



RATP
ÉTUDES · PROJETS

85

octobre-novembre-décembre

**Revue éditée par
la Régie Autonome des
Transports Parisiens**

RATP

53 ter, quai des Grands-Augustins
75271 PARIS CEDEX 06

Abonnement pour l'année 1983
FRANCE et ÉTRANGER : 99 F

LE premier Forum organisé par le Secrétariat des Commissions de la Recherche, des systèmes d'Information et des Brevets (SCRIB) s'est déroulé le 5 mai 1983 dans l'auditorium du nouveau bâtiment administratif de Noisy-le-Grand - Mont d'Est.

Consacré aux Systèmes d'Information d'Aide à la Maintenance (SIAM), il a réuni une centaine de personnes dont une dizaine de conférenciers, tous très directement concernés par le sujet.

L'originalité de la formule, l'importance du thème et l'intérêt manifesté par les participants nous ont conduits à prolonger les échanges de ce Forum en y consacrant le présent numéro de notre revue.

Le lecteur trouvera successivement, conformément à l'ordre du jour du Forum, l'allocution d'ouverture, un bref panorama des expériences menées à la RATP en matière de Systèmes d'Information d'Aide à la Maintenance, la présentation de quatre projets parmi ceux déjà réalisés ou en cours de développement, trois interventions concernant les recherches actuelles, puis le compte rendu de la table ronde qui a suivi les exposés.

Dans un récent numéro, nous avons déjà abordé le sujet des « SIAM » par un article consacré au recueil d'information dans le suivi des matériels électroniques et nous avons annoncé la publication d'un article complémentaire traitant de l'exploitation statistique des données recueillies. C'est tout naturellement que cet article trouve sa place dans le sommaire de ce numéro, lequel comporte par ailleurs les rubriques régulièrement consacrées aux nouvelles diverses de la RATP et des autres réseaux français ou étrangers.

SOMMAIRE



FORUM « SYSTÈMES D'INFORMATION D'AIDE A LA MAINTENANCE » (SIAM)

<i>Allocution d'ouverture</i>	5
<i>Panorama des expériences SIAM</i>	6
<i>Quatre expériences de SIAM :</i>	
• <i>Le suivi des contrats d'entretien des escaliers mécaniques compacts</i>	7
• <i>Ordonnancement et suivi des activités d'ateliers</i>	11
• <i>Le suivi des interventions curatives de 1^{er} niveau au Service du matériel roulant du réseau ferré</i>	14
• <i>Comment en arrive-t-on à un projet intégré de maintenance ?</i>	18
<i>Les recherches relatives aux SIAM :</i>	
• <i>Les systèmes d'information embarqués (cas du réseau ferré)</i>	23
• <i>Les systèmes d'information embarqués (cas du réseau routier)</i>	27
• <i>Le projet MARS : Moyens d'Aide à la Résolution des Signalements</i>	28
<i>Table ronde</i>	33



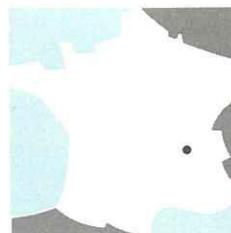
LA FIABILITÉ DU PILOTAGE AUTOMATIQUE DU MÉTRO DE PARIS

<i>Un exemple d'analyse des données recueillies par un système de suivi de matériel électronique</i>	41
--	----



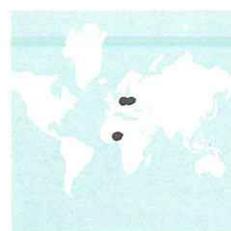
NOUVELLES DIVERSES DE LA RATP

• <i>Création d'un accès supplémentaire à la station Bercy et à la gare de Neuilly-Plaisance.</i>	51
• <i>Exploitation du réseau d'autobus.</i>	53
• <i>Trafic et service de l'année 1983.</i>	55
• <i>Vues des travaux en cours.</i>	56



