUAI DE LA RAPEE - LAC A85
75599 PARIS CEDEX 12
ISSN : 1168-3392

Directeur de la publication
Vincent Relave,
Délégation Générale à la Communication (DGC)

Directeur de la rédaction
Jean-Paul Perrin,
Conseiller scientifique et technique
au Département du Développement

Responsable de la rédaction
Yvonne Kappès-Grangé,
DGC - Communication interne
Tél. : 01 44 68 36 62
Fax : 01 44 68 38 01
Email : yvonne.kappes-grange@ratp.fr

Secrétaire de rédaction, abonnements
Marc Vandoorselaere,
DGC - Communication interne
Tél. : 01 44 68 30 16
Fax : 01 44 68 38 01
Email : marc.vandoor@ratp.fr

Comité de rédaction
Michel Barbier, Martine Bellec-François,
Pierre Beuchard, Jacques Bongenaar,
Alain Chesnoy, Francine Germond,
Georges Gonzaga, Alain Jeux, Yvonne Kappès-Grangé,
Christian Maitte, Marie-Françoise de Pembroke,
Jean-Paul Perrin, Vincent Relave, Sylvie Rénaudeau
-SYSTRA-, Jean Tricoire, Charles Venard.

Rédaction Rubrique Actualité
J. Tricoire, PAT - Médiathèque,
Simone Feignier - DGC - Médias internes,
Yan Rodriguez - DGC - Médias internes,
P. Decreusefond (Bibliographie), PAT - Médiathèque

Coordinateur des traductions
Odile Hallaire, PAT - Traductions

Iconographie
DGC - Agence audiovisuelle

Abonnements
54, quai de la Rapée - LAC A85
75599 PARIS CEDEX 12

Vente
Uniquement par abonnement.
Prix pour 4 numéros : 200 F (France et étranger)

Conception, réalisation
TOTEM,
27, rue de La Rochefoucauld - 75009 Paris

Imprimerie
Frazier - Paris
Dépôt légal
n°02.99.09
Tirage
12 000 exemplaires



Photo de couverture : B. Marguerite, RATP-DGC

E_D_I_T_O_R_I_A_L

A près cinq années passées à l'exploitation comme Directeur du Département Métro qui, elles-mêmes, succédaient à cinq années passées dans des fonctions financières et de gestion de l'entreprise, c'est avec émotion et fierté que je rejoins les activités industrielles de la RATP.

Au côté de l'exploitation, la maintenance et l'ingénierie constituent deux métiers fondamentaux de l'entreprise. Ils sont au cœur de chacun des enjeux essentiels pour l'avenir et le succès de notre service public : qualité de service au quotidien, développement de nos réseaux, innovation et performance technologiques, efficacité économique, cohésion sociale.

Je prends mes nouvelles fonctions, dont j'ai pleine conscience de l'importance, avec humilité, tant je sais combien j'ai à apprendre. Je le fais également avec détermination : si les voies de l'action restent bien sûr à découvrir, son sens est sans ambiguïté. Mon rôle sera de permettre à la RATP une mise en œuvre efficace de ses compétences professionnelles, que je sais grandes. Afin d'atteindre les objectifs, à juste titre ambitieux, que nous assignent le plan d'entreprise.

Jacques Rapoport
Directeur général adjoint, Pôle Industriel





METEOR :

LA LIGNE 14 : LES ESSAIS DU SAET

La 14^e ligne du métro parisien accueille le premier métro automatique sans conducteur. Le Système d'Automatisation de l'Exploitation des Trains (SAET) met en œuvre de nombreuses fonctions réparties sur plusieurs équipements. La réalisation d'un tel système, qui repose d'abord sur une analyse de dossiers d'études, nécessitait l'expérimentation et la mise au point grandeur nature des fonctions novatrices du SAET. La mise au point terminée, la qualification du système permettait sa mise en service le 15 octobre 1998.



METEOR:

LINE 14: TRIALS ON SAET

The first driverless metros are now running on line 14 of the Paris metro. The Train Automation and Operating System (SAET) operates various functions on different equipment. The system was based on an analysis of study files and necessitated full-scale experimenting and fine-tuning of the innovative aspects. Once this step was finished and the system was certified, it was introduced into service on 15 October 1998.



METEOR:

LINIE 14: TESTE SAET

Auf der 14. Linie der Pariser Metro verkehren die ersten automatischen, fahrerlosen Züge. Zum "Système d'Automatisation de l'Exploitation des Trains" (SAET, System zur Automatisierung des Zugbetriebs) zählen zahlreiche Funktionen an mehreren Ausrüstungen. Für die Umsetzung eines solchen Systems, das vor allem auf der Analyse der Studienunterlagen beruht, waren Test und Einstellung der neuen SAET-Funktionen in "natürlicher Größe" nötig. Nach letzten Abstimmungen war das System qualifiziert und konnte am 15. Oktober 1998 in Betrieb genommen werden.



METEOR:

LA LINEA 14: LOS ENSAYOS DEL SAET

La Línea 14 del metro parisiense acoge el primer metro automático sin conductor. El Sistema de Automatización de la Explotación de Trenes (SAET) pone en aplicación numerosas funciones repartidas en varios equipos. La realización de un sistema de este tipo, que se basa en primer lugar en un análisis de expedientes de estudios, necesitaba la experimentación y la puesta a punto a escala real de las funciones innovadoras del SAET. Una vez terminada la puesta a punto, la cualificación del sistema permitía su puesta en servicio el 15 de octubre de 1998.

METEOR

La ligne 14 : les essais du SAET



La base d'essais de la Petite Ceinture.

par Christian Berhault,
Département des Equipements
et Systèmes Électriques

L'expérimentation et la mise au point du Système d'Automatisation de l'Exploitation des Trains (SAET) ont été effectuées sur la base d'essais de la Petite Ceinture (Paris 13^e). L'objectif général était la préqualification des fonctions "innovantes" du SAET. La mise au point s'est terminée en ligne. De très nombreux essais ont été réalisés pour contrôler l'intégration des équipements et leur bon fonctionnement. Ils faisaient suite à ceux déroulés en usine et sur la base d'essais. Ils ont été complétés par les essais "système" qui valident globalement les fonctions, en terme de bon fonctionnement et de sécurité, vérifient les objectifs de performances et de disponibilité en vue de la qualification du SAET.

STRUCTURE DU SAET

Le SAET est structuré selon une arborescence technique à six niveaux. Les trois premiers (système, sous-système, équipement) décrivent les fonctionnalités du système. Les trois suivants (baies, tiroirs et cartes) décrivent les matériaux et les logiciels composant les équipements.

Le niveau sous-système comprend :

- le Poste de Commande Centralisée (PCC) et la Logique Traction (CC-LT) qui gèrent et contrôlent le mouvement des trains en ligne et la distribution de l'énergie électrique de traction ;
- le Pilotage Automatique et la Signalisation (PA-SIG) qui permettent la conduite automatique et l'espacement des trains suivant la mission définie par le PCC en garantissant la sécurité des voyageurs et des biens ;
- les Moyens Audiovisuels (MAV) qui permettent à l'opérateur du PCC de dialoguer avec les voyageurs, de les informer et de surveiller ; ils permettent aussi aux agents d'intervention de communiquer entre eux ;
- les Façades de Quai (FQ) qui isolent le quai de la voie.

Le SAET est une composante de la ligne 14 en interface avec les autres composantes de la ligne que sont les infrastructures (voies et stations), le train (matériel roulant), les appareils de distribution de l'énergie électrique de traction.

POLITIQUE D'ESSAIS

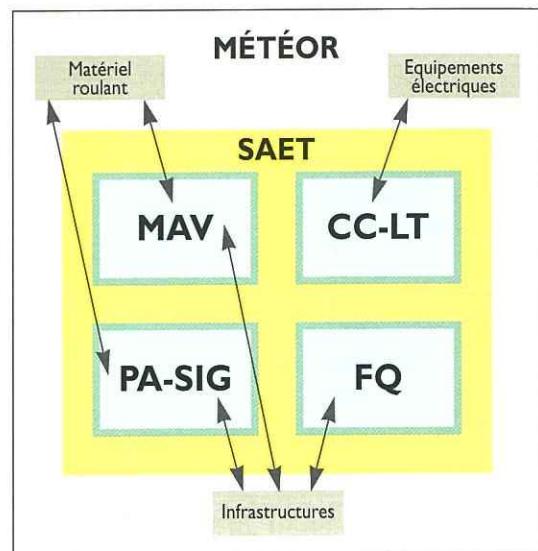
Le cycle de développement du SAET a été modélisé sous forme d'un double "V" qui présente une succession d'étapes conduisant à trouver des niveaux de description, de l'exposé du problème jusqu'à sa résolution, en partant du cahier des charges pour aller jusqu'à l'exploitation. Le cycle de développement du SAET montre que la démarche de spécification conception est descendante et que la phase de validation est ascendante : il s'agit d'assembler les constituants pour réaliser les fonctionnalités demandées.

L'aspect temporel a été pris en compte dans le modèle et présenté dans les cinq phases du projet : les études, le développement d'un prototype, la préqualification du prototype sur la base d'essais, la fabrication des équipements pour la ligne et, enfin, la qualification du système.

Objectifs et phasage des essais

Les essais avaient pour but de valider progressivement le fonctionnement de chaque élément constituant le système, pour aboutir finalement à la qualification du SAET par la RATP.

Ce processus a été mis en place très tôt dans le projet pour éviter au maximum les remises en cause des orientations techniques décidées en phases de conception et de développement. Il s'est déroulé en plusieurs phases.



Le SAET dans son environnement.

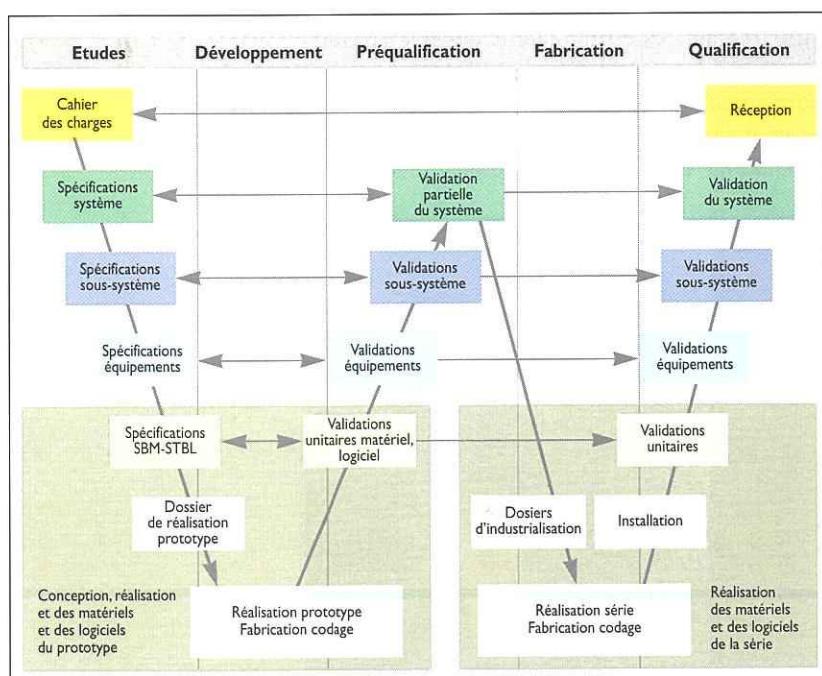
Une première phase d'essais en usine destinée à tester chaque équipement et certaines associations significatives d'équipements en environnement simulé.

Ensuite, une phase d'essais sur une voie d'essais, mettant en œuvre des équipements prototypes. Elle est destinée à valider l'ensemble des développements en environnement réel (essais de pré-qualification).

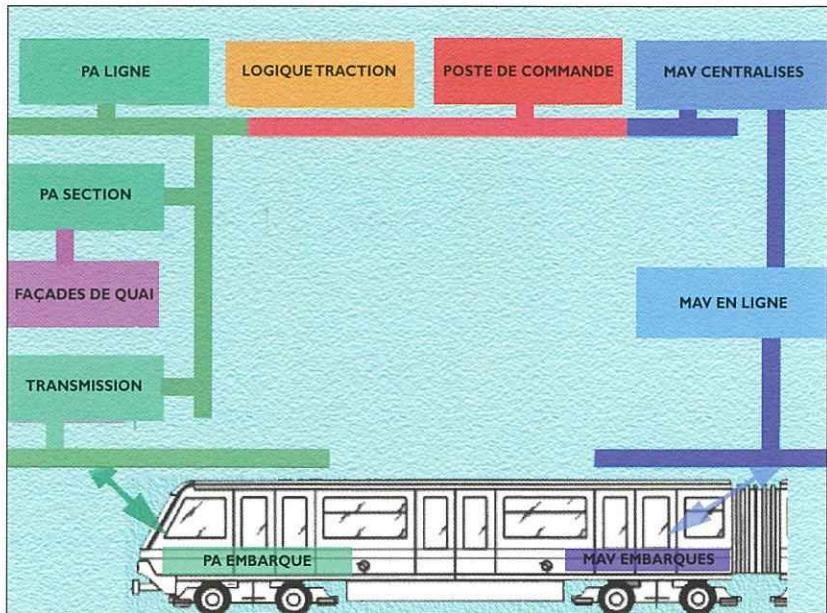
Enfin, une phase d'essais en ligne, mettant en œuvre les équipements de série. Elle est destinée à valider l'ensemble du système dans sa configuration définitive (essais de qualification).

Les essais en plate-forme usine

Chaque équipement constitutif du système a subi des essais en plate-forme usine qui se décomposaient ainsi :



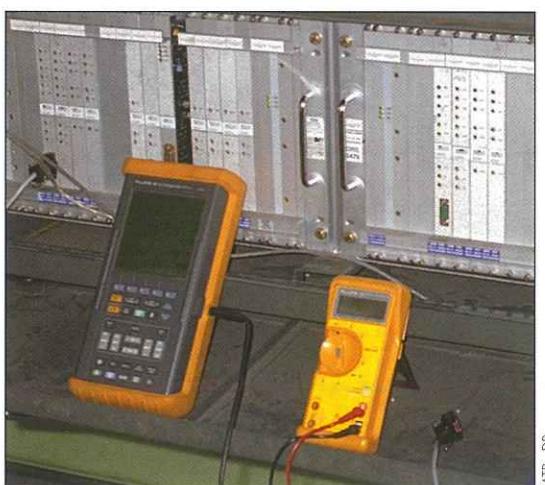
Le cycle de vie de développement du SAET.



Le niveau équipement du SAET.

- des essais de niveau "matériel" : tests des cartes électroniques et des tiroirs équipés qui sont réalisés au moyen d'outils de laboratoire ou de baies de test ;
- des essais de niveau "logiciel" : tests progressifs des modules puis des logiciels complets qui sont réalisés sur un calculateur de développement (machine "hôte") ;
- des essais de niveau "équipement" : destinés à valider l'intégration de chaque logiciel d'application de l'équipement correspondant (machine "cible"). Les outils utilisés lors de ces essais sont des baies fonctionnelles de test qui exécutent les scénarii représentatifs de différentes situations nominales ou exceptionnelles.

Certaines associations significatives d'équipements ont également été testées en plate-forme usine. Il s'agit essentiellement des associations mettant en œuvre des fonctions "transversales" : communications entre un équipement de pilotage automatique sol et un équipement de pilotage automatique embarqué ; communications entre le



Essai d'équipement en plate-forme usine.

poste de commande centralisé et les équipements de pilotage automatique via le réseau de transmission de données à haut débit ; association PCC-PA ligne pour la mise en œuvre des télécommandes sécurisées...

Les essais sur la voie d'essais

En complément des essais en usine, les essais avec trains sur la voie d'essais ont permis d'aboutir à la préqualification du SAET en testant les équipements fixes et embarqués en environnement réel, dans des conditions normales et dans des conditions extrêmes et non plus en environnement simulé.

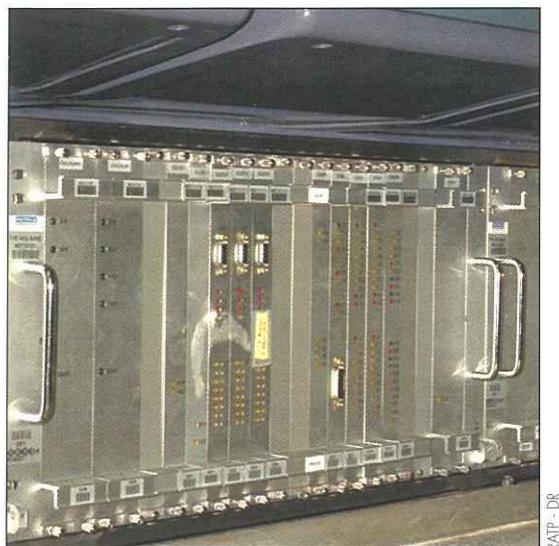
Sur la base d'essais de la Petite Ceinture, l'environnement réel du SAET était constitué par des équipements de voie (un kilomètre de voie comportant 300 m de voie double, un quai), du matériel roulant (deux trains "MP 89 version CA"), des équipements de contrôle et de distribution du courant de traction.

Dans la logique de déroulement des essais sur la voie d'essais, chaque équipement est installé et intégré dans son environnement (voie, local technique, quai ou matériel roulant). L'intégration sur site consiste à installer les différentes unités composant l'équipement, à vérifier leurs interfaces (mécaniques et électriques), à effectuer des tests de "mise en service" puis des tests de contrôles globaux de l'équipement (essais techniques). Les différents équipements sont progressivement interconnectés ; c'est la phase d'intégration des sous-systèmes et du système. Lors de cette phase, des essais techniques sont déroulés, de façon à valider les "briques de base" du système : communications entre tous les équipements sol via le réseau de transmission de données à haut débit ; communications entre les automatismes sol et embarqués via la transmission numérique sol-bord ; pilotage des trains ; commande des portes palières par les automatismes ; essais de "couverture radio" avec les équipements de Phonie Rame et de Vidéo Rame...

Le programme d'essais fonctionnels des sous-systèmes et du système SAET complet est déroulé ; il est destiné à valider l'ensemble des fonctions transversales du système dans son environnement réel. Intégrés à ce programme, des essais d'endurance permettaient de s'assurer que le système respecte le niveau requis de fiabilité, de disponibilité et de maintenabilité permettant le démarrage des essais en ligne. L'ensemble de ces étapes constituait la préqualification du SAET.

Les essais en ligne

Les essais en ligne poursuivaient deux objectifs distincts. D'une part, valider les installations et les configurations spécifiques des équipements de série disposés en ligne. Les essais correspondants étaient des "essais de série" qui reprenaient en



L'équipement de pilotage automatique embarqué (PAE).

partie les essais de type effectués en phase de préqualification mais de façon simplifiée. D'autre part, mettre en œuvre et valider les fonctions globales de gestion de l'exploitation qui n'avaient pas pu être essayées en phase de préqualification (marche en carrousel, régulation...). Les essais correspondants étaient des "essais de type" complémentaires.

La logique de déroulement des essais en ligne suivait un processus précis. Chaque équipement est installé et intégré dans son environnement.

Les différents équipements sont ensuite interconnectés, afin de "constituer" progressivement le système en ligne. L'enchaînement et l'organisation des essais correspondants sont décomposés selon différents "sites" de la ligne :

- les équipements embarqués sont intégrés sur chaque train, puis testés en ligne ;
- les équipements fixes de la ligne sont intégrés par zone, puis testés avec un nombre croissant de trains équipés ;
- les équipements du PCC sont intégrés dans les locaux de Bercy, puis testés en interaction progressive avec les différents équipements fixes de la ligne.

Lorsque tous les équipements du SAET sont opérationnels et interconnectés, les fonctions de niveau hiérarchique supérieur ont été mises en œuvre et testées avec un carrousel de trains. Le programme d'essais fonctionnels incluant des essais d'endurance était alors déroulé.

L'ensemble de ces étapes constituent la qualification du SAET.

En complément du programme d'essais fonctionnels, des essais d'exploitation étaient mis en œuvre. Ces essais avaient pour but de vérifier les caractéristiques globales du système et l'efficacité des procédures d'exploitation en situations nominale et dégradée. Ils permettaient un entraînement du personnel à l'exploitation et à la maintenance du SAET.

La documentation d'essais

L'un des points forts du programme d'essais du SAET a été la constitution progressive d'un dossier d'essais très complet, permettant un suivi permanent du programme par les différents intervenants du projet. Ce dossier est hiérarchisé selon les différents niveaux de l'arborescence technique : système, sous-systèmes, équipements, logiciels et matériels. Il est constitué, à chaque niveau, de documents d'essais d'intégration destinés à la validation des fonctions techniques (cahier, procédures et résultats d'essais d'intégration) ; de documents d'essais fonctionnels destinés à la validation des fonctions applicatives (cahier, procédures et résultats d'essais fonctionnels).

"Les essais avec trains sur la voie d'essais ont permis d'aboutir à la préqualification du SAET."

CONFIGURATION DES EQUIPEMENTS DE LA BASE D'ESSAIS

La base d'essais de la Petite Ceinture était située sur des terrains SNCF entre la place de Rungis à l'ouest et l'avenue d'Italie à l'est dans le 13^e arrondissement de Paris. Les installations fixes du site couvraient une surface de 8 500 m². Ils comprenaient :

- une voie d'essais de 1 km de longueur doublée sur la partie centrale d'une deuxième voie de 300 m,
- un quai de 90 m de longueur équipé d'un module de portes palières,
- une zone d'entretien pour le matériel roulant avec fosse de visite pour deux voitures,
- un accès routier pour la livraison du matériel lourd, notamment les trains,
- des bâtiments composés de salles techniques pour le SAET et le MP 89, d'un local d'exploitation, bureaux, salle de réunion pour l'ensemble des personnels RATP et industriels,



Train MP89 circulant sur la double voie au niveau du quai.

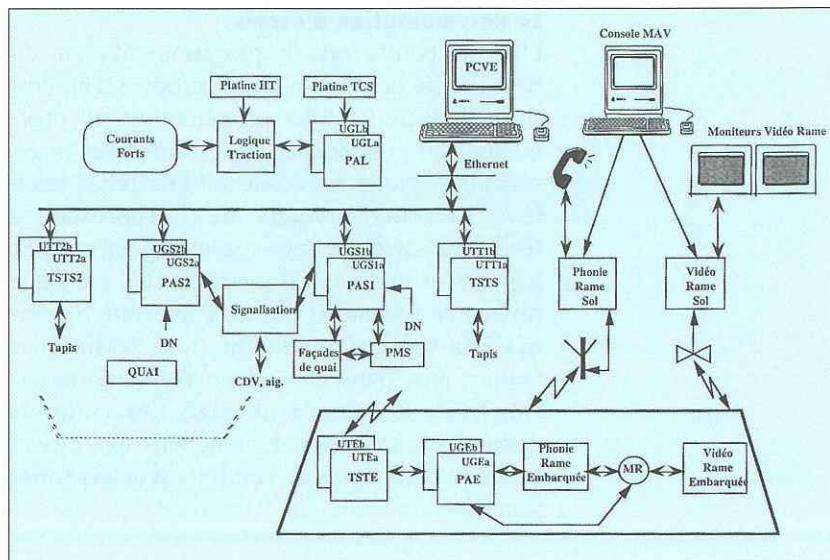


Schéma des équipements de la base d'essais.

- un bâtiment pour les équipements d'alimentation en énergie électrique du site : un poste de redressement, un poste d'éclairage force, une résistance de récupération d'énergie électrique.

Le site d'essais a disposé de deux trains de type MP 89 en version conduite automatique.

Afin de respecter au mieux l'objectif de préqualification du système SAET, il a été nécessaire de doter cette base d'essais d'un ensemble très complet d'équipements prototypes représentatifs du système et adaptés à la configuration particulière du site.

Le poste de commande centralisée de la voie d'essais (PCVE)

Un "mini PCC" adapté à la configuration spécifique de la voie d'essais permettait à un opérateur de superviser la circulation des trains sur la voie d'essais. Cet équipement a pour vocation essentielle de permettre le test des automatismes de conduite et, à ce titre, disposait des fonctionnalités d'interfaces "réelles" avec les automatismes via un réseau numérique de transmission de données.

La logique traction

En interface avec les automatismes, le PCVE et les équipements de courants forts, un équipement de Logique Traction assurait le contrôle et la commande de distribution du courant de traction sur la voie d'essais, via deux sections distinctes d'alimentation dont les limites ne correspondaient pas avec les limites des sections d'automatismes du pilotage automatique.

Deux modes d'exploitation de la Logique Traction étaient prévus :

- un mode nominal en interface avec le PCVE (Logique Traction Principale ou LTP),
- un mode dégradé "autonome" (Logique Traction Locale ou LTL).

Seul ce dernier mode est, au final, mis en œuvre.

Les automatismes de conduite

Pour tester les fonctionnalités de l'automatisme intégral dans un grand nombre de situations représentatives de la ligne, la configuration des automatismes sur la base d'essais a été bâtie selon les quatre niveaux représentatifs du sous-système, avec des équipements redondés.

Le niveau ligne constitué par :

- un équipement "PA Ligne" (PAL) destiné à assurer les fonctions centralisées d'automatismes : télécommandes sécurisées, interfaces opérateur pour la commande et le contrôle de la distribution de l'énergie électrique de traction.

Le niveau station constitué par :

- deux équipements "PA Sections" (PAS) destinés au suivi sécuritaire des trains et définissant deux sections d'automatismes distinctes.

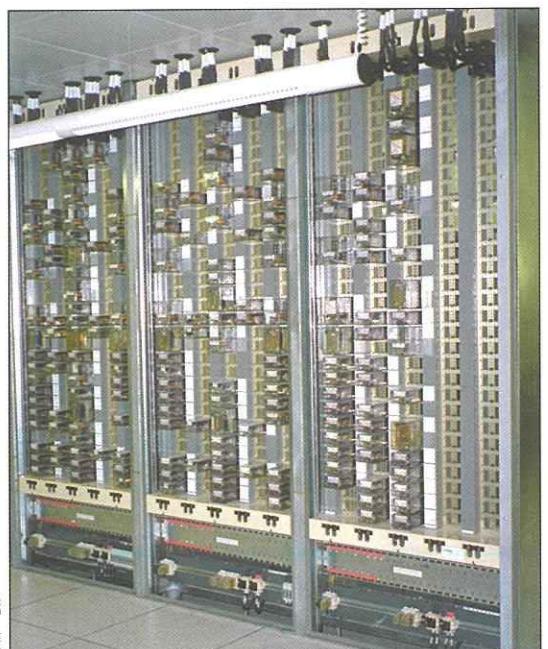
Cette configuration qui n'était pas strictement nécessaire compte tenu de la faible longueur de la voie d'essais, permettait de tester l'ensemble des fonctions liées aux changements de sections par les trains.

- deux équipements de Transmission Sol-Train (TSTS) gérant chacun plusieurs tronçons de transmissions dont les limites ne correspondaient pas aux limites des sections d'automatismes du pilotage automatique. Ce choix volontaire permet également de tester certaines fonctionnalités du sous-système.

Le niveau voie (équipements liés à la voie) constitué par :

- le tapis de transmission continue,
- les détecteurs négatifs placés en certains points caractéristiques,
- les balises de localisation placées en voie à intervalles réguliers.

Le niveau train constitué, pour chacun des deux trains, par :



Equipement de logique traction.

- l'équipement "PA Embarqué" destiné au pilotage et aux contrôles sécuritaires du train,
- l'équipement embarqué de Transmission Sol-Train (TSTE) assurant la transmission continue avec les TSTS et la lecture de balises de localisation.

Comme en ligne, tous les équipements d'automatismes au sol communiquaient entre eux par le réseau numérique de transmission de données qui les interconnectait au PCVE.

Les équipements de signalisation

Les équipements de signalisation "classique" assuraient :

- la localisation des trains non équipés du SAET par l'intermédiaire des circuits de voie,
- la commande et le contrôle des aiguilles,
- la commande des signaux d'espacement et de manœuvre pour les trains en conduite manuelle.

Comme en ligne, ces équipements peuvent être exploités selon deux modes :

- un mode nominal "automatique" en interface avec le PAS,
- un mode dégradé "manuel", à partir d'un Poste de Manœuvre Local (PML) en local technique.

"Pour respecter l'objectif de préqualification du SAET, la base d'essais a été dotée d'équipements prototypes complets."



Equipement de signalisation.



Pupitre du PML de la base d'essais.



La façade de quai de la base d'essais.

Les équipements de façades de quai

Le quai de la "station fictive" était équipé d'un module de façade de quai constitué par :

- une porte palière motorisée,
- deux portes de secours encadrant la porte palière,
- deux demi-arceaux encadrant ces portes.

Ce module était représentatif du "plus petit élément modulaire" qui équipera les quais de la ligne METEOR.

Il permettait, notamment, de vérifier :

- les principes d'installation en interface avec le génie civil du quai,
- les différentes fonctionnalités du transfert voyageur, en interface avec l'un des PAS.

Comme en ligne, la façade de quai pouvait être exploitée en mode dégradé à l'aide d'un Pupitre Manuel de Station (PMS) implanté dans une armoire à quai.

Les moyens audiovisuels (MAV)

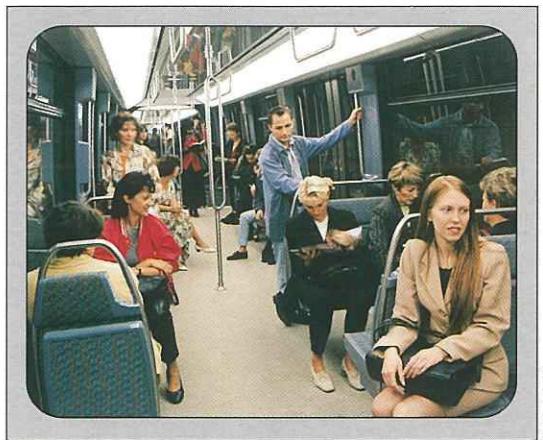
Seuls les équipements "à fort développement" du sous-système MAV ont été implantés sur la base d'essais.

La Phonie Rame Exploitant était constituée par :

- les équipements de communication pour l'opérateur du PCVE,
- une base relais sol, reliée à deux antennes d'émission/ réception,
- les équipements embarqués de Phonie Rame complets,
- cinq équipements portables destinés aux agents (talkies-walkies).

La Vidéo Rame est constituée par :

- deux moniteurs dans le local PCVE,
- trois bases relais sol,



La vidéo rame embarquée.

- les équipements complets de vidéo rame embarqués comprenant deux émetteurs vidéo (un à chaque extrémité), six unités vidéo de voitures (une par voiture), douze caméras (deux par voiture).

CONFIGURATION DES EQUIPEMENTS DU SITE D'ESSAIS "LIGNE"

Le site "ligne" est constitué par la réalisation de la première phase de la ligne 14 (Météor) d'une longueur de 8,3 km avec sept stations. Pour faciliter le démarrage des essais en ligne et augmenter les possibilités d'essais, le site "ligne" a été partagé en un domaine "zone nord" et un domaine "zone sud".

Le domaine "zone nord" était constitué par la partie nord de ligne du garage de Madeleine à la limite nord de la station Gare de Lyon, le domaine "zone sud" par la partie sud, de la station Gare de Lyon au garage de Bibliothèque.

A l'extrémité sud de la ligne, à l'emplacement de la future station "Olympiades", se situe l'atelier de maintenance du matériel roulant MP89 où s'effectuent les interventions de proximité. C'est dans cet atelier que les équipements embarqués du SAET ont été installés dans les trains avant leurs premiers essais en ligne.

Entre les stations Gare de Lyon et Bercy, une voie de raccordement permet de relier la ligne 14 à la ligne 6 et à l'ensemble des lignes du réseau métro. Par cette voie, les trains MP89 transitent entre la ligne et l'atelier de maintenance renforcée (Atelier ligne 1 de Fontenay) par exemple. Dans chaque station, un local technique accueille les équipements fixes du SAET. Le poste de commande centralisée est situé à la station Bercy "coeur opérationnel de la ligne". La configuration de la ligne est celle de la première phase de la réalisation de la ligne Météor.

Le poste de commande centralisée

A partir d'un poste constitué de plusieurs terminaux et d'un Tableau de Contrôle Optique (TCO), le Poste de Commande Centralisée (PCC) permet

aux opérateurs de superviser la circulation des trains sur la ligne et la maintenance du SAET. Le Poste de Commande Centralisée est un ensemble d'équipements qui comprend trois serveurs composant le poste de commande trafic (PCT) et un serveur pour le poste de commande maintenance (PCM) du SAET.

Cet ensemble communique par le réseau de transmission de données avec les équipements de pilotage automatique, les équipements des moyens audiovisuels, d'une part, avec les équipements externes au SAET pour l'information des voyageurs ou la maintenance des trains, d'autre part.

La logique traction

En interface avec les automatismes, le PCT et les équipements des "courants forts", les équipements de "Logique Traction" assurent le contrôle et la commande de distribution du courant de traction sur la ligne. La ligne est découpée en cinq sous-sections électriques.

Deux modes d'exploitation sont prévus :

- un mode nominal, qui met en œuvre l'équipement "Logique Traction Principal" (LTP) à partir du PCC à Bercy ;
- un mode dégradé, qui met en œuvre l'équipement "Logique Traction Secours" (LTS) avec un poste à Gare de Lyon.

Dans ce dernier mode, la circulation des trains en conduite automatique est interdite.

QUELQUES DATES

Essais sur la base d'essais de la Petite Ceinture

automne 1994
de l'automne 1994
au printemps 1995
printemps 1995
mai 1997

Ouverture du site

Equipement du site
Début des essais
Préqualification, fin des essais sur la BEPC

Essais sur la ligne

début 1997
17 mars 1997
14 mai 1997
26 mai 1997

4 août 1997

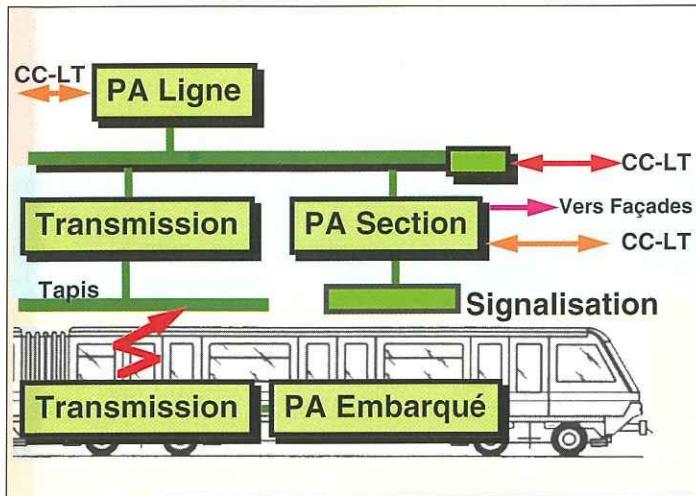
2 septembre 1997

6 août 1997
1er septembre 1997

6 octobre 1997

17 février 1998
5 juin 1998
5 octobre 1998
15 octobre 1998

Début équipement de la ligne
Arrivée du premier train MP 89 de série
Mise sous tension de la zone sud
Début des essais dynamiques avec le train en conduite manuelle
Début des essais dynamiques avec le premier train en conduite automatique
Circulation des trains équipés en carrousel sur la zone sud
Mise sous tension de la zone nord
Début des essais sur zone nord avec un train en conduite manuelle
Début des essais sur zone nord avec un train en conduite automatique
Arrivée du dernier train de la ligne
Début des essais de qualification en ligne
Fin des essais de qualification en ligne
Mise en service de la ligne 14



La transmission de données des équipements du pilotage automatique.



Le Poste de Commande Centralisée.

RATP - DGC -

Les automatismes de conduite

Comme sur la base d'essais, la configuration des automatismes en ligne a été bâtie selon les quatre niveaux représentatifs du sous-système, avec des équipements totalement redondés.

Le niveau ligne est constitué par l'équipement "PA Ligne" (PAL) destiné à assurer les fonctions centralisées.

Le niveau station est constitué par :

- cinq équipements "PA Sections" (PAS) définissant cinq sections d'automatismes de la ligne (distinctes des cinq sous-sections électriques),
- neuf équipements de Transmission Sol-Train (TSTS) gérant chacun plusieurs tronçons de transmissions.

Le niveau voie est constitué par :

- le tapis de transmission (17 km),
- les détecteurs négatifs (62 DN),
- les balises de localisation (668 balises).

Le niveau train est constitué par :

- l'équipement "PA Embarqué" (PAS),
- l'équipement embarqué de Transmission Sol-Train (TSTE) équipant les dix-neuf trains de la ligne.

Tous les équipements d'automatismes au sol communiquent entre eux par le réseau numérique de transmission de données qui les interconnecte également aux équipements du PCC.

Les équipements de signalisation

Les équipements de signalisation "classique", répartis dans quatre postes en ligne, assurent :

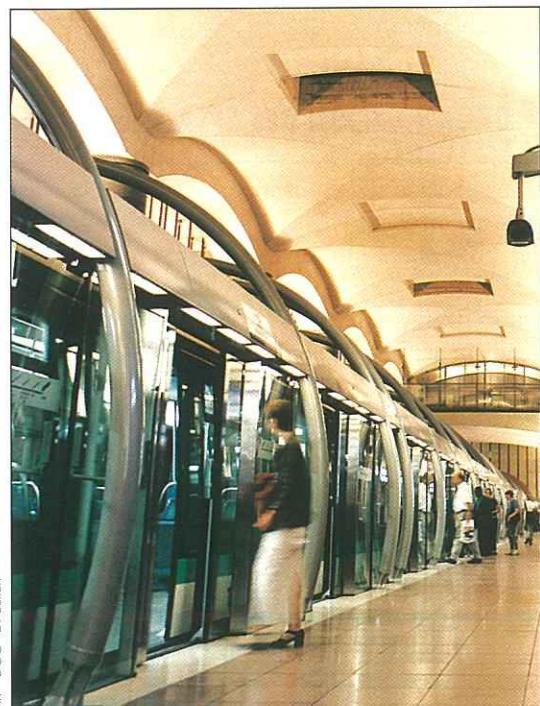
- la localisation des trains non équipés du SAET par l'intermédiaire des circuits de voie,
- la commande et le contrôle des aiguilles,
- la commande des signaux d'espacement et de manœuvre pour les trains en conduite manuelle.

Ces équipements peuvent être exploités selon un mode nominal "automatique" en interface avec le PAS ou selon un mode dégradé "manuel", à partir d'un Poste de Manceuvre Local (PML) situé en local technique.

Les équipements de façades de quai

Les quatorze quais de la ligne représentent plus de 1 680 m de façades de quai. Chaque quai est équipé d'un ensemble de 24 modules de façade de quai et, en extrémité, d'un module "retour de quai" comportant un portillon d'accès à la voie. Les modules de façade de quai sont constitués d'une porte palière motorisée ou non motorisée (cas des portes prévues pour une exploitation ultérieure avec des trains de huit voitures) et de deux portes de secours encadrant la porte palière. Entre les modules de façade de quai, il existe une porte "inter-voitures" située en regard de l'intercirculation des trains.

La structure de la façade de quai comporte des arceaux enjambant les voies pour relier les deux quais, renforçant l'aspect esthétique de l'architecture des stations.



Les façades de quai.

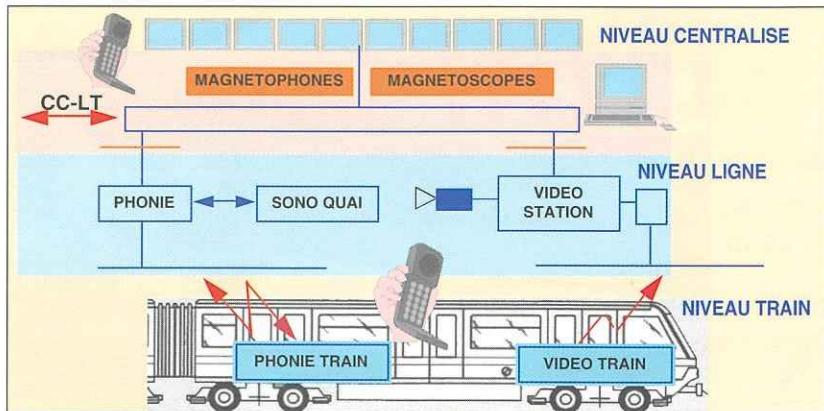


Schéma des moyens audiovisuels utilisés sur la ligne 14.

La façade de quai peut être exploitée en mode dégradé à l'aide d'un Pupitre Manuel de Station (PMS) implanté dans une armoire en tête de la façade de quai.

Les moyens audiovisuels (MAV)

La Phonie Rame Exploitant est constituée par :

- les équipements de communication pour les opérateurs du PCC,
- des bases relais sol, reliées à deux antennes d'émission/réception,
- les équipements embarqués de Phonie Rame (un équipement par train),
- les équipements radio-téléphones portables destinés aux agents (talkies-walkies).

La Vidéo Rame est constituée par :

- dix moniteurs dans le PCC,
- des bases relais sol,
- les équipements de vidéo rame embarqués comprenant deux émetteurs vidéo (un à chaque extrémité du train), six unités vidéo de voitures (une unité par voiture) et douze caméras (deux caméras par voiture).

ORGANISATION DES ESSAIS SAET EN LIGNE

L'organisation des essais a été adaptée, aussi souvent que nécessaire, pour respecter les contraintes des différentes phases du projet. Les essais du SAET ont été effectués par plusieurs équipes de Matra Transports International (MTI) et suivis régulièrement par le personnel RATP.

Organisation du suivi des essais

Un planning glissant à trois mois était fourni par MTI. Mis à jour chaque mois, ce planning mentionnait la durée et les dates prévisionnelles des programmes d'essais.

Les programmes d'essais faisaient le lien avec le planning glissant à trois mois. Ces programmes définissaient le but des essais et les contraintes particulières nécessaires à leur mise en œuvre, notamment celles permettant de garantir la sécurité des biens et des personnes.

A chaque semaine d'essais, un bilan permettait de faire le point sur les résultats obtenus, de définir les essais complémentaires et de déterminer les actions correctives à entreprendre en cas de non-conformité des résultats. Ce bilan assurait un suivi régulier jusqu'à l'acceptation des résultats d'essais.

Le suivi de la planification des essais MTI, de la réalisation des fiches de travaux est assuré par le gestionnaire des essais qui assurait, en outre, la coordination globale des essais. Le gestionnaire des essais assurait la mise en œuvre des ressources fournies par la RATP. Pour chaque essai, une fiche de travail notifiait la procédure utilisée et les moyens à mettre en œuvre.

Personnels d'essais MTI

L'organisation permettait de mener les essais sur une grande amplitude horaire, en utilisant l'ensemble de la ligne, une des deux zones de la ligne ou les deux avec des essais différents dans chacune des zones. Pour couvrir l'amplitude horaire et réaliser l'ensemble des essais, quatre équipes œuvraient à une période ou en un lieu différent. Chaque équipe était animée par un responsable technique d'essais, responsable de l'exécution ou d'un essai.

Au PCC, un superviseur d'essais était chargé, en liaison avec le ou les responsables techniques d'essais, de contrôler le mouvement des trains. Le superviseur d'essais assurait la sécurité globale des essais à l'exception de la gestion de l'énergie traction qui était sous l'autorité du chef de poste RATP.

Personnels d'essais RATP

Pour assurer un contrôle permanent des essais réalisés par MTI, l'organisation du suivi des essais a évolué pour permettre une présence permanente de l'équipe d'essais RATP. L'équipe d'essais était composée par le personnel de l'équipe projet SAET. Pour assurer la sécurité globale des travaux sur la ligne, en application des consignes de sécurité, la gestion de l'énergie de traction était assurée uniquement par le chef de poste (RATP). Le chef de poste était un personnel d'exploitation qui avait la formation indispensable pour assurer la consignation des appareils de distribution de l'énergie traction. Au fur et à mesure de l'avancement des essais, de la disponibilité des équipements du SAET, le rôle du chef de poste a évolué, notamment pour assurer le pilotage de la signalisation, jusqu'au pilotage complet de la ligne. Pour les essais nécessitant la conduite manuelle des trains, les conducteurs du Groupe Manœuvre Transport (GMT) ont été sollicités.

Essais de qualification "système"

Les essais de qualification "système" terminaient la qualification du SAET. Ils ont été déroulés

Compte-rendu de réunion
Minutes of meeting

		n° d'identification - n°mémorandum/identification number - n° memo				page	
		PME/ME/49.xxxx.98/JF/JF 06 / 04 / 98 CA 12				4	
SEMAINE 15/98		LUNDI 6h 14h 06/04 22h CA11 CA6	MARDI 6h 14h 07/04 22h	MERCREDI 6h 14h 08/04 22h	JEUDI 6h 14h 09/04 22h	VENDREDI 6h 14h 10/04 22h	
ATELIER TOLBIAC		Montage caméras CA7 FT 2007	Montage caméras CA9 FT 2009	Intégration Vidéo rame CA6 FT2011 (JC.PETAUT)	Intégration Vidéo rame CA7 FT2012 (JC.PETAUT)	Montage caméras et tiroirs vidéo rame CA10 FT2013	
PICARD / DA ROCHA		Dépose EMI.VID CA5 FT 2008	Intégration partielle PAE CA18 FT 2010				
ESSAIS LIGNE							
Consignations, travaux Zone SUD							
Consignations, travaux Zone NORD			5 6 14 <F> 24		20 T 24	13 14 20 T 24	
VISITES		RATP UITP, 14h15 - 15h GDL-TMA-GDL	MTI Hong Kong 13h30 - 14h30		RATP Conseil d'administration 10h30 - 11h30 GDL-TMA-GDL		
DELEUZE/ MOREAU/ BOSCHER				Préparation Essais systèmes FT 1797			Intégration FQ/PMS BEV2 M24 D234b FT 1798 et intégration AO/TC FQ M214 D234b-8 FT 1791 et intégration RAS-FQ M214 D234b-8 FT 1794
MARASCO / IACONNELLI					Intégration UD1N PCM' M2-D234b-4 FT 1800		
MARASCO / R. NEVADO	OLIVEIRA						
IACONNELLI			Intégration dynamique transmission M212 D234b-2 FT 1804 et intégration suivre interrogations M214-D234b-1 FT 1843				
BILLIEN / IACONNELLI					AO/MR M2 D234b-8 FT 1844		A confirmer
PERRAULT				Intégration séquence stationnement BE M214/D234b-13 FT 1802 et investigations FT 1822			
EGEA				Intégration Missions M2-D234b-1 FT 1845 et Zones de ligne M21-D234b4 FT 1846			
VEGA	SARDI			Endurance et investigations FT 1805			
VEGA / LAFARGUE					Essais d'asservissement sur CA3 M21-D234b-5 FT 1833		
VERNANT				Intégration robustesse M2 D234b-6 FT 1847			
Superviseur d'essais	Ferre	Egea	Lebastard	Ferre Bessolles Lebastard	Ferre Bessolles Lebastard	Ferre Bessolles Lebastard	Ferre Bessolles Lebastard

Exemple d'un calendrier des essais en ligne.

dans le cadre général de l'organisation décrite ci-dessus. Un responsable de la qualification RATP contrôlait ces essais avec l'assistance des personnels d'essais. Pour couvrir l'ensemble des fonctionnalités du SAET, les essais de "bon fonctionnement et de vérification de la sécurité" ont été répartis en douze familles. Chaque famille était relative à une fonctionnalité de haut niveau ou destinée à vérifier les objectifs de performances et de disponibilité du SAET. Les actions et contrôles à effectuer lors de chacun des essais de qualification "système" sont décrits par plus de 250 procédures. Le déroulement des essais de "bon fonctionnement et de vérification de la sécurité" du niveau système a représenté plus de 300 heures d'essais en ligne.