NOUVELLES DIVERSES DE FRANCE

• <i>Lyon : un réseau de transmission par fibres optiques.</i>	58
• <i>Nice : axe prioritaire et automatisation de l'exploitation.</i>	58



NOUVELLES DIVERSES DE L'ÉTRANGER

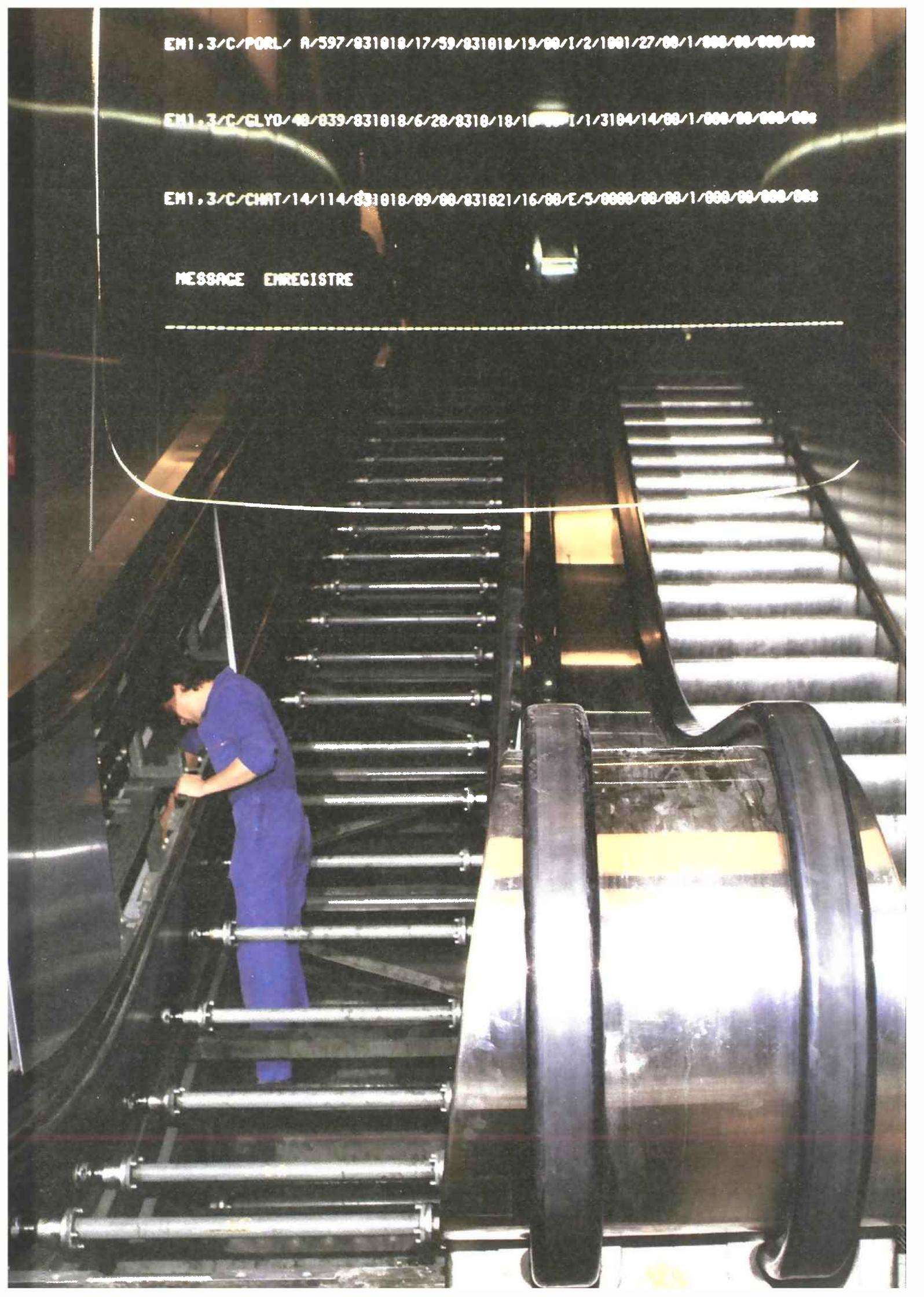
• <i>Cologne : mise en service du dixième tronçon de métro léger.</i>	60
• <i>Essen : exploitation mixte d'autobus guidés et de tramways sur une voie de tramway.</i>	61
• <i>Lagos : mise en chantier du métro.</i>	62