METHODOLOGIE D'ELABORATION DES SCENARIIS D'ESSAIS "SYSTEME"

Pour préparer les essais écrits par la RATP et vérifier les essais écrits par MTI, la RATP a mis en œuvre une méthodologie avec l'aide du Générateur de Système Expert en Réglementation (GESER) développé par la SSII Slogos/Delphia. L'objectif que s'était fixé la RATP était l'écriture

des scénarii d'essais système à partir des fonctionnalités décrites dans le Cahier des Charges Fonctionnelles (CdCF) et des documents d'entrée de marché.

Cet objectif permettait, d'une part, de vérifier tout au long du projet, l'adéquation entre le fonctionnel du cahier des charges et le fonctionnel décrit par MTI et, d'autre part, de contrôler, avant mise en service, la conformité de la réalisation au CdCF.

Choix de la méthode

L'écriture de scénarii de tests pour un système aussi complexe nécessitait l'emploi d'une méthode. Après une analyse des méthodes et des outils du marché, la méthode utilisant l'outil GESER a été retenue, cet outil permettant l'application de règles descriptives : système expert.

Au moment de la programmation des règles, les avantages du système expert ont été la mise en évidence au travers des documents d'entrée de marché :

- d'enchaînement d'événements non prévus,
- de contradictions,
- d'incomplétries dans la description des fonctionnalités,
- d'incomplétries dans l'inventaire des cas possibles.

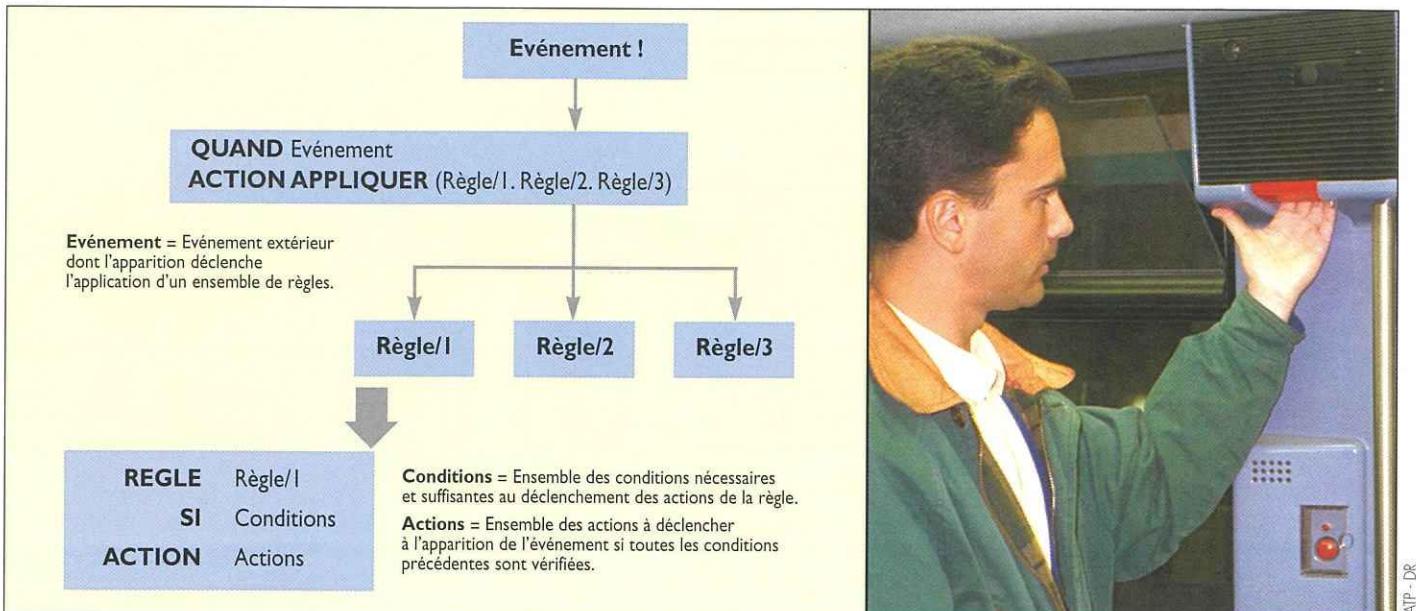


Schéma des règles méthodologiques appliquées.

Au moment de la simulation, le système expert a permis :

- d'identifier les états du système à observer lors de l'exécution réelle des tests ;
- de générer automatiquement la liste des événements à déclencher et des résultats à obtenir lors de ces tests ;
- de simplifier l'élaboration de scénarios de tests complets.

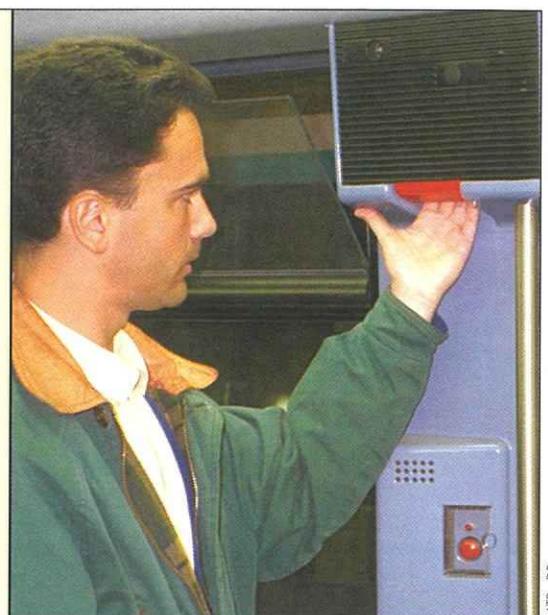
Méthode et outil

Le fonctionnement du système expert repose sur le concept de "règles". Le système expert est constitué d'un noyau appelé "moteur d'inférences". Ce noyau utilise une "base de connaissances" pour tirer des conclusions. La base de connaissances contient tout le fonctionnement à simuler. Elle est constituée d'un ensemble de règles de deux types différents : les règles événementielles et les règles descriptives.

Lors de la programmation de la base de connaissances, une méthode quasi systématique a été utilisée.

1. Identifier le système à tester, c'est-à-dire bien discerner les limites entre le système et son environnement.
2. Identifier l'ensemble des événements externes ou internes susceptibles de faire évoluer le système. Ce sont les événements contenus dans les règles événementielles.
3. Faire l'inventaire des données déterminantes dans le fonctionnement du système. Ce sont les conditions contenues dans les règles descriptives.
4. Ordonner et hiérarchiser les données dans leur ordre d'implication. C'est l'ordre où elles apparaîtront dans les conditions des règles descriptives.
5. Faire l'inventaire des actions agissant sur le système ou son environnement. Ce sont les conclusions des règles descriptives.

"Le fonctionnement du système expert repose sur le concept de règles."



Actionnement du signal d'alarme.

6. Les regrouper en actions déclenchées par les mêmes événements et sous les mêmes conditions. Elles constituent la conclusion de chaque règle.

7. Décomposer le fonctionnement global du système en fonctionnements indépendants mais conditionnés par les mêmes événements.

A chaque apparition d'un événement déclenché par l'utilisateur, le moteur d'inférence applique la ou les règles événementielles correspondantes qui appliquent des règles descriptives. Chacune des règles descriptives aboutit à une conclusion du type Fait : = Valeur ou du type appliquer [ListeRègles], permettant l'enchaînement de règles descriptives. Le noyau est le cœur du système expert et contient les algorithmes itératifs de recherche et d'application des règles.

Dans l'exemple du fonctionnel du "signal d'alarme" on obtient les règles de l'encadré ci-après.

Une fois la base de connaissances saisie, il reste à l'utilisateur à déclencher successivement des événements. Le système expert pose alors à l'utilisateur les questions dont les réponses lui sont indispensables pour tirer les conclusions qui s'imposent en fonction des règles contenues dans la base de connaissances et de leur architecture. En sortie, le système expert indique l'événement déclenché, le contexte initial, les règles appliquées et enfin les faits calculés. De ces différents éléments, les scénarios de tests sont déterminés.

Une simulation graphique des fonctionnalités traduites dans les règles est possible. La partie graphique se compose d'un constructeur d'animations et d'un constructeur de tableaux de bord. Dans le constructeur d'animations, les objets élémentaires sont définis avec leurs différents états. Dans le constructeur de tableaux de bord, les différents objets élémentaires sont assemblés jusqu'à représenter la fonction à tester. Il reste à coupler chacun de ces éléments élémentaires à un "fait" de la

QUAND Action_poignée_par-voyageur
ACTION APPLIQUER [Contrôler_train, ... ,
 Etablir_communication]

REGLE Contrôler_train
 [Contrôler_train/1, Contrôler_train/2, ...]

REGLE Contrôler_train/1
SI Vitesse_train = nulle
ET Localisation_train = Station
ET Position_train _ Dans_tolérances
ET Cas = Au_départ_portes_fermées
ACTION Portes_service := Libres
ET Portes_entrevoie := Fermées
ET Blocage_train := Sécuritaire

REGLE Contrôler_train/2
SI Vitesse_train = nulle
ET Localisation_train = Place_garage
ET Automatismes_train = Réveillés
ACTION Portes_service := Libres
ET Portes_entrevoie := Fermées
ET Blocage_train := Fonctionnel

base de règles. Lors de l'exécution, l'animation simule le fonctionnement traduit par les règles.

Vérification de la complétude et de la couverture des scénarii d'essais

Les spécifications du système sont écrites sous forme d'exigences (environ 600). Il fallait s'assurer que toutes ces exigences étaient couvertes par au moins un essai représentatif et que le CdCF, pour la partie décrivant le SAET, était lui aussi couvert par l'ensemble des tests MTI.

Pour s'assurer de la couverture du CdCF et de la couverture des spécifications fonctionnelles,

les étapes suivantes ont été déroulées :

- génération des scénarii de tests à l'aide de l'outil GESER d'après le CdCF,
- chargement de la base de données avec les tests écrits par MTI,
- chargement de la base de données avec les tests issus du CdCF,

- rapprochement et comparaison des scénarii de tests écrits par MTI de ceux écrits par la RATP.
 A l'issue de cette dernière étape, la RATP était en mesure de vérifier si la couverture des tests envers le CdCF et les spécifications fonctionnelles système étaient complète.

Pour répondre au besoin de contrôle de la complétude et de la couverture des exigences (CdCF et spécifications) par les scénarii d'essais, une base de données relationnelle (SGBDR ORACLE) a été mise en œuvre. Une interface graphique permet l'utilisation aisée de cette base de données relationnelles.

BILAN

L'ensemble des essais a permis à la RATP de faire un constat de la conformité du système au CdCF et du bon fonctionnement du SAET bien avant la mise en service de la ligne. Le déroulement des essais, du niveau "essais en usine" au niveau "essais système" a permis, grâce à l'anticipation, de détecter très tôt les dysfonctionnements et d'engager leurs corrections.

La rigueur dans la conception et le déroulement des essais a permis d'atteindre un bon niveau de qualité de service pour l'exploitation avec voyageurs dans un délai très réduit. Avec les corrections des anomalies identifiées lors du déroulement des essais ou inhérentes à la jeunesse d'un système complexe, l'objectif de qualité de service de 99,3 (demandé au marché de réalisation du SAET) sera dépassé.



TECHNOLOGIE : LES MACHINES A LAYER LES TRAINS

Depuis 1990, le nettoyage des trains et des espaces de la RATP est devenu une action prioritaire pour laquelle de nombreuses mesures ont été prises. La réalisation de machines à laver les trains directement sur les lignes opérationnelles est l'une d'entre elles. Les machines installées associent, aujourd'hui, les nouvelles technologies aux lois nationales et européennes sur l'environnement.

TECHNOLOGY: TRAIN WASHING

Keeping trains and station premises clean has been a priority for RATP since 1990. A host of measures has been implemented such as cleaning trains on operational lines. The high-tech machines installed for this purpose conform with both European and French environmental law.

TECHNOLOGIE: DAS WASCHEN DER ZUGE

Seit 1990 ist das Reinigen der Züge und der Anlagen der RATP für unser Unternehmen vorrangig. Daher wurden zahlreiche Maßnahmen getroffen, zu denen der Bau von Maschinen zum Waschen der Züge direkt auf dem Einsatzgleis gehörte. Diese neu installierten Maschinen verbinden jetzt neue Technologien und europäische und nationale Umweltschutzvorschriften.

TECNOLOGIA: EL LAVADO DE LOS TRENES

Desde 1990, la limpieza de los trenes y de los espacios de la RATP se ha convertido en una acción prioritaria de nuestra empresa, por lo que se han tomado numerosas medidas. La realización de máquinas para lavar los trenes directamente en las líneas operativas es una de ellas. Estas máquinas instaladas asocian ahora las nuevas tecnologías a las leyes europeas y nacionales sobre el medio ambiente.

TECHNOLOGIE

Les machines à laver les trains



Le poste de brossage des métros.

par Fabrice Maarek,
Dominique Tuzi
et Bruno Le Morvan,
Département SEC,
Unité Environnement et Propreté

Jusqu'en 1990, huit machines à laver les trains étaient installées sur les réseaux Métro et RER et gérées par les prestataires de service titulaires des marchés de nettoyage. Sur chaque ligne, des conducteurs étaient désignés pour passer les trains en machine. Depuis 1990, avec la mise en place des "plans propreté", le nettoyage des trains est devenu une action prioritaire pour la RATP. "Offrir à nos clients des trains et des espaces propres" est maintenant une volonté constante affichée dans nos contrats d'objectifs, concrétisée par la création d'aires de nettoyage, de dégraftage ou le renforcement de l'éclairage des positions de garage. L'installation de machines à laver les trains sur les lignes opérationnelles est l'une d'entre elles.

LES OBJECTIFS A ATTEINDRE

Le programme d'installation des machines à laver les trains a donné lieu à la rédaction d'un schéma de principe présentant le bien-fondé du choix de la machine, à la fois dans ses aspects techniques (augmentation de l'espace temps entre deux grands nettoyages) et dans ses aspects économiques (réduction de 70 % des coûts par rapport à des nettoyages manuels uniquement).

Les objectifs annoncés étaient le nettoyage en machine du parc d'une ligne en une semaine, soit une moyenne de dix trains par jour. Ces objectifs conduisent à n'effectuer un grand nettoyage que toutes les six semaines seulement.

LES ASPECTS TECHNIQUES

Une des particularités d'un projet de réalisation d'une machine à laver est l'appel en maîtrise d'œuvre de tous les corps de métiers.

La première étape de ce projet consiste dans la réalisation de relevés topographiques (schéma 1) permettant de s'assurer de la faisabilité de l'implantation qui a été définie. Les plans ainsi réalisés (schéma 2) donnent lieu à un traçage à pied d'œuvre avant l'exécution de tous travaux.

Les travaux de voie sont les premiers grands travaux, comme les opérations de renouvellement des voies ballastées sur notre réseau. L'aire comprise entre l'approche de la zone de nettoyage et la fin de la zone d'égouttage est entièrement déballastée. La voie est calée par des chandelles afin de permettre la continuité de l'exploitation. Ces calages en bois sont coulés dans le béton lors des travaux d'étanchéité.

Les travaux de génie civil succèdent à ceux de la voie par le bétonnage du radier afin d'assurer la reprise des efforts générés par le matériel roulant et par la machine. Des massifs d'ancre sont éga-

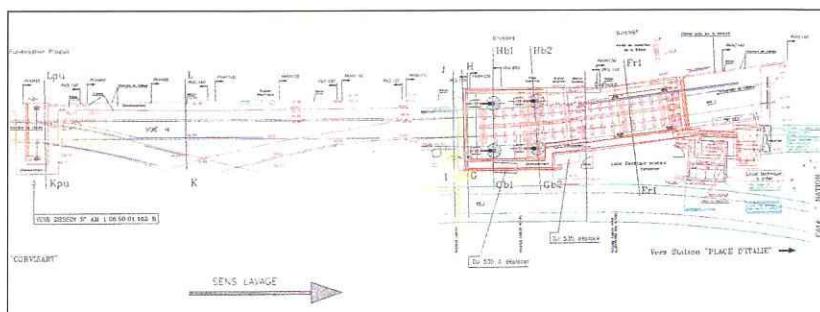


Schéma 2 : implantation de la machine à laver sur la ligne 6 à Place d'Italie.

"Le nettoyage des trains est devenu une action prioritaire pour la RATP."

lement coulés de part et d'autre de la voie. Ils servent de supports aux brosses de la machine.

Même si les quantités d'eau nécessaires au nettoyage ont considérablement diminué (250 litres par minute et par face pour le métro), il est indispensable de procéder à l'étanchéité de la voie et à l'acheminement des eaux usées. Pour ce faire, une forme de pente est donnée à l'aire parcourue par un caniveau central de récupération des eaux. Le canal central conduit les eaux usées soit à une fosse dans laquelle se trouve un éjecteur ou une pompe de relevage avec un raccordement au collecteur, soit à une station de traitement des eaux usées. Cette dernière solution est maintenant la plus généralisée, compte tenu des lois sur l'eau (loi n°92-3 du 3 janvier 1992).

La réalisation de caniveaux électriques et hydrauliques ainsi que la construction de bâtiments d'accueil des installations techniques achèvent le génie civil d'une telle opération. Les équipements constituant la machine à laver peuvent maintenant être installés.

Les postes de pulvérisation

Ils diffèrent selon que la machine est installée sur le RER ou sur le Métro.

- Sur le RER, du fait de la circulation en aérien et de leur implantation, les conditions de nettoyage des trains sont étroitement liées aux températures extérieures.

Pour des températures supérieures à 16°C, il est nécessaire de refroidir la caisse afin d'éviter l'évaporation avant l'application du détergent. Cette action est réalisée à partir d'une rampe dite de prémouillage alimentée en eau dure. Le poste de pulvérisation "été", alimenté en eau douce et détergent, est situé à une quinzaine de mètres du poste de prémouillage. Il est mis en service pour une température supérieure à 12°C.

Pour des températures inférieures à 12°C, les postes de prémouillage et de pulvérisation "été" sont inhibés automatiquement grâce à des sondes de température, et le poste de pulvérisation "hiver", situé à hauteur du poste de prémouillage, et alimenté en eau douce et détergent, est mis en fonction.

- Dans le Métro, le système de pulvérisation est plus simple puisque actuellement une armoire

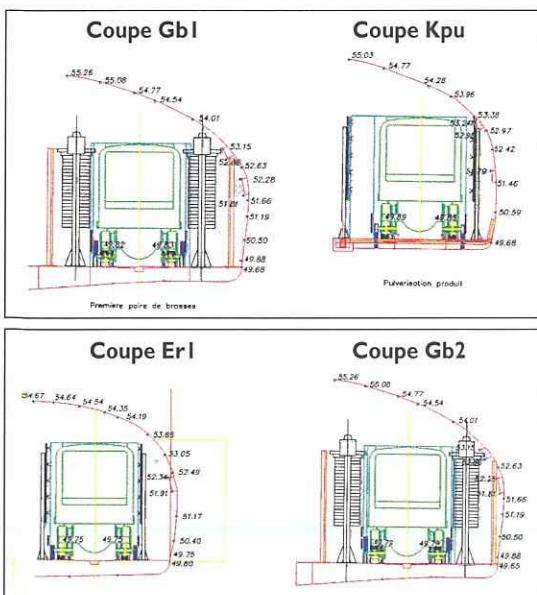


Schéma 1 : relevé topographique de voûtes pour l'implantation de la machine à laver et de ses brosses.



RATP - DGC - B. Chabot

Poste de pulvérisation des métros : projection de mousse.

alimente une rampe de pulvérisation qui projette un détergent sous forme de mousse (limitation des quantités d'eau). Cette mousse permet ainsi une action en profondeur sur les concrétiions qui adhèrent aux parois latérales des trains.

Les systèmes de brossage

Les postes de brossage sont disposés de part et d'autre de la voie sur les massifs d'ancre déjà réalisés dans le génie civil. Ces postes de brossage sont composés de brosses à axe vertical entre paliers à billes étanches. Le nombre et la forme des postes peuvent varier en fonction des profils de caisse avec, notamment, la combinaison de plusieurs formes de brosses sur les lignes utilisant plusieurs types de matériel : MS 61, MI 84, MI2N. L'entraînement des brosses est assuré par un moto-réducteur de type SEW-USOCOME, étanche à l'eau et aux poussières (IP55), d'une puissance de 3 kW et d'une vitesse de rotation de 150 tr/mn. Les brosses sont équipées de barettes ou de coquilles garnies de fils à sections cruciformes. Leur application sur les parois des trains est effectuée grâce à des vérins pneumatiques.

Les postes de rinçage

Ils sont constitués de deux rampes inclinées de façon à rincer le haut de caisse avant le bas lors de l'avance du train. Les postes de rinçage sont au nombre de trois sur le RER et de deux sur le Métro. Les premiers sont alimentés en eau dure et le dernier en eau adoucie additionnée de produit déperlant afin de permettre un écoulement rapide de l'eau, ce qui facilite le séchage du train. L'ensemble des postes pulvérisation, brossage et rinçage est mis en service lors de l'avance du train par détection photoélectrique.

Par ailleurs, dans un souci de maintenance, ces équipements sont réalisés avec des éléments démontables à partir du sol (souci du travail au

"L'une des particularités du projet : l'appel en maîtrise d'œuvre de tous les corps de métiers."

voisinage de conducteurs sous tension électrique), facilement interchangeables ou ramenés dans un endroit le plus accessible possible.

Les circuits d'alimentation en fluide

Le circuit hydraulique est le circuit principal d'une telle installation. Il se compose des éléments suivants :

- le réseau en eau dure alimenté par une pompe ;
- le réseau en eau douce et produit détergent alimenté par le réseau d'eau de ville à travers l'adoucisseur et la pompe "détergent" ;
- le réseau eau douce et produit de rinçage alimenté par le réseau d'eau de ville à travers l'adoucisseur et la pompe doseuse "produit rinçage".

Ces réseaux de distribution sont équipés de vannes permettant une purge gravitaire des tuyauteries pour assurer la mise hors gel automatique de l'installation pour des températures inférieures à 0°C.

Enfin, un réseau d'air comprimé autonome est distribué à partir d'un réservoir d'air. Il permet d'alimenter les vérins, les vannes, et les purges automatiques.