EM1.3/C/PORL/ A/597/831010/17/59/831010/19/00/1/2/1001/27/00/1/000/00/000/000

EM1.3/C/GLYO/48/839/831018/6/28/8310/18/10/00/1/3104/14/00/1/000/00/000/000

EM1.3/C/CHAT/14/114/831018/09/00/831021/16/00/E/5/0000/00/00/1/000/00/000/000

MESSAGE ENREGISTRE



SYSTÈMES D'INFORMATION D'AIDE À LA MAINTENANCE (SIAM)

Forum du 5 mai 1983

OUVERTURE

par Edith Heurgon, Chargée de mission (SCRIB).

JE suis heureuse de vous accueillir pour ce premier Forum organisé par le Secrétariat des Commissions de la Recherche, des Systèmes d'Information et des Brevets (plus brièvement : le SCRIB) consacré aux Systèmes d'Information d'Aide à la Maintenance (que je vous propose d'appeler désormais les SIAM). Je vous remercie d'y être venus nombreux et je souhaite que vous y trouviez des enseignements et que vous y nouiez des contacts.

Il me faut pour commencer vous donner quelques explications. Pourquoi, alors que nous subissons déjà tant de réunions diverses, prendre l'initiative d'organiser de surcroît des forums ? Et, dans la perspective où néanmoins vous en admettriez le principe, pourquoi les inaugurer par une journée sur les Systèmes d'Information d'Aide à la Maintenance ?

A la première question, je dirai qu'il me semble que nous avons besoin de lieux multiples pour échanger nos idées, exposer nos travaux en cours, débattre de nos difficultés, confronter nos expériences. Bref, pour que, d'un secteur à l'autre de l'entreprise, nos savoirs et nos savoir-faire s'interpénètrent davantage.

Or, vous l'avez sans doute constaté, nos réunions internes se prêtent assez mal à ce type d'échanges. Le peu d'intérêt accordé à la méthodologie, les contraintes de l'horaire, le caractère convenu de certains comportements, l'urgence des décisions à prendre, ne les favorisent guère. Ainsi, ce qu'il advient, comme paradoxalement, c'est que ces échanges de nature scientifique et technique, nous les établissons pour l'essentiel à l'extérieur de l'entreprise : dans des journées d'études, séminaires, congrès. Certains d'entre vous n'ont-ils pas le souvenir, par exemple, d'avoir appris lors d'une conférence internationale que telle ou telle recherche s'effectuait à

la RATP ? Certains d'entre vous n'ont-ils pas souffert un jour ou l'autre de voir un rapport auquel ils avaient consacré beaucoup de temps et d'enthousiasme, leur être retourné avec de laconiques mentions comme « vu », ou « bien », ou encore « intéressant », ou même la suggestion « ne devriez-vous pas en faire un article pour telle revue, une communication pour tel colloque » ? Sans remettre en cause la nécessaire ouverture de nos travaux sur l'extérieur, il me semble que la RATP dispose d'un potentiel suffisant d'études et de recherches, réalisées au contact de l'exploitation et de la coopération technique, pour prendre le temps quelquefois de réunir de son propre chef, hommes d'études, chercheurs, exploitants, responsables des divers secteurs de l'entreprise, experts en coopération technique, pour réfléchir ensemble sur les questions qui d'abord nous concernent.