Le local technique

C'est le "poumon" de la machine. Pas moins de cinq cuves sont mises en série avec les différentes pompes (détergent, rinçage, eau). Par sécurité, les cuves "détergent" et "rinçage" comportent des alarmes, hautes et basses, qui mettent hors service le fonctionnement de leur pompe respective. S'agissant des cuves à eau, une régulation de niveau permet une gestion automatique par action sur les vannes de remplissage.

Le local technique comporte également l'ensemble de la production d'air comprimé constitué d'un compresseur, d'un sécheur d'air et d'un réservoir.

*Les circuits d'alimentation en fluide.*

Le local de commande

C'est le dernier endroit sensible de la machine. Outre ses équipements habituels : sectionneurs, transformateurs, contacteurs, l'armoire électrique de commande comporte un automate programmable qui assure la gestion intégrale de la machine. Il signale les dysfonctionnements de la machine à un afficheur alphanumérique disposé sur le pupitre de commande et à un modem qui retransmet, en temps réel, un journal de fonctionnement de la machine à laver les trains aux différents acteurs : gestionnaire, mainteneurs...

LES EXIGENCES DE SECURITE

Les mises en conformité des machines à laver ont été réalisées suivant le décret n° 93-40 du 11 janv. 1993 relatif à la réglementation du travail.



Boîtiers de commande montés sur potence escamotable.

Conformément aux réglementations spécifiques RATP, des mesures complémentaires de sécurité ont été prises telles que les bardages de protection installés sur toute la longueur de la machine pour assurer la matérialisation précise de l'ensemble pour les non-techniciens : conducteurs, personnel de sécurité, personnel de nettoyage...

Ont également été installés des boîtiers de commande "conducteur" montés sur des potences escamotables qui écartent les risques de coincement du conducteur entre la rame et le boîtier lors de la circulation du train sur l'aire de la machine sans qu'un lavage soit effectué.

Enfin, les derniers projets ont permis de généraliser la mise en place de dispositifs de survitesse afin d'éviter un arrachement des brosses lors du passage d'un train à une vitesse supérieure à 10 km/h.

DANS L'AVENIR

L'installation de la machine à laver sur la ligne 6 du Métro a donné lieu à la réalisation d'une première enquête auprès de nos voyageurs afin de déterminer leur appréciation sur la propreté des trains de la ligne.

Une seconde enquête de satisfaction, identique à la première, sera lancée prochainement sur la ligne 6 pour mesurer l'impact de la machine à laver sur la propreté des trains. Les résultats de cette dernière enquête conditionneront la suite du programme d'installation des machines à laver sur les réseaux.

HISTORIQUE DES MACHINES A LAVER LES TRAINS

MÉTRO

1979	Installation de la machine de Chatillon-Montrouge ligne 13 : automatisée en 1993
1981	Ateliers de Javel ligne 8 : modifiée et automatisée en 1992
1985	Pierre Curie ligne 7 : automatisée en 1997
1985	Bobigny ligne 5
1992	Château de Vincennes ligne 1
1998	Place d'Italie ligne 6
1998	Tolbiac ligne 14

Réflexions en cours pour la réalisation des machines sur les lignes 2, 9, 10 et 12. L'entretien de ces machines est effectué par les équipes de maintenance des ateliers de Saint-Fargeau du département du Matériel Rouleur Ferroviaire.

RER

1979	Installation de la machine de Rueil Malmaison ligne A
1982	Massy-Palaiseau ligne B : automatisée en 1993
1990	Boissy-St Léger ligne A : automatisée en 1992
1992	Torcy ligne A : déplacée et automatisée

Renouvellement dans les mois à venir de la machine à laver de Rueil-Malmaison dans le cadre de la construction des ateliers de la gare. Depuis fin 1996, la maintenance est confiée par le Département Environnement et Sécurité à une entreprise extérieure prestataire de services.

COUT D'UN PROJET DE REALISATION D'UNE MACHINE A LAVER LES TRAINS

Les coûts de réalisation d'une machine à laver les trains évoluent dans une fourchette de 11 à 15 MF. Ces montants varient essentiellement en fonction de l'importance des travaux de voie et des travaux de modifications d'itinéraires.

L'équipement électromécanique en lui-même se situe, pour le métro, entre 1,5 et 2 MF, armoires de commande comprises.

Dans le cadre de la machine à laver installée à Place d'Italie sur la ligne 6, sur les 11 MF d'investissement, la clé de répartition était la suivante :

- 68,1 % pour le génie civil,
- 18,0 % pour la part électrique BT,
- 13,3 % pour l'équipement électromécanique de lavage,
- 0,6 % pour la signalisation, les courants faibles et les autres prestations accessoires.

TECHNOLOGIE :

SECURITE DE L'ALIMENTATION TRACTION (2^e PARTIE)

Après un rappel des circonstances dans lesquelles s'est produit l'accident de Couronnes et les enseignements qui en ont été tirés (voir Savoir-Faire n°30), le présent article décrit les mesures mises en œuvre pour assurer la protection électrique contre les courts-circuits sur les réseaux de traction du métro de Paris ainsi que les améliorations qui y ont été apportées au fur et à mesure de sa modernisation pour aboutir aux dispositions retenues sur METEOR (ligne 14).

TECHNOLOGY:

SAFETY IN TRACTION POWER (PART 2)

The last issue of Savoir Faire contained a review of the 1903 Couronnes accident and the ensuing improvements made to the electric protection system. This article describes the measures taken to ensure protection against electrical short circuits on the Paris metro traction network and the improvements gradually introduced, right up until the latest installations on Meteor.

TECHNOLOGIE:

SCHUTZ DES TRAKTIONENERGIENETZES (2. TEIL)

In der letzten Nummer wurde der Unfall von Couronnes im Jahre 1903 in Erinnerung gerufen und es wurde auf die seitdem durchgeführten Verbesserungen im Bereich elektrischer Schutz eingegangen. In diesem zweiten Artikel werden die Maßnahmen zum Schutz gegen Kurzschlüsse in den Zugnetzen der Pariser Metro sowie die im Laufe der Modernisierungen durchgeföhrten Verbesserungen beschrieben, die zu den Sicherheitsvorkehrungen bei Météor führten.

TECNOLOGÍA: SEGURIDAD DE LA ALIMENTACIÓN POR TRACCIÓN (2.A PARTE)

En el número anterior, se evocó el accidente de Couronnes en 1903 y las consecuentes mejoras de la protección eléctrica. Este segundo artículo describe las medidas aplicadas para asegurar la protección eléctrica contra los cortocircuitos en las redes de tracción del metro de París así como las mejoras introducidas a medida que se efectuaba la modernización hasta llegar a las disposiciones retenidas en Météor.

TECHNOLOGIE

Sécurité de l'alimentation traction (2^e partie)

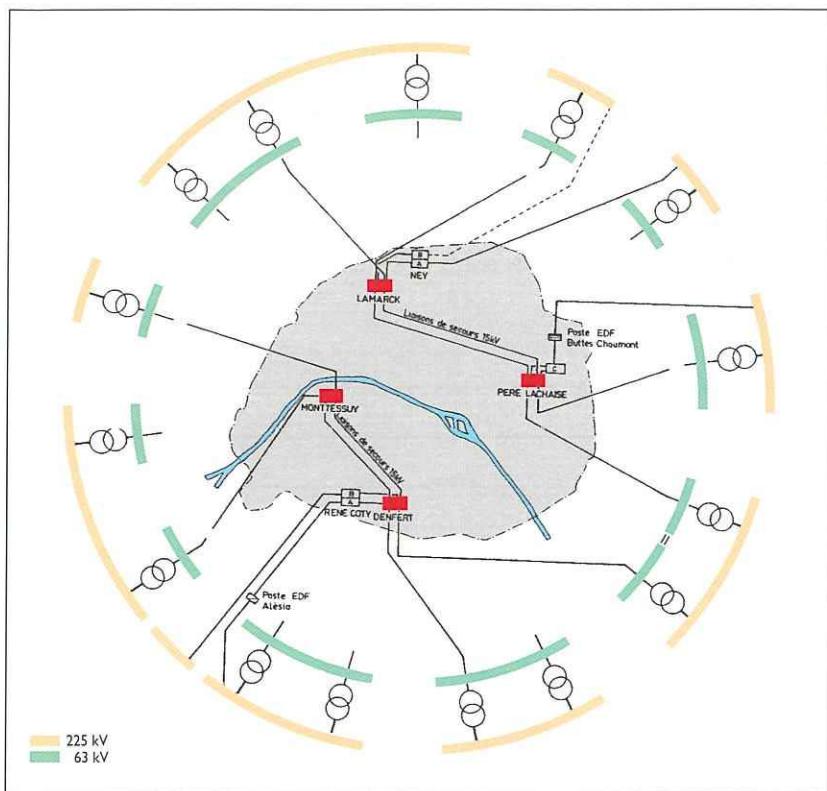


Le Poste de Commande Energie (PCE) boulevard Bourdon.

par Charles Venard,
Département des Équipements
et des Systèmes Electriques

Après l'accident de Couronnes et jusqu'en 1960, les principes d'alimentation, de distribution et de protection sur le réseau de traction ne font pas l'objet de transformations importantes, hormis celles liées au progrès technologique. Ces dernières se rapportent plus à la génération du courant de traction avec le changement de fréquence du courant alternatif de 25 Hz à 50 Hz et à la mise en service de redresseurs à vapeur de mercure (première expérimentation le 10 août 1923). Fin 1937, l'ensemble du réseau était alimenté en 10,5 kV - 50 Hz (voir Savoir-Faire n° 17).

A la même époque, avec l'électrification de la ligne de chemin de fer Paris-Le Mans en 1 500



Ceintures 63 kV et 225 kV autour de Paris.

volts continu (1934-1937), la SNCF mettait en service ses premières sous-stations à commande à distance par un poste central.

LA MISE EN PLACE DU PLAN 63 000 VOLTS

Dès 1946, en prévision du renouvellement de ses installations les plus vétustes, les services techniques de la CMP élaboraient les principes d'une nouvelle alimentation comportant l'abandon des sous-stations multigroupes. Le nouveau schéma proposé consistait à remplacer les sous-stations par des Postes de Redressement (PR) non groupés, de plus faible encombrement, constitués d'unités amovibles s'insérant mieux en milieu urbain et alimentés en antenne à partir de quatre Postes Haute Tension (PHT). Ceux-ci seraient répartis aux quatre points cardinaux de l'agglomération parisienne Lamarck, Père-Lachaise, Denfert-Rochereau et Suffren. Ils prélèveraient leur énergie de la ceinture 63 000 volts qui entoure Paris, et devant être doublée, par la suite, par une ceinture 225 kV. Au système décentralisé dans lequel la surveillance du fonctionnement et la sécurité d'exploitation étaient réparties dans 32 sous-stations indépendantes, serait substituée une nouvelle organisation regroupant l'ensemble des personnels dans les quatre postes haute tension, les postes de redressement fonctionnant automatiquement et n'étant pas gardiennés. En fait, la mise en place de ce plan de moderni-

sation, dit projet 63 000 volts, ne débutera qu'en 1958 et se terminera en 1970. A cette occasion, le schéma d'alimentation traction des lignes allait être modifié et, compte tenu de la suppression des personnels dans les sous-stations, les systèmes de protection contre les surcharges allaient être automatisés. Par la suite, en 1974, les PHT seront eux-mêmes télécommandés et télécontrôlés à partir d'un poste de commande unique, le Poste de Commande Energie (PCE). Parallèlement, toujours dans le but de réduire le temps de résolution des incidents, les conditions d'exploitation allaient être améliorées par la mise en place de Postes de Commande Centralisés (PCC) par ligne centralisant en un même lieu les liaisons avec les stations, le suivi des trains, les liaisons radio avec les trains, la distribution du courant de traction et la possibilité de coupure par section ou générale du courant de traction.

POSTES DE REDRESSEMENT MONOGROUPE ET SCHÉMA TRACTION

Le principe de l'indépendance électrique de chaque ligne est conservé en affectant à chacune d'elles des postes de redressement distincts.

Le principe de découpage de chaque ligne en sections est également conservé. Le dispositif d'alimentation traction par Poste de Redressement (PR) monogroupe, encore appelé à sous-stations réparties, était conçu de telle manière que chaque section soit alimentée directement par deux PR : l'un sensiblement en son milieu, l'autre à une extrémité.

La puissance unitaire des groupes de redressement était alors de 1 750 kW avec des pointes de 7 000 ampères, soit trois fois son intensité nominale. L'espacement entre les PR et la longueur des sections avaient été déterminés de telle sorte que l'intensité d'un court-circuit franc établi à une extrémité d'une section qui était alimentée à l'autre extrémité par un PR de 1 750 kW soit supérieure à 7 000 ampères, intensité au-dessus de laquelle l'ouverture du disjoncteur traction (ultra-rapide à maximum d'intensité) était assurée. Compte tenu des résistances linéiques des rails de roulement et du troisième rail, cela conduisait, pour des voies à roulement sur fer, à des longueurs maximales théoriques de sections de 4,5 km.

Le PR qui alimentait une section en son milieu était un PR en T (schéma 1) et celui qui alimentait au droit d'un sectionnement, un PR en sectionnement. En situation normale, la continuité du troisième rail était réalisée au moyen d'un contacteur de sectionnement, comme l'indique le schéma page 20. La seule fonction de ce contacteur était d'établir la continuité électrique d'une section avec la voisine. Le contac-

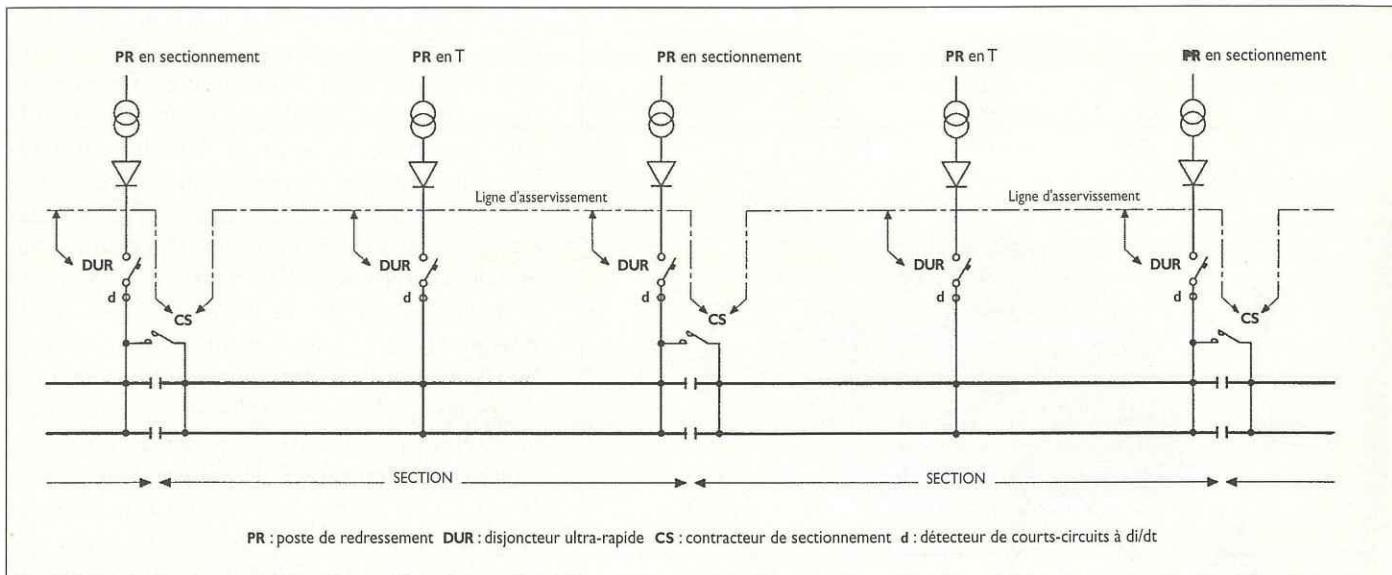


Schéma 1 : le schéma de principe de l'alimentation traction du Métro.

teur ne possède aucun dispositif de détection contrairement aux disjoncteurs.

Afin d'interdire la réalimentation par un train au travers des frotteurs d'une même voiture (chacune étant équipée de quatre frotteurs positifs, deux de chaque côté) entre deux sections dont l'une est volontairement privée de courant à la suite d'un incident, le contacteur dispose de contacts auxiliaires pour l'alimentation des coupons (schéma 2). Ces derniers sont mis hors tension dès que l'une des sections encadrantes est privée de courant. Par contre, ils ne se referment automatiquement que si les deux sections sont elles-mêmes alimentées.

Comme explicité sur le schéma 1, chaque section est donc alimentée par au moins deux disjoncteurs et un contacteur de sectionnement. Ces appareils de coupure sont situés dans les postes de redressement, eux-mêmes télécom-

mandés et télécontrôlés par les PHT à partir desquels ils sont alimentés en courant alternatif. Par ailleurs, il faut noter que l'affectation des PR aux PHT est réalisée de telle sorte que, sur une ligne donnée, trois PR consécutifs sont alimentés par trois unités distinctes de PHT (chaque PHT comportant deux unités de transformation 63 kV/15 kV) de façon que l'arrêt d'une unité d'un PHT n'affecte pas plus d'un PR.

Il faut également préciser que chaque PR est dimensionné pour suppléer un groupe adjacent défaillant (contrainte de puissance) et implanté de manière à garantir un niveau de tension compatible avec le maintien des performances des trains (contraintes de tension) tant en situation normale d'alimentation qu'en situation de défaillance avec un groupe adjacent à l'arrêt (principe de la réserve active). De ce fait, la situation de première défaillance, soit au niveau d'une unité de PHT, soit au niveau d'un PR, est sans conséquence sur l'exploitation d'une ligne. Ce n'est qu'en situation de deuxième défaillance que des délestages de trafic doivent être opérés pour éviter de dépasser les capacités des installations fixes.

Le fonctionnement d'un poste de redressement est obtenu lors de la mise sous-tension de son câble moyen tension par la fermeture de son Disjoncteur Haute Tension (DHT) dans le PHT auquel il est affecté.

Le principe des circuits avertisseurs d'alarme est conservé. Mais, au lieu d'agir sur le disjoncteur traction (côté continu), ils agissent au niveau de chacun des PHT, sur les DHT des postes de redressement alimentant la section concernée. De plus, une ligne pilote relie les contacteurs encadrant une section et provoque leur ouverture lorsque le courant est coupé sur cette section.

"Interdire la réalimentation entre deux sections par les frotteurs d'une même voiture."

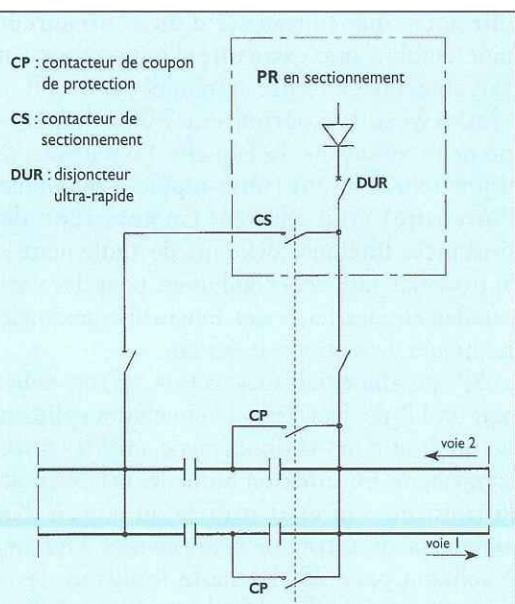


Schéma 2 : les coupons de protection.

La mise en place des détecteurs de courts-circuits

La montée en puissance du réseau, liée au renforcement du trafic, a nécessité l'augmentation des puissances unitaires des postes de redressement. Sans modification, en raison des coûts de génie civil, de l'implantation initiale pour les PR existants (87 PR se substituaient aux 32 sous-stations de l'ancien système à sous-stations concentrées), la puissance des PR est passée progressivement de 1 750 kW (pointe 7 000 A) à 2 300 kW (pointe 9 000 A), puis à 2 800 kW (pointe à 11 000 A) et, enfin, à 4 000 kW (pointe à 16 000 A). Ces derniers étaient essentiellement destinés à alimenter les lignes à roulement sur pneumatiques qui furent mises en service en 1957 pour la ligne 11, en 1963 pour la ligne 1, en 1966 pour la ligne 4 et en 1974 pour la ligne 6.

L'adoption, à partir de la ligne 1, de pistes de roulements métalliques a permis de réduire pratiquement de moitié la résistance ohmique des voies : mises en parallèles des pistes avec les voies de roulement et le troisième rail remplacé par deux barres de guidage. Mais, elle a permis aussi l'adjonction d'une fonction supplémentaire sur les disjoncteurs ultra-rapides des PR avec la mise en place de détecteurs de courts-circuits, comme explicité ci-après.

En effet, les amplitudes des courants de courts-circuits devenaient inférieures aux courants maximaux susceptibles d'être débités par les PR. Les disjoncteurs traction ultra-rapides (DUR) fonctionnant à maximum de courant ne permettaient pas de les détecter, leur seuil de déclenchement devant être réglé pour laisser passer les appels de courant des trains.

Les relais Branchu

Aussi, dans les années soixante, il fut adjoint aux disjoncteurs traction les premiers relais détecteurs de courts-circuits : le relais Branchu, du nom de son inventeur. Ces appareils permettent de détecter l'apparition des courants de courts-circuits ou de défauts très inférieurs au courant de pointe normal pour lequel est réglé



Métro sur pneu.

le seuil de déclenchement en surintensité des disjoncteurs traction associés à chaque poste de redressement.

La sélectivité de ce relais détecteur est basée sur les différences qui existent entre l'allure des accroissements de courant sur un réseau de traction électrique en marche normale et en cas de court-circuit. Plusieurs facteurs interviennent dans cette discrimination. Le plus important est le fait qu'un court-circuit s'établit d'un seul coup tandis que le courant normal croît par paliers successifs au fur et à mesure du passage des crans d'une motrice. À l'époque, le réglage de la vitesse des trains était obtenu par variation de la tension d'alimentation des moteurs en insérant des résistances en série avec la tension délivrée par les installations fixes et par modification du couplage des moteurs à courant continu : série et série-parallèle.

L'examen des courbes (schéma 3) représentatives des variations du courant débité par un poste de redressement, suivant qu'il s'agisse du courant correspondant au démarrage d'un train (courbe 1) ou résultant d'un défaut en ligne (courbe 2), conduit aux remarques suivantes. La dérivée di/dt du courant par rapport au temps est plus élevée sur la courbe 1 que sur la courbe 2 alors que l'accroissement de courant Δi est au contraire plus grand pour la deuxième courbe.

Le relais Branchu exploite les informations précédentes. Pour ce faire, il est essentiellement constitué d'un capteur de courant et d'un relais détecteur proprement dit. L'image du courant transitant dans un disjoncteur est obtenue au moyen d'un transformateur dont le circuit magnétique est disposé autour des barres, ou câbles, en série avec le disjoncteur, ceux-ci constituant l'enroulement primaire. Aux bornes de l'enroulement secondaire est branché un

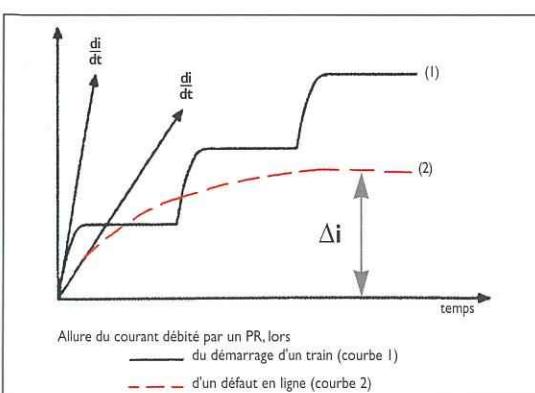


Schéma 3 : courbes comparatives de courants.