L'idée de ces forums, c'est donc d'abord celle-ci : réunir, indépendamment de tout contexte décisionnel et de manière relativement informelle, sur un sujet d'intérêt commun, tous ceux qui, partageant leur savoir et leurs expériences, aspirent à enrichir le capital de connaissance de notre entreprise pour ses besoins propres et pour ceux de la coopération technique.

D'avantage : l'intensification des échanges horizontaux est encore rendue plus urgente aujourd'hui par la volonté de décentralisation qui est celle de la RATP. Dès lors, en effet, que la variété des solutions se trouve non seulement admise mais encouragée, variété qui permet à chaque unité responsable de développer des systèmes adaptés à ses exigences propres, il est essentiel, d'une part, de garantir une cohérence d'ensemble, d'autre part, de faire en sorte que les connaissances acquises ici ou là soient plus largement partagées.

J'en viens à la seconde question :

pourquoi consacrer cette première journée aux Systèmes d'Information d'Aide à la Maintenance ? Pour plusieurs raisons : mais d'abord, parce que la maintenance est une activité essentielle pour notre entreprise qui sous-tend la qualité de service offerte sur nos réseaux et parce que cette activité connaît aujourd'hui des évolutions importantes. Du fait du nombre et de la diversité des matériels, il s'agit d'une activité de coût élevé ; du fait des liens étroits qu'elle suppose entre les matériels et le personnel, elle dispose d'un fort enjeu organisationnel. Enfin, cette activité, en pleine mutation, devient aussi de plus en plus complexe en raison, d'une part, de l'introduction de l'électronique dans les équipements et, d'autre part, d'exigences accrues en matière de conditions de travail.

Toutefois, le progrès des techniques (et je citerai surtout l'informatique, la télématique, la micro-informatique), mais aussi celui des méthodes (statistiques, fiabilité, maintenabilité, disponibilité, sécurité, etc.), laissent espérer que divers outils d'aide à la maintenance vont permettre d'accroître les performances de cette activité dans le double souci d'améliorer le service rendu et de réduire les coûts économiques et sociaux qui y affèrent.

Il s'agit là d'un enjeu majeur pour la RATP qui justifie qu'un grand nombre de travaux et de recherches s'effectuent dans le domaine des Systèmes d'Information d'Aide à la Maintenance.

Pour atteindre les objectifs précédents, ces systèmes me semblent devoir être conçus et mis en œuvre selon une démarche systémique, c'est-à-dire sans privilégier le seul aspect technique des choses mais en saisissant d'emblée, et résolument, les facteurs organisationnels et humains qui, aujourd'hui comme demain, seront au cœur de l'activité de maintenance ; d'où le titre de cette journée : « les SIAM », pour insister sur l'aspect systémique des problèmes, d'une part, pour placer l'organisation et l'information en amont de toute réalisation, d'autre part. ■

PANORAMA DES EXPÉRIENCES SIAM

par Gérard Chaldoreille, Inspecteur principal au SCRIB.

A la suite du questionnaire envoyé aux directions pour préparer le Forum, une vingtaine de réponses ont été adressées au SCRIB présentant diverses expériences de mise en place de Systèmes d'Information d'Aide à la Maintenance du matériel au sein de l'entreprise.

Ces vingt systèmes ne représentent pas toutefois la totalité des applications existant à la RATP, les plus anciennes semblant avoir été « oubliées » pour ne retenir que celles qui correspondent mieux à l'approche actuelle des SIAM.

L'analyse des réponses montre l'existence d'une grande diversité dans les matériels concernés et les buts recherchés ainsi que sur les moyens pour y parvenir. Les lignes directrices se dégagent des réponses des directions sont présentées ci-dessous en reprenant le plan du questionnaire.

1° Avez-vous déjà réalisé des travaux dans le domaine des SIAM ?