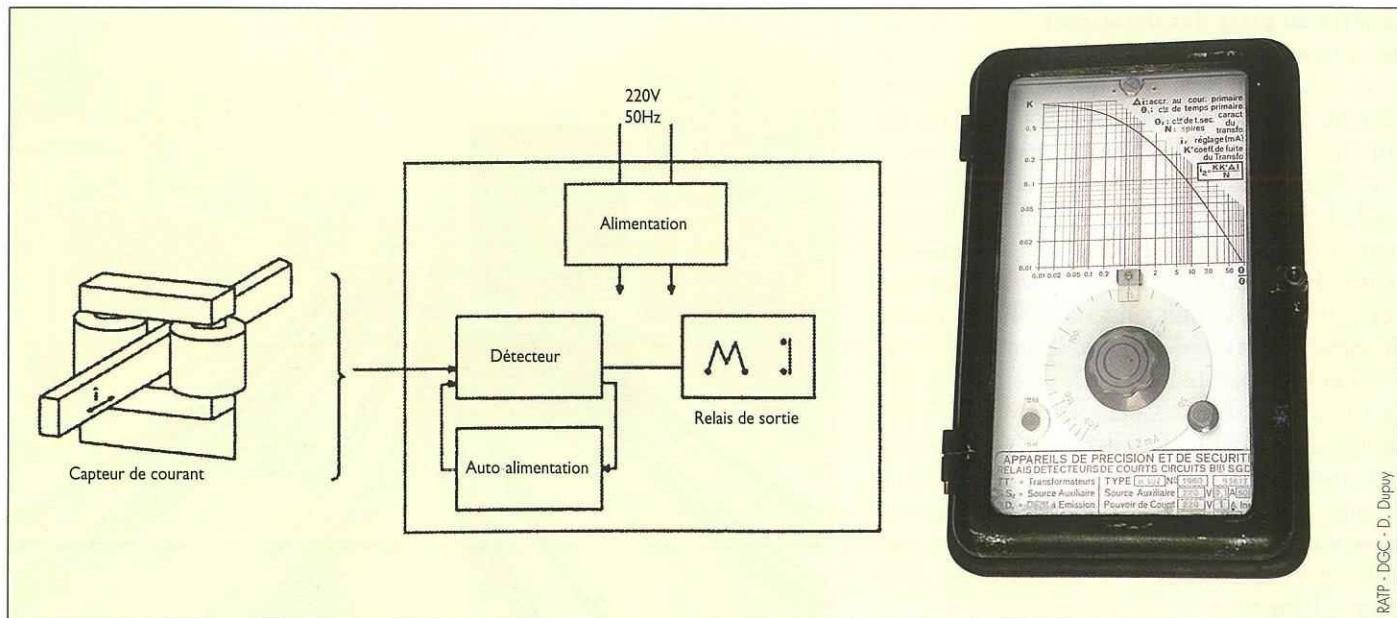


Schéma 4 : le synoptique et la photographie du détecteur de courts-circuits Branchu.

relais à maximum de courant, qui, dès que son seuil de réglage est atteint, provoque l'ouverture du disjoncteur ultra-rapide correspondant en agissant sur son circuit de déclenchement. Ce relais est ensuite polarisé pour ne réagir qu'en cas d'accroissement de courant et non sur une décroissance (schéma 4).

Le réglage dépend des caractéristiques du réseau : constante de temps de la ligne, espace-ment entre postes de redressement, charge de ceux-ci, courants appelés par les trains, modalités d'exploitation (intervalles). Le réglage optimum est obtenu par tatonnements successifs. On peut également affiner ce réglage en faisant varier l'entrefer de l'enroulement secondaire du transformateur. Il était ainsi possible de détecter des courts-circuits ou défauts d'intensité trois à quatre fois inférieures au réglage en surintensité des disjoncteurs.

LA "LIGNE BRANCHU", LES ASSERVISSEMENTS ENTRE LES POSTES DE REDRESSEMENT

Parallèlement à l'équipement en relais Branchu agissant sur les disjoncteurs ultra-rapides, il était procédé, comme explicité plus haut, à la mise en place des Postes de Redressement (PR) monogroupes devant se substituer, à terme, aux sous-stations multigroupes.

Une section traction étant alimentée par au moins deux postes de redressement, en cas de défaut sur le circuit de distribution du courant de traction, tous les PR d'une ligne participaient à l'alimentation du défaut, lorsque les sectionnements étaient pontés. Aussi, afin d'éviter le maintien des sources d'alimentation en cas de défaut persistant en ligne et les postes de redressement n'étant plus gardiennés, il a été

créé une ligne d'asservissement, dite "ligne Branchu" en 1969 entre les divers PR alimentant une même section.

Dès qu'un défaut est détecté par un PR d'une section, ce dernier par l'intermédiaire d'une logique interne propre à chaque PR et initialement réalisée à l'aide d'un relayage électromagnétique, élabore une information qui, via une liaison filaire (la "ligne Branchu") est transmise à tous les PR de la section. Dès réception de cette information, celle-ci, en agissant sur le circuit de déclenchement des disjoncteurs traction de la section en défaut, provoque automatiquement leur ouverture ainsi que celles des contacteurs de sectionnement encadrant la section, la désolidarisant du reste de la ligne. Les asservissements ainsi réalisés permettent le déclenchement réciproque des disjoncteurs d'une même section dès que l'un d'eux a détecté un défaut.

La même logique interne propre à chaque PR mémorise les disjonctions et autorise automatiquement un cycle de deux réenclenchements successifs des disjoncteurs d'une même section, permettant d'affranchir les défauts fugitifs sans provoquer de perturbation sensible de l'exploitation.

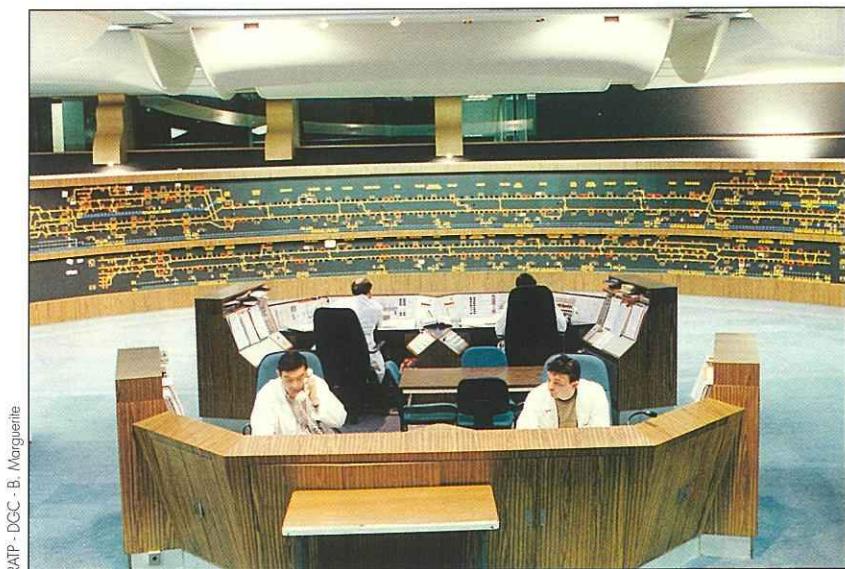
Ce cycle dure environ dix secondes, chaque réenclenchement ayant lieu cinq secondes après la disjonction. Cependant, il peut être interrompu si un réenclenchement n'est pas immédiatement suivi d'une disjonction.

Lors de ces réenclenchements automatiques, les sections touchées restent découplées les unes des autres et du reste de la ligne. Pour que le découplément électrique soit effectif, les sectionnements ne doivent pas être pontables par les trains. Pour cela, chaque sectionnement est réalisé par une double coupure du rail traction.

Les tronçons de barre de courant ainsi formés constituent des "coupons de protection", un par voie. En situation normale d'alimentation, chaque "coupon de protection" est relié par un contacteur à l'une des sections encadrantes. Les trains franchissent alors les sectionnements sans interruption de leur alimentation.

En cas de défaut, la refermeture automatique du contacteur de sectionnement a lieu dix secondes après la première disjonction si la tension 750 volts est de nouveau présente de part et d'autre du sectionnement.

Après deux tentatives de réalimentation en moins de dix secondes et la persistance d'un défaut en ligne, la troisième disjonction provoque "l'incident ligne", entraînant le maintien à l'ouverture des disjoncteurs et la mise hors tension de la section par la mise à l'arrêt des postes de redressement correspondants. Cette dernière est obtenue par la retransmission de l'information "incident ligne", elle-même élaborée par la logique interne de chaque PR, au PHT qui l'alimente et qui provoque l'ouverture de son disjoncteur 15 kV (DHT).



Le Poste de Commande Centralisée (PCC) d'une ligne de métro.

RATP - DGC - B. Marguerite

"La centralisation des commandes et des contrôles a rendu possible la réduction des temps d'intervention et de résolution des incidents."

LA CREATION DES PCC

La création des PCC du métro, entre 1967 et 1976, a permis la centralisation des commandes et des contrôles de la distribution de l'énergie de traction rendant possible sa supervision et la réduction des temps d'intervention et de résolution des incidents, quelle que soit leur origine.

La production de l'énergie de traction est toujours sous la responsabilité des services techniques qui restent l'interlocuteur direct du fournisseur d'énergie, Electricité de France. Mais, en revanche, la répartition de l'énergie de traction entre les différentes sections et sous-sections des lignes, trop liée aux modalités d'exploitation des rames de métro et à la résolution des incidents, est placée sous la responsabilité de l'exploitant.

La protection contre les surcharges (déclenchements par surintensité) et les défauts (détectio[n] des courts-circuits), ainsi que les asservissements entre postes de redressement ne sont pas modifiés et sont traités au niveau local dans les postes de redressement. En ce qui concerne les circuits avertisseurs d'alarme, leurs principes sont conservés, mais leurs circuits sont étendus pour tenir compte des nouvelles fonctionnalités attribuées aux PCC.

Outre les coffrets avertisseurs d'alarme implantés dans les stations et tunnels et à la disposition des voyageurs et des agents en ligne, le chef de régulation dispose d'une commande de coupe générale du courant de traction sur l'ensemble de la ligne et de commandes de coupe partielle par section.

La ligne est divisée en sections, chaque section

étant comprise entre deux sectionnements automatiques comme explicité plus haut. Chaque section peut être subdivisée en sous-sections au moyen d'appareils de coupure télécommandés et télécontrôlés depuis le PCC. Ils ne peuvent s'ouvrir que sur une action volontaire de l'exploitant, contrairement aux appareils assurant les sectionnements automatiques qui, grâce aux asservissements dont ils disposent, peuvent s'ouvrir automatiquement, soit sur déclenchement par surintensité, par détection de courts-circuits ou par asservissement.

Les coffrets rupteurs d'alarme

A chaque sous-section traction correspond, en ligne, un circuit de déclenchement appelé "circuit d'Avertisseurs d'Alarme" (circuit AA). Il se compose de coffrets rupteurs, disposés tous les cent mètres sur chaque piédroit du tunnel, reliés en série avec les circuits de commande de

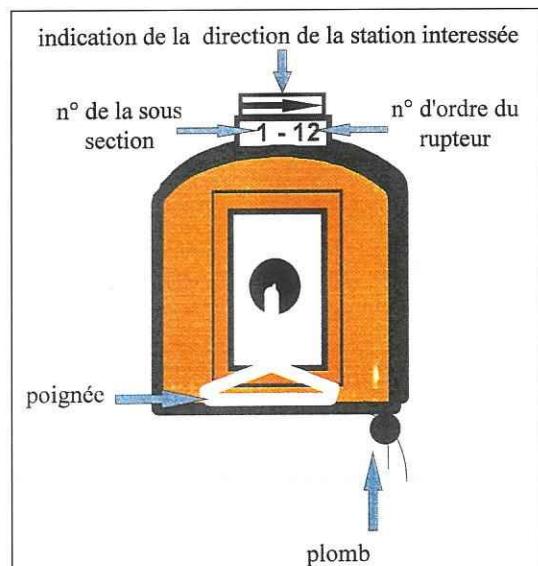


Schéma 5 : un coffret rupteur d'alarme.



Un rupteur d'alarme en situation sur une ligne de métro.

déclenchement situés au PCC. L'enlèvement d'une barrette de rupteur d'alarme dans une sous-section provoque la mise hors tension de toute la section traction à laquelle appartient cette sous-section provoquant, ainsi, une disjonction d'alarme (*schéma 5*).

Au PCC, le chef de régulation visualise sur un Tableau de Contrôle Optique (TCO) l'état de l'alimentation de chaque section et sous-section de traction et dispose sur son pupitre de commande d'un bouton de Déclenchement Général (DG) et d'un bouton de Déclenchement par Section (DS).

Le circuit d'avertisseurs d'alarme

Le circuit d'avertisseurs d'alarme afférent à chaque sous-section aboutit au PCC dans une armoire dite "traction" où se trouvent des Relais d'Avertisseurs d'Alarme (RAA). En situation normale, les RAA sont alimentés par une batterie particulière en 79 volts. En cas d'action sur un rupteur, l'ouverture de la boucle provoque la chute du relais RAA.

Egalement au PCC, existe une deuxième boucle, correspondant aux circuits de déclenchement de section, dont l'alimentation en 131 volts continu est subordonnée à l'absence de déclenchement général (DG) et transite au travers d'un contact travail du RAA de la section correspondante puis, ensuite, au travers d'un contact travail du Bouton de Déclenchement de Section (BDS) pour aboutir, enfin, au Relais de Déclenchement de Section (RDS). Ce relais RDS chute, soit en cas de déclenchement général, soit en cas d'action de l'agent régulateur sur le bouton de déclenchement de section, soit en cas de chute d'un relais avertisseur d'alarme.

Enfin, une troisième boucle assure la liaison entre le PCC et chaque disjoncteur 15 kV (DHT) situé au PHT alimentant le PR afférent

à une section traction donnée. Cette boucle est normalement alimentée par la source 131 volts située au PCC et transite, au niveau du PCC, au travers de deux contacts en série correspondant l'un au RDS l'autre au RAA pour ensuite alimenter le Relais de Maintien (RM) du DHT du PR concerné. Il en résulte qu'en cas de chute du RAA, par suite du retrait d'un rupteur d'alarme en ligne, ou en cas de chute du RDS due à une commande de déclenchement général ou de déclenchement de section par l'agent de régulation au PCC, on provoque la désexcitation du relais RM au PHT, ce qui entraîne l'ouverture du DHT du PR concerné.

LES DETECTEURS DE COURTS-CIRCUITS CERMÉ

A partir des années 1974-1975, l'accroissement du trafic nécessite sur le réseau urbain la mise en place de postes de redressement de puissance unitaire plus élevée. Les premiers groupes de redressement de 4 000 kW, comme explicité plus haut, seront mis en service en 1973. Ceux-ci étaient dimensionnés pour fournir des pointes de courant de 16 000 ampères durant une minute (3 In) afin de faire face aux appels de courant dus à la superposition de plusieurs démarriages de trains dans un double interposte, du fait de la prise en compte de la mise à l'arrêt d'un PR dans tout groupe de trois consécutifs sur une même ligne. Le courant maximal de démarrage d'un train pouvant varier de 1 950 ampères pour un matériel roulant sur fer à 3 560 ampères pour un matériel sur pneumatiques. Dans ces conditions, les seuils de déclenchement en surintensité et les calibres des disjoncteurs à courant continu, associés aux postes de redressement, ont dû être relevés. Par contre, les impédances linéaires des lignes restant identiques, le problème de la détection



Un détecteur de courts-circuits Cermé.

des courts-circuits se posait avec d'autant plus d'acuité que l'écart entre l'amplitude du courant dû à un court-circuit franc (fixé par les impédances linéaires des circuits de distribution positif et négatif) et le seuil de déclenchement en surintensité des disjoncteurs (imposé par le nombre et l'amplitude des courants d'appel des trains) ne faisait que croître. Par ailleurs, du fait du principe même du prélèvement de l'image du courant traversant le détecteur Branchu obtenue au moyen d'un transformateur de courant, cette image se trouvait altérée par le phénomène de saturation du transformateur prélevant l'information "courant". Reprenant le principe du relais Branchu, à savoir l'analyse de la forme d'onde du courant débité par un PR, un nouveau détecteur appelé détecteur Cermé, du nom de son fabricant, a été élaboré et mis au point par la RATP. Comme sur le relais Branchu, la discrimination entre un appel de courant normal et un courant de court-circuit repose sur le fait qu'en cas de court-circuit la montée du courant est franche et régulière (schéma 3) alors qu'en cas de démarrage d'un train classique (avec rhéostats et contacteurs), la montée du courant présente une succession de variations brusques et de paliers. Mais, contrairement au relais Branchu, l'image de l'accroissement de courant est obtenue par la mesure de la tension aux bornes d'un shunt résistif placé en série avec le circuit négatif du PR. Cette tension est ensuite envoyée sur une chaîne de traitement électronique qui élabore un signal proportionnel à l'accroissement de courant. Ce signal est ensuite comparé à un seuil, paramétrable, et dès que celui-ci est dépassé, il y a émission d'un ordre vers le circuit de déclenchement du disjoncteur associé au détecteur. Afin d'assurer la sécurité de fonctionnement, la chaîne de détection est redondée.

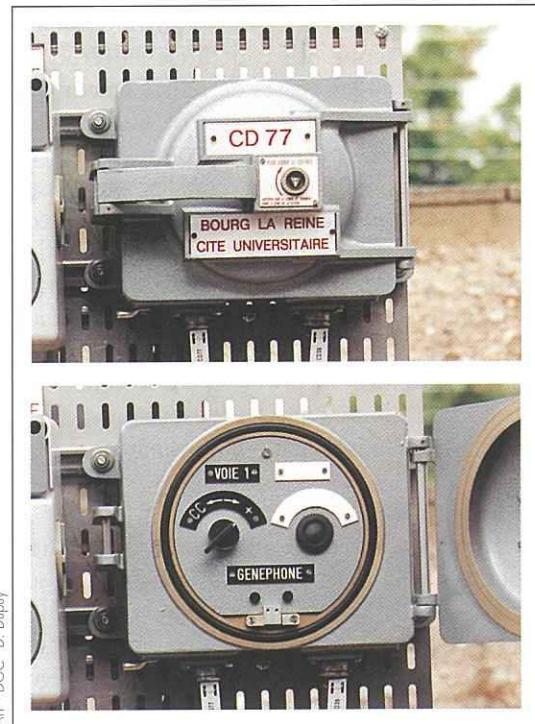
Le choix du seuil de déclenchement

Il a fait l'objet de campagnes d'essais en lignes durant les années 1976-1978. Le cas le plus critique correspondait à la mise à l'arrêt d'un PR qui provoquait des reports de charge sur les postes de redressement encadrants, interprétés comme des court-circuits. Finalement, le réglage qui a été retenu par la RATP, compte tenu des constantes de temps de ses lignes (fixées par les impédances linéaires) et des puissances unitaires des postes de redressement, correspond à une forte augmentation du courant maintenue pendant un temps de l'ordre de 10 à 20 millisecondes et une amplitude de 2 000 ampères. Vis-à-vis du risque de déclenchements intempestifs, le réglage donne satisfaction. Il permet de laisser passer couramment des pointes de courant comprises selon les lignes entre 6 000 et 14 000 ampères dues aux démarriages

"En cas de court-circuit, la montée du courant est franche et régulière. Lors du démarrage d'un train, la montée du courant se fait par paliers."

simultanés de plusieurs trains. Néanmoins, lors d'une mise en service d'un poste de redressement sur une ligne déjà sous tension et en exploitation, la montée du courant est franche, continue et rapide et, afin d'éviter un fonctionnement intempestif du détecteur sur cette "prise de charge", un circuit d'inhibition du seuil de déclenchement désensibilise l'appareil pendant environ 0,5 seconde.

Par la suite, l'expérience a montré qu'avec l'introduction de matériels roulants à hacheurs de courant tels que les matériels MF77, puis avec les matériels à traction asynchrone MF88 et MP89 pour lesquels la montée du courant lors d'un démarrage est régulière, mais beaucoup plus lente qu'avec des matériels roulants classiques à rhéostats, l'efficacité des détecteurs n'était pas remise en cause. Toutefois, pour que les détecteurs soient insensibles aux pointes de courant liées à la mise sous tension des filtres dont sont équipés ces nouveaux matériels roulants, ces derniers ont dû être équipés de circuits de précharge. Les premiers détecteurs électroniques Cermé ont été mis en place en 1978 d'où leur nom de Détecteur de Court-Circuit 78 (DCC 78). L'ensemble des réseaux a été équipé entre 1978 et 1983, RER compris.



Coffret de déclenchement, fermé et ouvert, sur le réseau RER.

LA PROTECTION SUR LES LIGNES DU RER

Les mêmes dispositions mises en œuvre sur les lignes urbaines du métro ont été reconduites sur les lignes du RER, en ce qui concerne le découpage de chaque ligne en secteurs, l'implantation de Coffrets de Déclenchement (CD) en lieu et

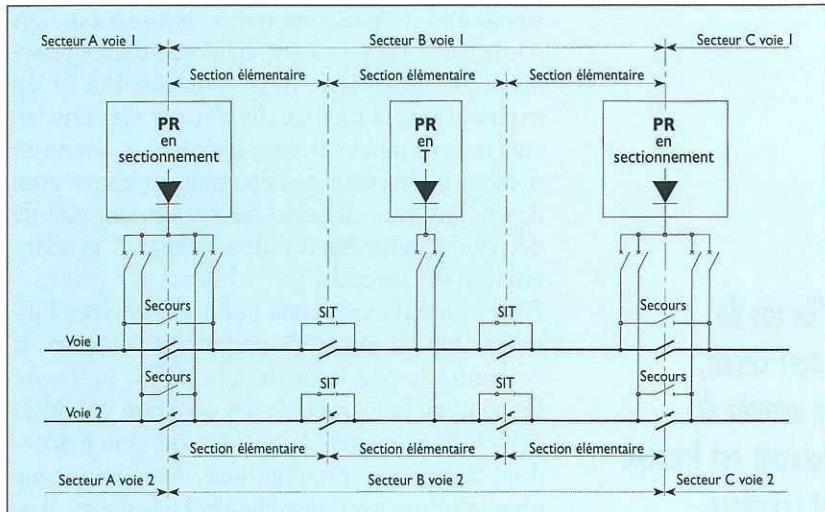


Schéma 6 : schéma type d'alimentation 1 500 V d'un secteur du RER.

place des coffrets d'avertisseurs d'alarme, les asservissements entre postes de redressement, en tenant compte toutefois des particularités des lignes suburbaines à savoir le remplacement du troisième rail par des lignes aériennes de contact, l'alimentation séparée des voies et la longueur des lignes. Ces spécificités ont conduit, compte tenu de l'étendue des lignes suburbaines et de la multiplicité des appariages de sectionnement en ligne, à créer des postes intermédiaires entre le poste de commande et de contrôle centralisés afférent à chaque ligne et les postes de redressement qui leur sont affectés : les Postes de Commande Traction (PCT) où sont regroupés toute la logique de relayage concernant les asservissements entre les PR appartenant à un même secteur, les coupures d'urgence, les commandes des disjoncteurs et d'où peuvent être repris la commande et le contrôle de l'énergie de traction en cas d'avarie entre un PCT et le PCC. Les liaisons entre les PR et les PCT sont réalisées en fil à fil alors que les liaisons entre PCT et PCC sont réalisées par télétransmission.