Cette question avait pour but, outre le fait de recenser les applications existantes, de préciser les travaux effectués dans le cadre de ces systèmes, il apparaît donc que :
— la presque-totalité des systèmes ont pour objet de *suivre des matériels* et de mettre en œuvre la *recherche d'indicateurs* ;
— quelques systèmes vont plus loin, traitant des problèmes de fiabilité, disponibilité... (4 sur 20).

2° Concernant quels types d'équipements ?

Toutes sortes d'équipements sont concernés : commandes centralisées de dépôts (CCD), réseau téléphonique, cartes électroniques du matériel roulant, pneumatiques, escaliers mécaniques compacts, pilotage automatique, équipements électroniques...

3° Description des systèmes mis en place.

Les systèmes présentés correspondent à un éventail assez complet de solutions possibles que l'on peut toutefois classer en trois grands groupes :

- les applications traitées sur le site informatique central, en général à partir de logiciels internes ;
- les applications implantées chez l'utilisateur ;
- les applications sous-traitées utilisant des logiciels externes.

Les matériels utilisés sont très nombreux : DPS 05 du site central, MITRA 115, PDP 10, HP 1000...

Trois soucis importants se dégagent des réponses : le besoin de *souplesse pour l'utilisateur*, l'*adaptabilité* du système et l'*appropriation* de l'outil informatique.

4° Avantages retirés.

Les termes *efficacité* et *rentabilité* sont les plus cités. Les autres avantages dégagés sont : l'amélioration du diagnostic des pannes, la qualité du suivi, la facilité d'emploi, la maîtrise des activités d'entretien et le gain de temps.

5° Difficultés rencontrées.

Apparemment, très peu de difficultés humaines et organisationnelles sont apparues dans la mise en place de ces systèmes. Est-ce une réalité ? Les principales difficultés avancées sont d'ordre technique : difficulté de modélisation, de définition des données, de possibilités d'évolution pour les programmes.

6° Réalisation des SIAM à l'avenir.

Trois types de situations existent :

- les services qui, ayant déjà une expérience, veulent développer les systèmes mis en place et étudier de nouveaux systèmes concernant d'autres matériels : évaluation du TRAX... ;
- les services qui ont des systèmes en cours de réalisation : ordonnancement d'activités d'atelier d'entretien, transmission des signalements d'anomalies..., fichier technique de la voie, commandes centralisées des dépôts des autobus... ;
- les services qui vont se lancer dans la mise en place de systèmes : suivi des matériels bureautiques et divers, poste de manœuvre à commande informatique.

Les deux derniers groupes sont particulièrement demandeurs d'informations sur les SIAM existants. Ce besoin d'échanges est une des attentes principales de ce Forum. ■

LE SUIVI DES CONTRATS D'ENTRETIEN DES ESCALIERS MÉCANIQUES COMPACTS

par Serge Verrey, Inspecteur à la Direction des services techniques.

Les contrats d'entretien des escaliers mécaniques compacts

Les 228 escaliers mécaniques (EM) de type compact qui ont été installés à partir de 1973 dans les stations du métro et les gares du RER sont entretenus par les constructeurs dans le cadre de contrats de maintenance qui s'appliquent à chaque appareil réceptionné définitivement.

L'absence de machinerie et de coursives latérales qui caractérise le génie civil des escaliers mécaniques compacts et qui les distingue des appareils de type « normal » a permis leur implantation à coût moindre dans les zones encombrées du sous-sol et en particulier dans les

accès existants. Elle implique des contraintes particulières de maintenance : les organes mécaniques ne sont accessibles que par le dessus de l'escalier ou par deux trappes de visite situées au palier de départ et au palier d'arrivée ; les inspections ne peuvent généralement être effectuées qu'à l'arrêt et nécessitent assez souvent le démontage des marches et des panneaux de balustrade, ce qui accroît la durée des interventions (illustration n° 1).