Les lames d'air

Par ailleurs, les sectionnements des lignes aériennes de contact étaient à l'origine réalisés au moyen de "lames d'air", compte tenu des vitesses élevées avec lesquelles ils doivent être normalement franchis et permettaient de régulariser la tension mécanique de la caténaire en fonction de la température (schéma 6 et 7). Ils ont été mis en place afin d'assurer :

- la continuité du plan de contact du pantographe aux limites de pose (canton de pose 1 200 à 1 500 mètres) ;
- la protection de la ligne contre les défauts à l'aide des disjoncteurs de voie, en réalisant des sectionnements limites de secteur ;
- des services provisoires ou permettre l'utilisation d'une voie unique temporaire par des sec-

tionnements limites de sections élémentaires pontés en situation normale par des Sectionneurs d'Isolement Télécommandé (SIT) comme sur le métro.

Toutefois, la fragilité de la caténaire due, d'une part, à sa faible constante de temps thermique lorsqu'elle est traversée par un courant important et, d'autre part, à la tension mécanique à laquelle elle est soumise pour assurer une bonne captation du courant, a conduit à protéger les fils de contact aux sectionnements limites de secteurs, constitués par un lame d'air, en raison des risques importants de fusion de caténaires lors de disjonctions d'intensité. En effet, au droit d'un sectionnement automatique équipé d'un lame d'air, en situation normale où les disjoncteurs alimentant les deux secteurs encadrant le lame d'air sont fermés, l'équipotentialité des deux secteurs adjacents est assurée au travers de la barre positive du poste de redressement. Par contre, celle-ci n'est plus assurée si l'un de ces disjoncteurs est ouvert. Dans ce cas, si simultanément un train se trouve à stationner sous le sectionnement, l'équipotentialité des deux secteurs s'effectue au travers d'au moins un pantographe qui se trouve être alors traversé par le courant d'échange entre les deux secteurs encadrants. L'intensité de ce courant est très souvent supérieure au courant limite admissible par le pantographe, en particulier si l'un des secteurs, privé de courant, l'est par suite de l'ouverture d'un disjoncteur consécutive à la détection d'un court-circuit franc. Il en résulte des échauffements importants, en particulier au droit des contacts entre bandes de frottement et fils de contact se traduisant généralement par la fusion de ceux-ci avec rupture des fils de contact. A titre indicatif, le schéma 8 donne le temps de fusion du fil de contact en fonction du courant qui le traverse.

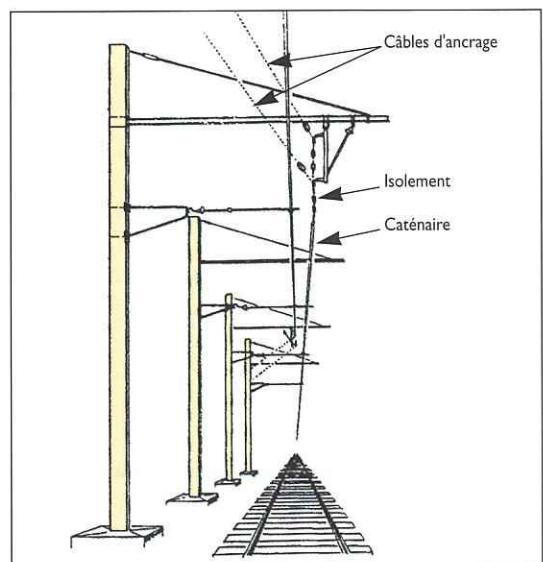


Schéma 7 : sectionnement à lame d'air.

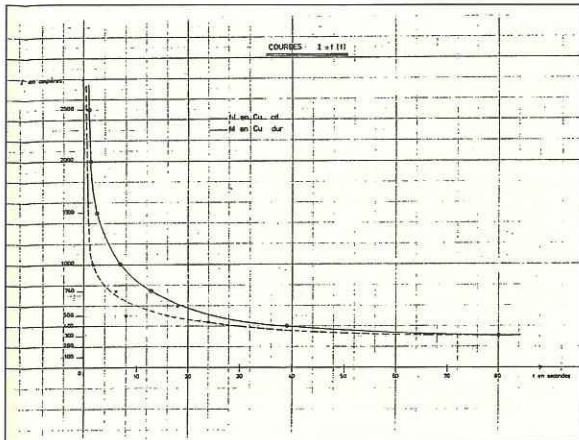


Schéma 8 : Le temps de fusion du fil de contact.

Le dispositif de protection de sectionnement

Pour pallier cette anomalie, les zones situées au droit des sectionnements automatiques ont été équipées de Dispositifs de Protection de Sectionnement (DPS). Un tel dispositif provoque automatiquement le déclenchement des deux secteurs encadrant le sectionnement lorsque simultanément un disjoncteur de voie est ouvert au sectionnement (quelle qu'en soit la cause) et qu'un train se trouve sous ce sectionnement. Lorsqu'il a dégagé le sectionnement, les disjoncteurs des deux secteurs se referment automatiquement.

Un tel dispositif dont toute la logique de relayage et d'asservissement se trouve également implantée dans le PCT correspondant permet ainsi d'éviter les échanges de courant entre secteurs au travers des fils caténaires lorsque le pantographe est seul à ponter le sectionnement. L'expérimentation des premiers DPS a été effectuée à la sous-station Orsay entre 1968 et 1970, puis la ligne B en a été entièrement équipée et, par la suite, la ligne A lors de sa création.

Avec la réduction des intervalles entre les trains pour augmenter la capacité de transport et l'accroissement de la puissance unitaire des trains (suppression des matériels Z, mise en service des

"Avec la réduction des intervalles entre les trains, le nombre de disjonctions intempestives s'est accru."

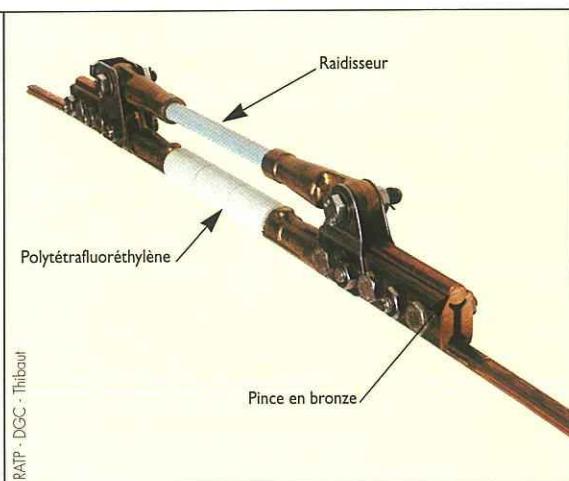
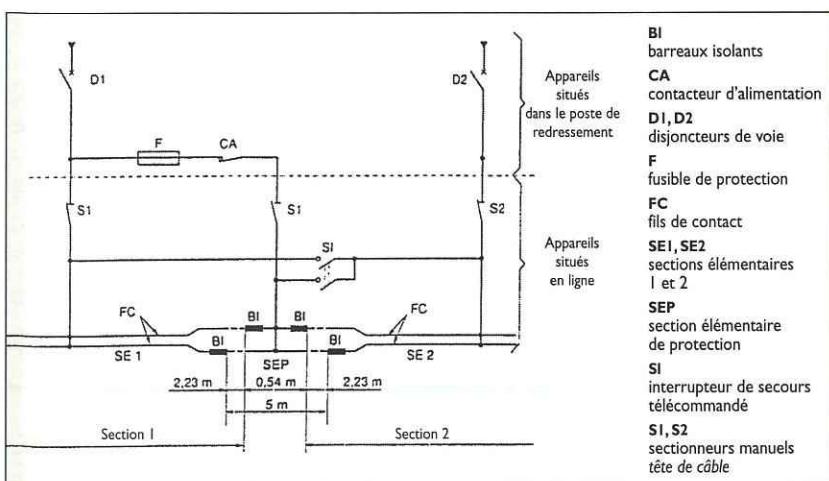
rames MI79), le nombre de disjonctions intempestives s'est accru ainsi que la probabilité d'avoir un train stationnant sous un sectionnement automatique, entraînant des déclenchements en cascade du type de ceux rencontrés sur la ligne A le 21 août 1980 où trois secteurs sur une même voie ont déclenché à la suite d'une disjonction d'intensité sur le secteur Fontenay-Nation entraînant les deux autres secteurs Nation-Châtelet et Châtelet-Etoile par le fonctionnement normal des DPS, deux trains se trouvant sous les sectionnements. L'interruption d'alimentation a ainsi duré douze minutes. Pour éviter que de tels incidents ne se reproduisent, il a alors été proposé de créer des coupons de protection, de façon analogue à ce qui est fait sur le métro, en insérant des barreaux isolants permettant d'éviter le pontage de deux secteurs adjacents.

Les sections élémentaires de protection

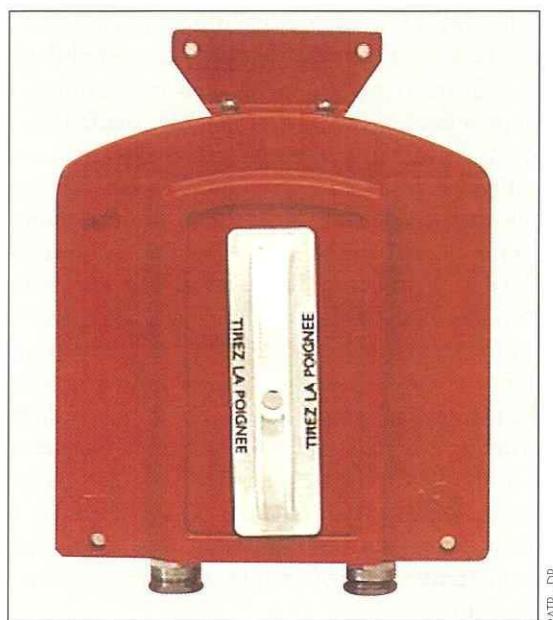
Conçu par la RATP en 1977 pour permettre le découplage des alimentations traction des lignes A et B du RER à Châtelet, le barreau isolant a connu un nouvel essor dans son utilisation pour la réalisation d'un isolateur triple.

Au droit d'un PR en sectionnement, l'utilisation de quatre barreaux isolants associés à la création d'une section élémentaire dont l'alimentation est asservie à l'état des deux disjoncteurs des secteurs adjacents qui l'encadrent permet d'éviter le pontage de ceux-ci lorsque l'un des disjoncteurs est ouvert (schéma 9 et 10).

L'installation prototype d'un tel dispositif a été effectuée, en juillet 1982, au droit du PR Neuilly-Plaisance sur la voie 2. Après expérimentation de plus de deux ans et une optimisation de la section des câbles assurant l'alimentation de la section élémentaire de protection par rapport à ceux alimentant les secteurs encadrants (afin d'éviter que le courant transitant dans la section élémentaire en cas de train stationnant dessous ne dépasse la valeur admissible



Schémas n° 9 et 10 : alimentation en courant de traction d'une section élémentaire de protection sur une ligne aérienne de contact.



Un coffret rupteur d'alarme sur la ligne 14.

provoquant la fusion des fils de contact), la décision était prise, en 1985, d'équiper les tronçons centraux des lignes A et B de ce nouveau dispositif à barreaux isolants. Leur installation qui nécessitait d'importants travaux de remaniement des caténaires, s'étendra jusqu'en 1988.

Concernant les branches des lignes du RER, du fait des coûts importants (travaux de nuit) pour l'insertion de barreaux isolants d'une part et, d'autre part, en raison des intervalles entre trains plus grands que sur les tronçons centraux, les systèmes DPS à relayage ont été conservés. Toutefois, leur disponibilité a pu être améliorée par une réduction du temps de réponse de la chaîne de relayage en utilisant des relais plus rapides.

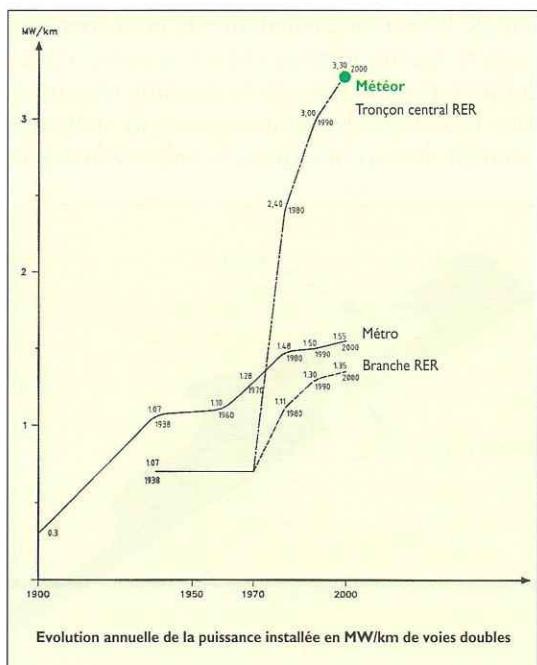


Schéma 11 : La puissance installée sur la ligne 14.

L'INCIDENT DE PARMENTIER ET SES CONSEQUENCES

Le 6 janvier 1990 vers 1 h 40, au cours d'un tronçonnage de rail et en présence d'infiltration d'hydrocarbure en provenance d'une station service située au-dessus de l'interstation Parmentier-Saint-Maur sur la ligne 3, un incendie s'est déclaré, entraînant la détérioration, sur une dizaine de mètres, des câbles de la commande de l'alimentation traction transitant dans le tunnel. A la suite de cet incendie, il a été constaté au niveau de la télécommande et du télécontrôle au PCC de la distribution du courant de traction, des réalisations intempestives de sections traction en principe hors tension et l'inefficacité des rupteurs d'alarme en ligne.

Dans le cadre de l'amélioration de la sûreté de fonctionnement des installations de traction, devenue indispensable dans la perspective de mise en service de métros automatiques sans conducteur, il a été décidé de renforcer la sécurité des installations afférentes à la commande et au contrôle de la distribution du courant de traction.

Logique traction et sécurité

Il a été appliqué aux circuits électriques constituant la "logique traction", c'est-à-dire tous les circuits et les relayages ayant trait aux commandes et contrôles de la distribution du courant de traction, les mêmes principes de conception et de réalisation mis en œuvre en signalisation ferroviaire. Avec de tels concepts et l'utilisation de matériels dits de "sécurité", toute panne ou anomalie se traduit par l'application des conditions les plus restrictives, c'est-à-dire dans ce cas particulier, la coupure du courant de traction. Ces dispositions ont conduit à la généralisation de l'utilisation de relais NS1, à différencier les sources suivant qu'elles alimentent des circuits de relayage internes ou externes et à pratiquer la coupure bipolaire sur les circuits extérieurs aux locaux techniques tels que PR et PCC. Pour respecter cette dernière contrainte et répondre aux nouvelles directives pour la protection contre les chocs électriques, un nouveau coffret d'avertisseur d'alarme a dû être mis au point. Le prolongement de la ligne 13 au nord, de Saint-Denis-Basilique à Saint-Denis-Université, et la nouvelle ligne 14 (Météor) mise en service le 15 octobre 1998, ont été les premiers à bénéficier de ces améliorations.

L'ALIMENTATION TRACTION DE LA LIGNE 14 ET SES SPECIFICITES

Initialement prévue pour être, à terme, desservie par des trains de huit voitures sur pneumatiques à un intervalle minimal de 85 secondes

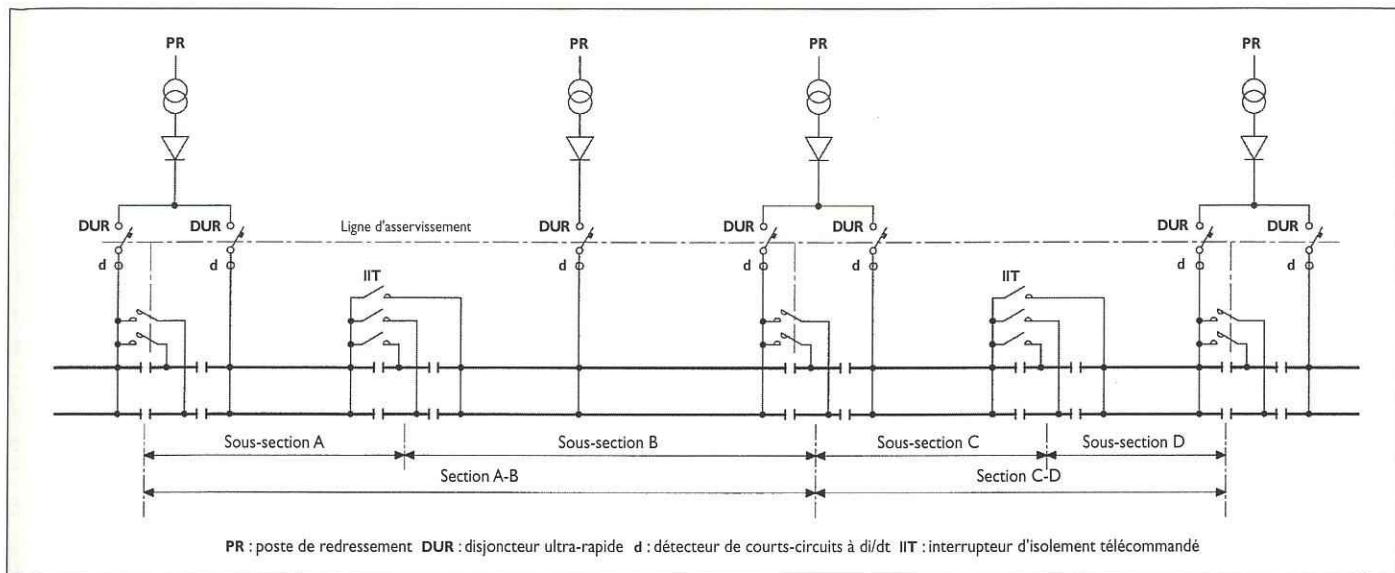


Schéma 12 : le schéma de principe de l'alimentation traction de la ligne 14.

avec une vitesse commerciale de 40 km/h et une alimentation traction sous 750 volts, la ligne 14 dispose d'une puissance traction installée par kilomètre de voie double élevée puisque égale à 3,3 MW. Elle est aussi importante que celle installée sur les tronçons centraux du RER et le double de celle existante sur les treize autres lignes du métro (schéma 11).

L'importance des puissances mises en jeu, et donc corrélativement des courants de défaut susceptibles d'être engendrés, ont conduit à modifier son schéma de distribution du courant de traction.

Pour des questions de coûts, tous les postes de redressement n'ont pu être mis en sectionnement, seuls ont été pris en compte les sectionnements situés à proximité des appareils de voie et ceux nécessaires pour la réalisation des services provisoires pour l'exploitation partielle de la ligne suite à incident.

En ce qui concerne les sectionnements automatiques situés au droit des PR en sectionnement, s'inspirant de ce qui est fait sur le RER, mais avec toutefois une alimentation parallèle des voies, le schéma traction adopté est différent de celui appliqué sur les treize premières lignes de métro (schéma 12), à savoir que les sections alimentées de part et d'autre d'un sectionnement le sont au travers de deux disjoncteurs ultrarapides (DUR) alors qu'actuellement, il n'y a qu'un seul disjoncteur en sortie du PR avec un contacteur de sectionnement pour alimenter les deux sections adjacentes. De ce fait, sur la ligne 14, en cas de défaut en ligne, les deux disjoncteurs voient transiter la totalité du courant de défaut alors que dans l'ancien schéma, le DUR ne voyait que le courant de participation du poste de redressement dont il assure la protection. De plus, à chaque disjoncteur est associé un détecteur de court-circuit d'où la redon-

dance de la détection d'un défaut, qu'il soit franc ou limité.

Les avertisseurs d'alarme

Compte tenu de cette modification du schéma de distribution du courant de traction et afin de ne pénaliser que la section sur laquelle un avertisseur d'alarme est actionné, les circuits avertisseurs d'alarme agissent non pas au niveau des DHT (alimentation moyenne tension dans les PHT) mais, au niveau des disjoncteurs ultrapides de traction. Ce n'est qu'en cas d'émission par le Système d'Automatisation de l'Exploitation des Trains (SAET) de l'alarme "évacuation" que les DHT sont commandés à l'ouverture pour assurer la double coupure entre les rails traction et leur source alternative d'alimentation (PHT).

Une autre modification concerne également l'ordre de réenclenchement automatique des DUR après disjonction d'intensité. Les trains en phase de freinage peuvent régénérer de l'énergie électrique sur la ligne en transformant l'énergie cinétique acquise en énergie électrique. Ils se comportent comme des sources mobiles aussi, après une disjonction d'intensité, l'ordre de réenclenchement des disjoncteurs de voie n'est donné qu'après avoir constaté, par l'intermédiaire d'un relais de tension, la disparition de la tension en ligne pour éviter qu'un défaut impédant, tel qu'un arc électrique, ne puisse se maintenir et s'assurer de la désionisation de l'arc par manque de tension.

En cas de défaut persistant, le réenclenchement automatique des disjoncteurs est différé de deux secondes d'une section par rapport à l'autre pour déterminer la section sur laquelle le court-circuit se maintient.

L'intégration de toutes ces fonctions supplémentaires a été rendue possible par l'utilisation d'automates à logique programmée pour la ges-

**"L'importance
des puissances mises
en jeu sur la ligne 14
a conduit à modifier
son schéma de
distribution."**



Poste de redressement sur la ligne 14.

tion des commandes et contrôles dans chaque poste de redressement (au lieu d'une logique à relais) dont la première expérimentation date de 1982 (voir Savoir-Faire n° 18) mais, dont la généralisation s'effectue depuis 1985 sur l'ensemble du réseau à l'occasion du renouvellement des postes de redressement.

CONCLUSION

Ce rapide survol de l'évolution de la protection électrique contre les courts-circuits sur les réseaux de traction du métro montre qu'il s'agit d'un problème délicat dont la complexité n'a fait que croître en raison des puissances électriques mises en jeu et de l'augmentation de la capacité de transport.

Elle fait l'objet d'une vigilance permanente de la part du Département des Equipements Electriques afin de garantir la sécurité des voyageurs. Elle résulte, pour une bonne part, du retour d'expérience à partir duquel ont été élaborés des principes qui sont dorénavant appliqués par la RATP ou ses filiales dans la conception de toute ligne de métro. Ces principes portent sur les points suivants :

- l'indépendance électrique de chaque ligne du point de vue de la distribution du courant de traction, de manière à éviter la généralisation d'un incident à l'ensemble du réseau ;
- le découpage de chaque ligne en sections de manière à limiter la puissance délivrée par les installations fixes et détecter un défaut sur la section,
- l'alimentation de chaque section par au moins deux postes de redressement avec leurs disjonc-

teurs associés de façon à redonner la détection d'un défaut ;

- l'asservissement entre les disjoncteurs des postes de redressement de façon à pouvoir couper l'alimentation sur une section dès que l'un d'eux a détecté un défaut et désolidariser la section en défaut du reste de la ligne ;
- l'adjonction sur les disjoncteurs traction d'un détecteur de courts-circuits capable, par l'analyse de la forme d'onde du courant, de discriminer un courant de court-circuit d'un appel de courant normal ;
- la centralisation des télécommandes et télécontrôles avec la création de PCC et PCE permettant de réduire les délais d'action ;
- la mise à disposition pour les exploitants d'un dispositif de déclenchement général et de dispositifs de déclenchement par section qui agissent au niveau moyenne tension sur l'alimentation en courant alternatif des postes de redressement ;
- les circuits avertisseurs d'alarme à disposition des voyageurs (avec sécurisation des coupures d'urgence dans les stations et tunnels).

La mise en œuvre de ces principes n'a été rendue possible que grâce à l'évolution des techniques, en particulier celles de l'électronique et de l'informatique, permettant une meilleure maîtrise des équipements de puissance, ce que Louis Armand appelait en son temps la "Cybernétisation ferroviaire" (voir L. Armand "Propos ferroviaires", éd. Fayard p. 233) et dont la ligne 14 (Météor) constitue l'application la plus récente. ■



La ligne 14 en exploitation.

MATERIEL ROULANT : ALTEO, UNE ARRIVÉE BIEN PRÉPARÉE

L'arrivée d'un nouveau matériel roulant se prépare non seulement sur les aspects techniques mais aussi sur l'aspect social. Il faut associer le personnel suffisamment en amont de la mise en service pour faire bien accepter ce nouveau matériel. C'est la démarche entreprise par l'Unité Transport ligne A, dès 1994, pour un matériel dont la première circulation commerciale a eu lieu en juin 1997.

ROLLING STOCK: ALTEO, PREPARING FOR A NEW ARRIVAL

Introducing new rolling stock requires not just technical but also staff-oriented preparatory work. In order that staff accept the new rolling stock, it is important that they are introduced to it well before it goes into service. This was the approach taken by the RER line A unit which began preparations for rolling stock put into operation in June 1997 back in 1994.

SCHIENENFAHRZEUGE: ALLES BEREIT FÜR ALTEO

Die Ankunft neuer Fahrzeuge erfordert nicht nur aus technischer, sondern auch aus sozialer Sicht einige Vorbereitungen. Damit die neuen Fahrzeuge vom Personal gut akzeptiert werden, müssen sie bereits lange vor der Inbetriebnahme hinreichend bekannt gemacht werden. Dies tat die "Unité Transport" (Transporteinheit) der Linie A seit 1994 mit Fahrzeugen, die zum ersten Mal im Juni 1997 offiziell eingesetzt wurden.

MATERIAL RODANTE: ALTEO, UNA LLEGADA BIEN PREPARADA

La llegada de nuevo material rodante se prepara no sólo en los aspectos técnicos sino también en el aspecto social. Para lograr una buena aceptación del nuevo material por parte del personal, hay que asociarlo con suficiente antelación a la puesta en servicio. Es la metodología adoptada por la Unidad de Transporte de la Línea A desde 1994, para un material cuya primera circulación comercial tuvo lugar en junio de 1997.

MATERIEL ROULANT

Alteo, une arrivée bien préparée



Alteo en ligne : un matériel bien accepté.

par Jacques Billot,
Délégué du Directeur du Transport
de la ligne A du RER
du 1-1-1992 au 1-12-1998,
avec la collaboration
de Jérôme Martres,
Directeur de l'Unité

La ligne A du RER figure parmi les lignes de transport urbain les plus fréquentées au monde. Quotidiennement, 600 trains transportent un million de voyageurs. Des flux dépassant 60 000 voyageurs par heure et par sens s'écoulent, le matin, entre Châtelet Les Halles et Auber.

Depuis son ouverture, le 14 décembre 1969, son trafic n'a cessé de croître. En 1989, la mise en œuvre du Système d'Aide à la Conduite, à l'Exploitation et à la Maintenance (SACEM) a permis d'augmenter sa capacité de transport de plus de 20 %.

Sa fréquentation en continue augmentation a conduit les pouvoirs publics à décider la réalisation d'infrastructures destinées à contenir un



RATP - DGC - D. Dupuy

Aléo, en 1997, aux ateliers de Rueil-Malmaison.

succès qui risquait de devenir de plus en plus incontrôlable : jonction centrale de la ligne D du RER entre Châtelet Les Halles et Gare de Lyon, METEOR et EOLE.

Parallèlement, la RATP a envisagé de faire circuler sur la ligne A des trains à deux niveaux, afin d'améliorer le confort de ses voyageurs. Après une campagne d'essais ayant permis de s'assurer de la compatibilité de ce type de matériel avec le nécessaire respect des temps de stationnement dans le tronçon central, ALTEO fut mis en service sur la ligne A le 6 juin 1997.

Quatorze éléments circulent aujourd'hui. A moyen terme, ALTEO permettra le renouvellement du matériel MS 61 dont les premiers éléments ont aujourd'hui plus de trente ans. Il équipe également la ligne E du RER (EOLE).

**"A moyen terme,
ALTEO permettra
le renouvellement
du matériel MS 61."**

L'ARRIVÉE D'ALTEO SUR LA LIGNE A

L'arrivée d'un nouveau matériel roulant sur une ligne se prépare non seulement sur les aspects techniques mais aussi sur l'aspect social de façon à bien faire accepter ce nouveau matériel par le personnel de la ligne et notamment par les conducteurs, en les associant bien en amont de la mise en service.

Aussi, l'Unité Transport ligne A avait décidé d'engager des actions de communication et de concertation ainsi que des visites sur les sites d'études et de fabrications pour présenter l'évolution de la fabrication aux conducteurs et à leur encadrement, et prendre en compte leurs observations.

Dès 1991, avant même que le projet soit arrêté, des "livres d'observations" sont distribués dans tous les attachements conduite.

De nombreuses remarques visant aussi bien le confort d'utilisation des voyageurs que les aspects conduite et exploitation ont été formulées avant

qu'en octobre 1992 la RATP passe une commande de dix-sept éléments qui seront progressivement mis en circulation commerciale à partir de juin 1997.

■ LE GROUPE MI2N

En 1994, un groupe de conducteurs, tous volontaires, issus des différents attachements conduite : Rueil-Malmaison, Nanterre-Préfecture, La Varenne-Chennevières et Torcy, est associé aux réflexions relatives à l'ensemble des composantes du projet :

- cabine de conduite,
- dispositif de télévision embarquée,
- demi-image sur les dispositifs de visualisation du service voyageurs à quai,
- service voyageurs.

Les conducteurs du groupe sont surtout chargés d'organiser dans leur attachement une communication sur le projet au fur et à mesure de son déroulement.

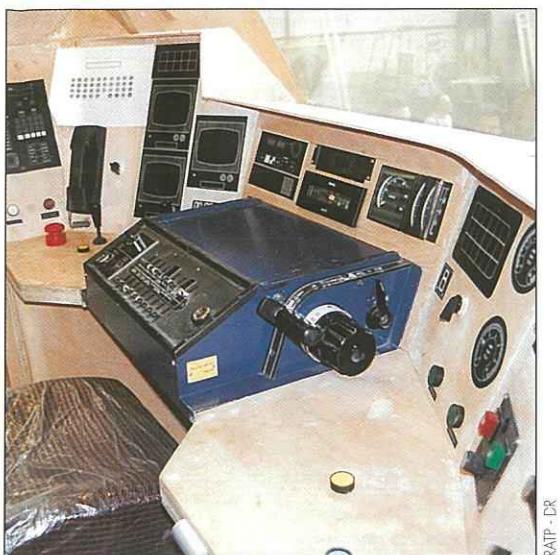
■ LA CABINE DE CONDUITE

En mai 1994, les premières visites sont effectuées aux ateliers SNCF de Massena où a été réalisée une maquette en bois de la cabine de conduite. Des photos sont prises par les conducteurs qu'ils exposent, commentent et diffusent dans les différents attachements, comme de véritables reporters. Les principales innovations découlant des suggestions des conducteurs ont été :

- un siège spécialement étudié pour la conduite, testé sur le MI84, présenté au CHSCT et validé par les conducteurs ;
- la possibilité pour le conducteur de se déplacer sans déréglage du siège ;
- une profondeur de cabine de conduite facilitant la circulation à l'intérieur de celle-ci ;
- une réfrigération de la cabine ;
- un pupitre de conduite plus ergonomique divisé en trois zones : la zone de gauche pour le service voyageurs, la zone centrale pour la sécurité de la circulation et de la marche du train, la zone de droite pour le contrôle de la marche du matériel ;
- une radio portative permettant de rester en permanence en contact avec le PCC quand le conducteur doit intervenir en dehors de la cabine de conduite et qui permettra, dans l'avenir, de donner également des informations aux voyageurs.

■ L'IMAGE EMBARQUEE

En juin 1994, le "groupe MI2N" découvre la visualisation du service voyageurs par moniteurs TV embarqués au cours d'accompagnements de présentation et d'échanges avec les mécaniciens SNCF et leur encadrement sur la ligne de Malesherbes.



RATP - DR

La maquette en bois de la cabine de conduite.

Ce point est particulièrement sensible, les conducteurs ayant le souci d'éviter tout risque d'accident faisant suite au "service voyageurs" : surveillance des échanges, décision de fermeture des portes et de mise en mouvement du train.

Pour limiter l'encombrement de la cabine de conduite, la visualisation du service voyageurs par demi-image, nécessite, pour des raisons de cohérence, d'adapter les installations fixes des quais.

Les mises en situation réelles, sur le terrain, à partir de moniteurs installés dans les locaux techniques, permettent de retenir quelques configurations possibles qui sont présentées au groupe.

Les copies de ces images retenues en cours de présentation ont été affichées. A titre provisoire, deux installations de quai sont modifiées pour permettre une consultation de l'ensemble des conducteurs.

Ces derniers, dans une très large majorité, ont opté pour des demi-images présentant les faces latérales du train au centre de l'écran.

Cependant, ils ont émis le souhait que les moniteurs soient regroupés pour être observés facilement sur un seul champ et que les images soient en couleur.

Les conclusions de l'expérimentation réalisée en 1995 sur un quai à Gare de Lyon ont permis d'équiper les gares du tronçon central en moniteurs couleur.

■ LE SUIVI DE LA CONSTRUCTION

A l'approche de la livraison du matériel, l'Unité Transport ligne A a également souhaité que le groupe MI2N, leur encadrement et le maximum de conducteurs puissent découvrir les chaînes de construction.

C'est ainsi qu'à partir du mois de juin 1995, près de 140 agents de la ligne A sont allés découvrir à Valenciennes les différentes étapes du montage du MI2N chez ANF et Gec Alstom.

Parallèlement à toute cette démarche, les instances représentatives du personnel (DP, CDEP et CHSCT) ont été également associées aux différentes présentations. Les nombreuses observations furent pertinentes et, la plupart ont débouché sur des modifications et des améliorations.

De cette expérience, outre un rapprochement avec nos collègues de la SNCF, nous retiendrons surtout l'ouverture d'une catégorie professionnelle que l'on croit généralement emprunte de nombrilisme et qui, au contraire, puisque l'occasion lui en était offerte, a tenu à chaque visite à souligner son admiration pour le sérieux et la qualité du travail exécuté par les différents corps de métiers : forgerons, carrossiers, peintres, électriques, techniciens, ingénieurs...

Ainsi, le matériel fut abordé, sans rejet ni crainte, à partir d'une formation permettant aux titulaires du permis de conduire travaillant sur la ligne A d'effectuer les opérations courantes et spécifiques de conduite du matériel en respectant les différentes règles de sécurité, d'effectuer le service voyageurs à l'aide des télévisions embarquées et d'appliquer les procédures de dépannage conformément aux prescriptions sans que les inévitables défauts qui se révèlent au cours de "déverminage" n'altèrent la confiance des hommes en leur machine.

Le 6 juin 1997, le premier train MI2N baptisé ALTEO effectuait sa première circulation commerciale sur la ligne A soulignant la satisfaction de voir aboutir ce projet sans qu'aucune difficulté n'ait, à un moment ou un autre, contrarié l'osmose qui s'était instaurée entre les différents partenaires.



Un pupitre de commande plus ergonomique, divisé en trois zones.



La nouvelle station "Tourcoing-Mercure" du Val 208.



LILLE PROLONGEMENT DE LA LIGNE 2

La nouvelle ligne 2 du VAL lillois a été mise en service le 19 août.

En vingt et une minutes, ce nouveau tronçon, d'une longueur de 12,4 km, relie le cœur de la cité nordiste à Tourcoing-Centre en passant par les communes de Villeneuve d'Ascq, Wasquehal, Croix et Roubaix. Pour renforcer l'unité territoriale de l'agglomération lilloise, seize nouvelles stations ont été construites. Chacune d'entre elles a été dessinée par un architecte différent, choisi par les communes traversées. Certaines ont été décorées par un artiste. Le travail le plus impressionnant est, sans doute, la fresque de 600 m² peinte par Pierre Charret au plafond de la station Croix-centre. L'artiste a utilisé la technique de l'anamorphose pour créer un tableau qui s'anime selon la vitesse et le

sens des déplacements du voyageur spectateur.
Côté matériel, de nouvelles rames "VAL 208" élaborées par Matra et construites par la société Parizzi sont utilisées. Plus spacieuse, plus lumineuse, la surface vitrée a été augmentée de 35 %, la rame est également plus légère, 28 tonnes au lieu de 31, permettant ainsi des économies d'énergie.

Ce prolongement de ligne n'est qu'une étape. En effet, en octobre 2000, le tronçon "Tourcoing-Centre" - "CHR-Dron", soit 3,6 km et cinq stations supplémentaires, sera mis en service. Une fois achevé, l'ensemble du réseau VAL comptera 45 km de lignes, confortant ainsi sa place de plus grand réseau de métro automatique au monde.

Fiche technique du VAL 208

Il se nomme ainsi du fait de sa largeur : 2,08 m

Dimension d'une rame :

- longueur : 26,140 m
- largeur : 2,08 m
- hauteur : 3,275 m

Capacité d'une rame :

- Charge normale : 156 passagers (4 passagers au m²)
- Charge exceptionnelle : 210 passagers (6 passagers au m²)

Performances dynamiques :

- Vitesse maximale : 80 km/h
- Vitesse nominale : 60 km/h
- Vitesse commerciale : 35 km/h (interstation de 750 m, temps de stationnement moyen de 14 secondes)
- Intervalles entre deux rames : 60 secondes minimum

Capacités de transport :

Plus de 10 000 passagers par heure et par sens sur l'interstation la plus chargée. A terme, plus de 20 000 personnes avec des rames doubles.

Ile-de-France

LA POLLUTION DANS LE COLLIMATEUR

Une nouvelle procédure en cas de pointe de pollution.

L'arrêté interpréfectoral signé en Ile-de-France, le 24 juin, vise toujours les trois mêmes polluants : le dioxyde d'azote, le dioxyde de soufre et l'ozone. Mais, il instaure, désormais, deux procédures de réaction : le niveau d'information et de recommandation, et le seuil d'alerte.

L'ancienne procédure datant de 1994 prévoyait trois niveaux. D'après la préfecture de Paris et d'Ile-de-France, les seuils de pollution désormais définis pour la capitale sont parmi les plus contraignants en Europe.

L'information du public ou la circulation alternée sont déclenchées quand le dioxyde d'azote dépasse, pendant une heure, res-

pectivement 200 microgrammes/m³ et 400 microgrammes/m³.

En comparaison, le premier niveau proposé par la Commission européenne est de 400 microgrammes/m³ sur trois heures. Quant aux Etats-Unis, le premier seuil dit "public alert" est de 1 130 microgrammes/m³, soit six fois supérieur à celui de Paris. Autre changement, le déclenchement de la procédure ne se fera plus en fonction du constat de la présence de la pollution, mais, en fonction d'une prévision possible aujourd'hui grâce aux outils et modèles d'évaluation développés par Airparif et les laboratoires universitaires franciliens en intégrant les données fournies par Météo-France.



RATP - DGC - B. Marguerite



Borne mesurant la pollution dans le quartier d'Alésia à Paris.

RATP - DGC - B. Marguerite

ANNECY

DES CAMERAS EQUIPENT LES BUS

Des mesures entre pédagogie et prévention dissuasive.

Depuis le 7 mai dernier, la Société Intercommunale des Bus de la Région Annécienne (SIBRA) a installé des caméras de vidéo-surveillance dans 14 de ses bus. Pour un coût de 850 000 francs financé à 50 % par le district de l'agglomération d'Annecy, l'ensemble du parc, soit 78 bus, devrait être équipé d'ici cinq ans. La décision d'équiper les bus a été prise à la suite de la multiplication, ces derniers mois, des situations d'incivilité ou de violence, à l'encontre des agents de la SIBRA. Pour sensibiliser la clientèle jeune, et moins jeune, aux comportements citoyens à adopter à tout moment dans tous les lieux publics, notamment dans les bus, la SIBRA a lancé une campagne de communication par affiches,

dépliants, spots radio... Intitulée "Parce qu'on n'est pas tous des anges", cette campagne décline sous forme ludique, à travers un guide citoyen, différents thèmes : la politesse, la propreté, le tabac...



DR

LE JANUS DE L'ETUDIANT.....

Le "Janus" du magazine *L'Etudiant* récompense les meilleurs projets d'étudiants diplômés d'une école de design. Comme chaque année, plusieurs étudiants ont choisi de travailler sur le thème du transport. Le jury 1999, présidé par Yo Kaminagaï, responsable de l'unité design et transport à la RATP, réunissait aussi Bruno Saint-Jalmes, responsable du design à l'Aérospatiale, et Jean-Philippe Texier, designer chez Renault. Le prix sera remis courant octobre à Paris. Affaire à suivre.....

MONTPELLIER

La moitié du parc de bus roulera en GNV en 2002. En effet, le district de Montpellier a décidé d'investir massivement en faveur du Gaz Naturel pour Véhicules (GNV). Ainsi, de 1999 à 2002, la Société Montpelliéraise des Transports Urbains (SMTU) va s'équiper de 80 nouveaux bus au GNV, soit la moitié de son parc. Ce premier programme représente un investissement de cent millions de francs. La seconde moitié du parc sera renouvelée, dans un deuxième temps, après 2002. De plus, à partir de la livraison des vingt premiers bus au Gaz Naturel pour Véhicules, l'ensemble du parc sera rendu compatible avec l'utilisation de l'aquazole - carburant mixte gazole/eau - en attendant son remplacement par des bus au GNV.



RATP J. Licoire

Aujourd'hui, 67 % des anciens automobilistes prennent le tram-train pour son confort.

KARLSRUHE UN SUCCES A GRANDE VITESSE POUR LE TRAM-TRAIN

Déjà 370 kilomètres de lignes, et ce n'est pas fini !

Dans deux ans, les rames rouge et jaune du tram-train de Karlsruhe (270 000 habitants) desserviront un triangle dont les sommets seront Spire, 40 km au nord, Achem, 45 km au sud-ouest et Pforzheim, 37 km à l'est, soit une centaine de kilomètres supplémentaires. Le tram-train circulera ainsi sur la quasi-totalité du réseau régional de chemin de fer.

La création de ce réseau tentaculaire aura nécessité un investissement de 150 millions de marks (environ 510 millions de francs, soit 7,7 millions d'euros) par an depuis 1992. L'offre de transport est aujourd'hui considérable. Une augmentation chiffrée à plus de 150 % par rapport à la période pendant laquelle la seule Deustche Bahn AG

(DBAG) assurait le service. "Le cadencement, la desserte des différentes stations relèvent d'un partage des tâches entre le tram et le train basé sur le principe de la complémentarité", explique Dieter Ludwig, président de la société de transport urbain VBU de Karlsruhe. La DBAG n'a pas perdu de clients. C'est le transporteur urbain qui en aurait gagné.

"La nouvelle organisation des transports collectifs permet à ce dernier de conquérir une clientèle qui, auparavant, ne se déplaçait pas en transport en commun", précise Dieter Ludwig. Grâce au tram-train, la part de marché des transports publics atteint plus de 50 % dans certaines villes desservies. Au début des années 90, la DBAG n'assurait sur certaines lignes que 10 %, au plus,

des déplacements. Aujourd'hui, 67 % des anciens automobilistes prennent le tram-train pour son confort. Les autres personnes interrogées citent le prix attractif et la rapidité. Une petite minorité prend le tram-train, animée par un souci de préservation de l'environnement. Après Mulhouse, qui le verra circuler en 2003, de nombreuses villes françaises, dont Strasbourg, envisagent de lancer des projets similaires. Karlsruhe fait figure de modèle. Toutefois, les responsables d'outre-Rhin estiment qu'un tramway d'interconnexion de ce type reliant plusieurs villes moyennes nécessite une population totale d'au moins 500 000 habitants dans l'aire desservie.

d'après *La Vie du Rail*

STOCKHOLM.....
CGEA (Vivendi) qui a obtenu, jusqu'en 2004, le contrat d'exploitation du métro de Stockholm, a l'intention d'en faire une "vitrine" dans le cadre de la déréglementation prochaine de ce secteur en Europe. Selon le quotidien *Dagens Nyheter*, dans cette perspective, CGEA aurait l'intention de réinvestir les 190 millions de couronnes suédoises (130 millions de francs.) de recettes attendues. Quelque 600 000 personnes empruntent chaque jour le métro de la capitale suédoise.....

MELBOURNE.....
CGEA Transports, déjà implanté en Australie (Sydney et Perth), exploitera la moitié du réseau des trains de la banlieue est et nord-est de Melbourne pendant quinze ans. Son associé Alstom fournira 29 nouvelles rames automotrices de 6 voitures et en modernisera 45. Alstom assurera également leur maintenance et celle des 74 rames du parc existant.....

IRLANDE.....
Alstom vient de remporter un contrat de 30 millions d'euros (soit environ 195 millions de francs) auprès de la société de transport LRT Dublin en Irlande. Le contrat porte sur la fourniture de 20 rames de tramway de type CITADIS 300, dont 14 rames en option qui circuleront sur une nouvelle ligne en cours de construction à Dublin. Ces rames, à traction asynchrone, seront livrées, à raison de deux rames par mois, à partir d'octobre 2001 et jusqu'à mai 2002.

ARGENTINE

BUENOS AIRES : LA RENAISSANCE DU METRO

En service depuis 1913, le métro de Buenos Aires appartient au patrimoine de la capitale argentine. Pourtant en 1990, le Subte était sur le point de fermer. Histoire d'une résurrection...

Cinq lignes, 37 km de voie, 64 stations, 370 rames en service et 186,5 millions de passagers... tels sont aujourd'hui les principaux chiffres du métro de Buenos Aires.

Pourtant, en 1990, le Subte, c'est ainsi que l'on nomme le métro de la capitale Argentine, allait fermer ses grilles. Fréquentations en baisse, état avancé de délabrement, spirale de déficit... Fin 1991, le gouvernement argentin décide, avec l'aide de la banque mondiale, de le faire revivre. Et par la même occasion, de réduire le temps de voyage des passagers, la pollution, la congestion de cette ville de 15 millions d'habitants (banlieues comprises)... Après appel d'offres, la concession pour une durée

de vingt ans est attribuée, en 1993, à Mètrovías (un consortium de sociétés ou domine une entreprise de construction nationale). Mètrovías, la société qui gère le réseau de façon effective depuis 1994, va grâce à une gestion sévère et un programme d'investissement de 440 millions de dollars (2,9 milliards de francs) transformer le Subte en une activité rentable, ce qu'il n'avait jamais été.

L'exploitation est désormais gérée par un système global d'exploitation rassemblant, en son centre nerveux, l'ensemble des activités : la signalisation, l'alimentation en énergie des rames, leur fréquence, le système de communication, etc... La construction d'une nouvelle

ligne, la F, est décidée. Elle reliera les autres lignes entre elles au sud de la ville et deux gares importantes de la capitale. En attendant, le confort est aussi devenu un fer de lance pour Mètrovías car le métro doit récupérer une clientèle que l'obsolescence du réseau avait fait fuir. Les 53 escalators, après 50 ans de services, ont été remplacés et les escaliers fixes presque tous refaits.

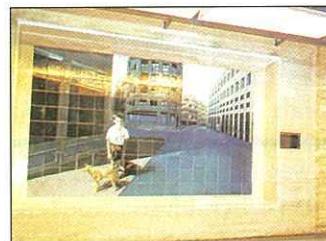
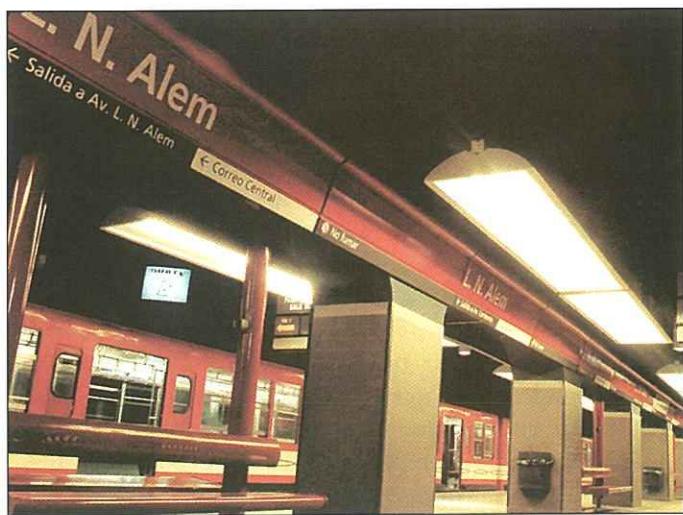
Les infrastructures dans les stations ont été complètement remodelées et ont nécessité un investissement de 20 millions de dollars. Avec également quelques nouveaux attraits : les bancs sur les quais, le système d'éclairage, les revêtements antidérapants, l'information, dans la

rame, de la station suivante par message visuel et sonore...

Deux points noirs demeurent. La chaleur dans l'enceinte du métro est omniprésente car le système de ventilation reste archaïque. Et le fait que le métro ferme relativement tôt (à 22 heures).

Côté matériel, les voitures de la ligne A, restaurées (de type Sprague) construites par La Brugeoise, sont les mêmes qu'à l'origine. Et depuis 1995 sur les autres lignes, Mètrovías fait circuler de nouvelles voitures japonaises Nagoya achetées d'occasion pour la majorité. Désormais à Buenos Aires, le futur côtoie le passé.

d'après *La Vie du Rail*



Les voitures japonaises rénovées desservent des stations ayant conservées leur décoration initiale.

CANTON

La première ligne de métro de Guangzhou (Canton), longue au total de 18,4 km et desservie par 16 stations, a été complètement mise en service le 28 juin dernier, après l'ouverture d'une première section de 5,4 km en juin 1997. Elle devrait permettre d'acheminer 100 000 personnes par jour. Débutée en 1993, la construction de cette ligne a coûté 1,53 milliard de dollars. Réalisée avec des firmes allemandes, notamment Adtranz pour le matériel roulant, le matériel ferroviaire a été supervisé par Systra. En outre, Systra a été chargé de l'étude de faisabilité pour la ligne 2 et de l'étude et la supervision du viaduc sur la Pearl River. Cette deuxième ligne devrait faire l'objet d'un appel d'offres d'ici à la fin de l'année et opposer à nouveau Alstom et Adtranz pour le matériel roulant, ainsi qu'une série d'autres entreprises, dont Alcatel et Siemens, pour les parties fixes.

LAS VEGAS

L'agglomération de Las Vegas, dont la population est équivalente à celle de Lille Métropole, envisage de se doter d'un métro automatique léger. Les études pour la construction d'une première ligne de 15 km sont actuellement en cours. Matra Transport International a invité une délégation d'élus et de techniciens de la ville du Nevada à venir découvrir le VAL de Lille. La visite de Météor à Paris et de Maggaly à Lyon était également prévue. Le choix technologique pourrait être fait d'ici à la fin de l'année.

AITES

L'Association Internationale des Travaux en Souterrain (AITES) a célébré son 25^e anniversaire dans le cadre du Congrès Mondial des Tunnels qui s'est tenu à Oslo (Norvège) du 31 mai au 3 juin 1999. La séance d'ouverture a été présidée par S.M. le Roi Harald V. Le congrès a rassemblé environ 700 participants en provenance de plus de 40 pays. Avec l'adhésion de l'Iran, de Singapour et de l'Ukraine, l'AITES compte désormais 47 nations membres. Avec la participation de ses anciens, la séance publique de l'AITES au congrès a eu pour thème : "Travaux souterrains : passé, présent et futur". L'association a pour buts de définir les possibilités offertes par la construction en souterrain, d'attirer l'attention sur l'importance de cette technologie pour la société, en particulier dans les zones urbaines à forte densité de population, et d'établir les principes directeurs de la stratégie pour tirer profit de ce potentiel. Les très importants travaux souterrains conduits par la RATP dès le début des années 60, ainsi d'ailleurs que les non moins importantes réalisations étrangères de sa filiale SOFRETU, ont tout naturellement conduit ses responsables et ses ingénieurs à prendre une part importante dans les activités de l'AITES. Le Bureau de l'AITES conduit actuellement une réflexion sur la stratégie de l'association, notamment dans le domaine de la communication.

AGENDA

11/10 1999	ATEC, journée technique "Transports publics et réduction des nuisances"	PARIS France	T: 33 (0) 1 45 24 09 09 F: 33 (0) 1 45 24 09 94
13-14/10 1999	UITP, conférence européenne « Financement des transports publics »	PARIS-CNIT France	T: (32) 2 673 61 00 F: (32) 2 660 10 72 www.uitp.com
19-23/10 1999	"WCRR 99" Congrès mondial sur la recherche ferroviaire	TOKYO Japon	T: (81) 42 580 6481 F: (81) 42 580 6482
25-26/11 1999	16 ^e Rencontres Nationales du Transport Public "Réussissons la concertation"	MULHOUSE France	T: 33 (0) 1 40 56 30 60 F: 33 (0) 1 45 67 80 39
30/11-2/12 1999	Railtex 99 : 4 ^e salon International des Équipements, Systèmes et Services Ferroviaires	LONDRES EARLS COURT 2 Grande-Bretagne	Marilyn Perry T: 44 (0) 1707 275 641 F: 44 (0) 1707 275 544
2-3/12 1999	Innovations on the design and assessment of railways track	DELFT UNIVERSITY OF TECHNOLOGY Hollande	Christie de Vrij T: 31 (0) 30 - 693 34 89 F: 31 (0) 30 - 691 73 94 e-mail : info@europoint-bv.com

**DEMANDE D'ABONNEMENT
A LA REVUE TRIMESTRIELLE DE LA RATP "SAVOIR-FAIRE"**

NOM :

PRÉNOM :

ENTREPRISE OU ORGANISME :

ADRESSE :

VILLE :

CODE POSTAL : Date :

Signature :

Prix pour 4 numéros : 200 F
(France et étranger)

Cette commande d'abonnement ne sera prise en compte qu'accompagnée de son règlement en francs français à l'ordre de la RATP.

Elle est à renvoyer à

RATP - REVUE "SAVOIR-FAIRE",
54, QUAI DE LA RAPEE - LAC A85 - 75599 PARIS CEDEX 12

En application de la loi 78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés, nous informons les souscripteurs d'abonnements que les données recueillies ci-dessus feront l'objet d'un traitement informatique et ne seront utilisées qu'à seule fin d'expédition de la revue. Tout abonné désirant accéder à l'extrait de fichier le concernant et rectifier éventuellement les informations qu'il contient doit s'adresser à la Délégation Générale à la Communication de la RATP, seule destinataire des données et utilisatrice du fichier.



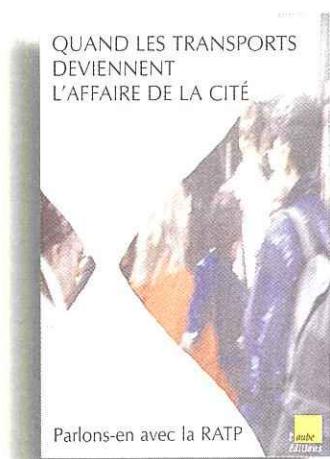
**PATRIMOINE INDUSTRIEL
ET URBANISME :
LE DÉPÔT DU HAINAUT**
*par la Société d'Etudes
et de Développement
Patrimoniaux (SEDP)*

Il s'agit d'un coffret comprenant deux ouvrages consacrés au dépôt du Hainaut.

Le premier, intitulé "Mémoire d'un quartier", met en scène un vieux dépôt d'autobus parisien, fermé en 1989, puis démolie en 1992, dont il retrace la construc-

tion au début du siècle et l'insertion dans son environnement. Le second, intitulé "Naissance d'un quartier", expose le programme d'aménagement du terrain qui s'inscrit dans le cadre d'une politique patrimoniale ambitieuse de la RATP orientée principalement vers le logement social.

Vincennes, SEDP, 1998,
photo, plan, carte,
100 p. environ pour chaque ouvrage,
ISBN 2-912032-08-3
(cote : OUV 1389)



**QUAND LES TRANSPORTS
DEVIENNENT L'AFFAIRE
DE LA CITE**

*par François Ascher, Armand
Braun, Gérard Demuth
et Ricardo Petrella*

Les transports publics révèlent une mutation profonde de la société qui affecte la vie quotidienne des personnes, les systèmes politiques, l'équilibre écologique. Le risque majeur est la dilution du lien social.

La priorité étant de reconstruire la ville en tant qu'espace de citoyenneté. A l'heure de la société de l'information, un renouveau du service public s'impose. La mobilité s'affirme comme mode de vie contemporain, l'accessibilité comme enjeu de solidarité, le transport comme forme de régulation collective. Révélateur de la mutation, le transport ne peut-il offrir un champ de réflexion favorable à un débat démocratique associant tous les acteurs concernés et impliquant les citoyens selon des formules innovantes ?

Paris, Editions de l'Aube,
février 1999, 135 p. tabl. graph.
(cote : OUV 1422)



**CARTES MULTISERVICES :
MISE EN PLACE
D'UNE CARTE VILLE**

*par le Centre d'Etudes sur
les Réseaux, les Transports,
l'Urbanisme et les construc-
tions publiques (CERTU)*

L'utilisation de cartes, de type carte à puce ou carte magnétique, pour la gestion de l'accès aux équipements municipaux, tend à se généraliser. L'expérience acquise dans ce domaine par plusieurs villes a permis d'élaborer une analyse des systèmes carte ville et des moyens déployés pour leur réalisation. Les fonctionnalités mises en œuvre dans différents types d'équipements municipaux sont présentées à travers les aspects gestion, apports, acceptabilité et solutions techniques. Une démarche globale est proposée partant des motivations de réalisation du projet jusqu'à sa définition et sa mise en œuvre. L'ouvrage s'adresse aux villes, entreprises, collectivités souhaitant mettre en place un système à cartes pour gérer et améliorer l'accès à leurs installations et services. Il apporte une vision générale ainsi qu'un conseil structuré sur les réflexions à mener.

Lyon, Collections du CERTU n° 85,
sept. 1998, 110 p. tabl. graph.
ISSN 0247-1159
(cote : CET0108)

**POLITIQUES ET PRATIQUES
D'INTERMODALITE**

*par le Groupement des
Autorités Responsables
de Transport (GART)*

La première partie de l'ouvrage est consacrée à la présentation des efforts réalisés par certaines villes de France en matière d'intermodalité. Dans une seconde partie, ces villes pionnières servent de références, pour analyser les problèmes rencontrés : information voyageur, pôles d'échanges, politiques de tarification intermodale, information multimodale, coopération entre autorités organisatrices et complémentarité vélos-transports publics. Vingt-six exemples de pratiques d'intermodalité sont exposés de manière détaillée.

Paris, GART, ADEME, 1999, 162 p.
tabl. graph. (cote : OUV 1431)

• • • • • • • • • • • • • • •

**DANS LA REVUE GENERALE
DES CHEMINS DE FER**

Sommaire d'octobre 1999

- Le centre opérations TGV
- Réseau ligne directe
- La validation des logiciels de sécurité de Météor par la RATP
- Le pilotage en réseau, une action originale. La fonction peinture

Sommaire de novembre 1999

- Le nouveau service bagages
- Nouveaux matériaux pour les structures
- Théorie simplifiée des longs rails soudés
- Historique, développement de la traction diesel à la SNCF par Clive Lamming

Sommaire de décembre 1999

- Le renouvellement de la ligne Paris Sud-Est
- Diversification dans la rénovation des voitures Corail
- Approche d'intégration des facteurs humains dans la sécurité des transports ferroviaires guidés (projet "Facthus")
- Un siècle et demi de formation : l'apprentissage.

• • • • • • • • • • • • • • •

PUBLICATIONS CONSULTABLES A LA MEDIATHEQUE RATP

Elle met à votre disposition des informations sur les transports publics urbains en France et à l'étranger ainsi que les archives de l'entreprise.

Unité spécialisée "Mémoire de l'entreprise-Information documentaire"

Département du Patrimoine, LAC C 21 - 54, quai de la Rapée - 75012 Paris.

© : 01 44 68 21 04 - M°, RER, bus : Gare de Lyon.

TECHNOLOGIE

AUTOBUS AU GAZ

**Contre la pollution, la RATP teste
deux filières d'autobus fonctionnant au gaz.**

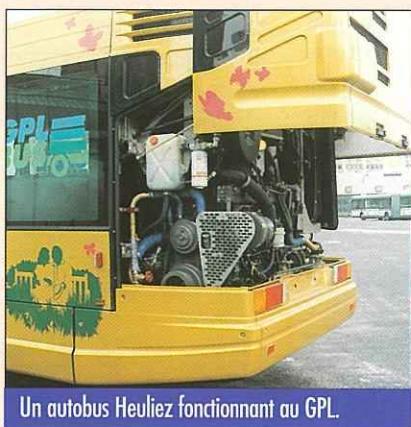
GAZ NATUREL OU GAZ DE PETROLE LIQUEFIÉ ?

Dans le cadre de la lutte contre la pollution, la RATP expérimente deux filières d'autobus fonctionnant au gaz. La première concerne le gaz naturel (GNV) pour laquelle la RATP a commandé des autobus Renault Agora GNV. La seconde concerne le gaz de pétrole liquéfié (GPL), elle utilise des autobus Heuliez GX317. L'exploitation de ces véhicules doit débuter au second semestre 1999. En fonction des résultats des expérimentations, le parc pourrait atteindre 200 autobus.

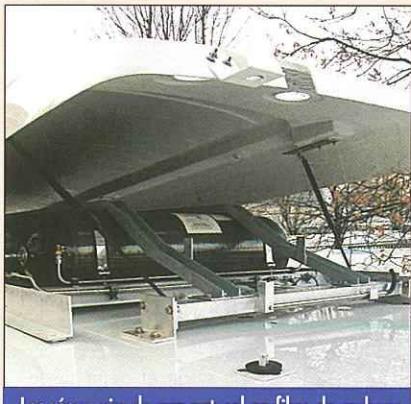
RATP - DGC - D. Dupuy



Un autobus Renault Agora GNV.



Un autobus Heuliez fonctionnant au GPL.



Les réservoirs de gaz naturel en fibre de carbone.

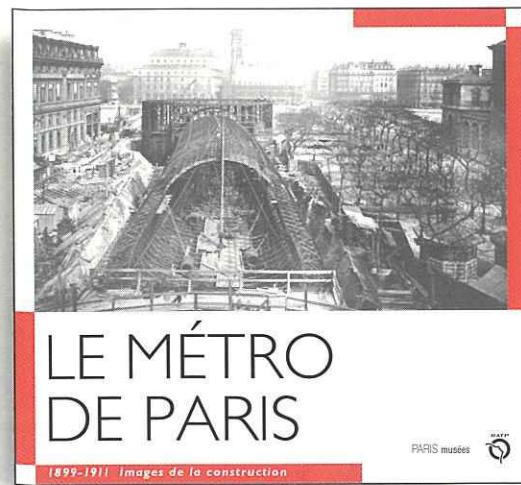
Photos : RATP - DGC - J.F. Mauboussin

CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES DES AUTOBUS AU GAZ.

Longueur	12 mètres
Capacité	Agora GNV : 93 personnes, dont 28 assises et 65 debouts. GX317 GPL : 92 personnes, dont 27 assises et 65 debouts.
Poids à vide	Agora GNV : 12 450 kg. GX317 GPL : 12 100 kg. PTAC : GNV et GPL : 19 000 kg.
Hauteur	Agora GNV : 3 371 mm. GX317 GPL : 3 230mm.
Moteur	Agora GNV : moteur Renault de 6 cylindres pour 9 839cm ³ . GX317 GPL : moteur DAF de 6 cylindres pour 8 660cm ³ .
Puissance	Agora GNV : 187 kW à 2100 tr/min. (254 Ch. vapeur). GX317 GPL : 170 kW à 2000 tr/min. (231 Ch. vapeur).
Boîte de vitesses	Agora GNV : ZF 4 HP 500. GX317 GPL : Voith D851.3.
Pont AR	Agora GNV : 21x34 pour une vitesse maxi de 66,8 km/h. GX317 GPL : 21x34 pour une vitesse maxi de 66 km/h.
Réservoirs	Agora GNV : 9 réservoirs de 126 litres chacun, disposés transversalement sur le toit. GX317 GPL : 2 réservoirs de 300 litres chacun, disposés longitudinalement sur le toit.
Freins à disques à l'avant sur les deux véhicules.	
Boîtier de direction ZF avec assistance hydraulique.	
Suspension pneumatique intégrale sur les deux véhicules, avec 2 coussins à l'avant et 4 à l'arrière, et correction d'assiette par valves de nivellation.	
Une réduction du bruit de 5 db(A) minimum par rapport à un même véhicule gazole.	
Véhicules équipés de glaces athermiques.	

D_E_S_I_D_E_E_S_D_E_C_A_D_E_A_U_X

DANS LE CADRE DU CENTENAIRE DU METRO, TROIS PUBLICATIONS DE PRESTIGE DE LA RATP



LE MÉTRO DE PARIS (1899-1911) IMAGES DE LA CONSTRUCTION

Conservées aux Archives de Paris, les 120 plus belles photographies de la construction des huit premières lignes de métro vous font découvrir un Paris inattendu et rarement vu.

Parution : décembre 1999

Coédition Paris-Musées / RATP

Format 26 X 24 cm, 256 pages, 120 illustrations

Prix public : 230 F

Prix préférentiel avant parution : 185 F par exemplaire

Offre valable jusqu'au 30 octobre 1999

(150 F + 35 F de frais de port en France métropolitaine ou 90 F de port pour une autre destination).

Chèque libellé à l'ordre de "Gecip pour Paris-Musées", adressé à :
Gecip BP 112 - 91322 Wissous Cedex

OFFRE RATP
réservée aux agents et retraités

DE BIENVENUE À MÉTÉOR : UN SIÈCLE DE MÉTRO EN 14 LIGNES

Par son approche chronologique, thématique et son abondante illustration, ce livre, rédigé par Jean Tricoire de la RATP, constitue un véritable atlas historique et géographique du métro.

Parution : 15 octobre 1999

Editions La Vie du Rail.

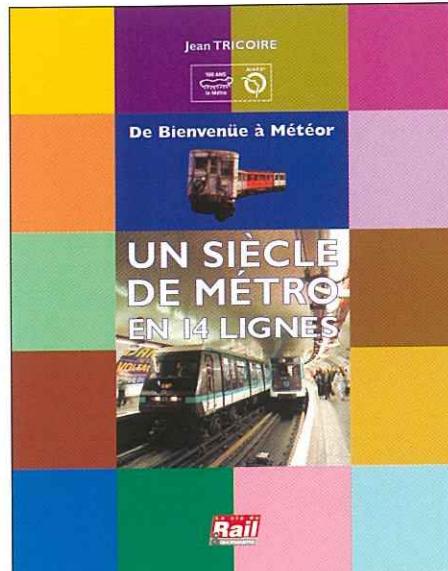
Format 25 X 32 cm, 352 pages, 700 illustrations.

Prix public : 265 F

Prix préférentiel avant parution : 220 F par exemplaire

(175 F + 45 F de frais de port en France métropolitaine ou 90 F de port pour une autre destination).

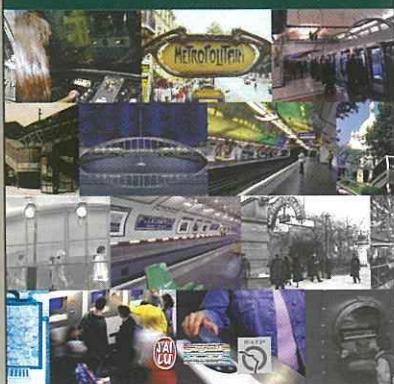
Chèque libellé à l'ordre de la RATP, adressé à :
RATP - Unité Mémoire de l'entreprise VDR
LAC C 021 - 54 quai de la Rapée 75599 Paris Cedex 12



OFFRE RATP
réservée aux agents et retraités

Le métro a cent ans

agenda 2000



L'AGENDA 2000 - LE METRO A CENT ANS

De décembre 1999 à janvier 2001, un agenda pratique (chaque semaine sur deux pages) et très informé.

- Chaque jour, l'histoire d'une station.
- Chaque semaine, l'épopée du métro, acteur essentiel de la vie parisienne.
- Chaque mois, une ligne à travers les souvenirs souterrains de personnalités : Bertrand Poirot-Delpech, Jean-Pierre Coffe, Sylvie Joly, Geneviève Dormann, Jack Lang, Jean-Loup Dabadie...

Parution : 22 octobre 1999

Format 16 x 24 cm, 168 pages

Prix public : 139 F

Prix préférentiel : 89 F par exemplaire à retirer

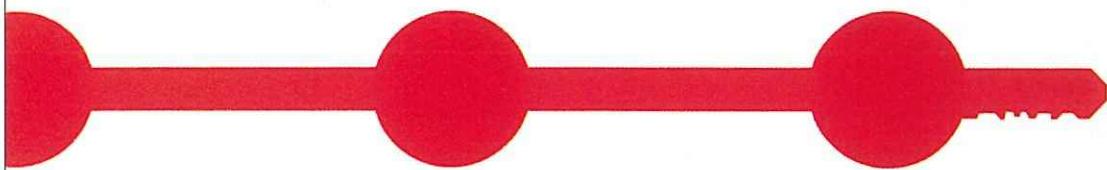
ou 110 F avec les frais de port en France métropolitaine

Chèque libellé à l'ordre de Tothème 54, adressé à :

Tothème 54 - 54, quai de la Rapée LAC A85 - 75599 Paris Cedex 12.

OFFRE RATP
réservée aux agents et retraités





>RATP, PREMIER
LOUEUR DE VÉLOS
EN ILE-DE-FRANCE

© GENTILESSO / AMINET - SAMA - TONIC - CLODING - 779 895 488 1000 Paris

RATP



Roue Libre, c'est un service de location mais aussi des balades guidées, des services pratiques ainsi que les rendez-vous Citybike un samedi par mois. Pour en savoir plus : Maison Roue Libre, 95, rue Rambuteau, 75001 Paris. Tél. : 01 53 46 43 77 ou le 3615 RATP (1,29 F/mn).