Le contrat d'entretien a pour objet le maintien de chaque appareil en bon état de fonctionnement avec le niveau de sécurité d'origine. Il comprend, d'une part, des opérations préventives programmées dont le contenu et la périodicité sont fixés, telles que les inspections, la vérification des sécurités, les contrôles de jeux fonctionnels, les graissages, d'autre part, le remplacement des pièces arrivées à limite d'usure et, enfin, les dépannages sur appel direct de la permanence des services techniques. L'ensemble de ces travaux qui comprennent des prestations de main-d'œuvre, la fourniture des pièces de rechange et la mise en œuvre d'outillage, est assuré par l'entreprise pour un prix forfaitaire annuel dépendant de la hauteur d'élévation et du type de chaque appareil. Toutefois, les travaux qui peuvent résulter d'une dégradation d'origine extérieure, non imputable à l'entreprise ou à une défaillance du matériel qu'elle entretient, sont facturés en supplément.

La qualité de l'entretien est jugée sur la disponibilité des installations. Tous les temps d'arrêts techniques imputés à l'entreprise, à savoir l'entretien préventif, le remplacement des pièces arrivées à limite d'usure et les pannes (à l'exception de celles d'origine extérieure), sont comptabilisés pour chaque appareil

sur douze mois et peuvent donner lieu, au-delà d'un seuil fixé pour chaque escalier, à l'application de pénalités financières proportionnelles au dépassement. Les contrats en vigueur actuellement prévoient la neutralisation des arrêts de nuit, entre 21 heures et 6 heures, ainsi que ceux des dimanches et de certains jours fériés qui correspondent à des périodes pour lesquelles aucun dépannage n'est exigé de l'entreprise.

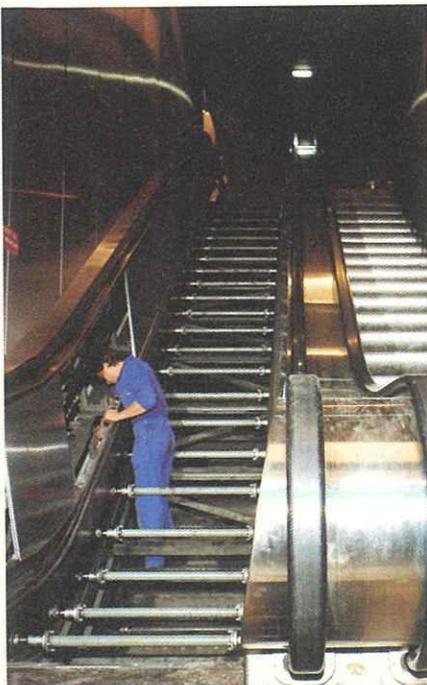
Contractuellement, un certain nombre de documents doivent être établis par les entreprises intervenantes tels que le calendrier des visites, les rapports d'intervention mentionnant la nature de celles-ci, les dates et les heures d'arrêt et le détail des travaux effectués. En outre, le personnel de l'entreprise sous-traitante doit mentionner sur le carnet de dérangement de l'appareil, et en présence du chef de station, les heures d'arrêt et le motif de chaque intervention.

Des agents de maîtrise RATP, répartis par secteurs géographiques, contrôlent l'exécution des opérations d'entretien et s'assurent de l'exactitude des documents fournis. Ils vérifient en particulier la concordance des heures de dépêches avec celles mentionnées sur le rapport journalier de la permanence des services techniques et relèvent les signalements inscrits sur les carnets de dérangement.

Choix d'un système de suivi informatisé

L'obligation, d'une part, d'effectuer une comptabilisation rigoureuse des temps d'arrêt imputés à l'entreprise telle qu'elle est définie dans les contrats et la nécessité, d'autre part, d'évaluer d'une manière précise la qualité d'un maté-

1. Escalier mécanique en cours d'entretien à la gare RER de Châtelet-Les Halles.



RATP - Gaillard

riel peu connu, nous ont conduits à rechercher une méthode performante de tri et de classement des informations nombreuses et diverses fournies par les entreprises et par les surveillants de la RATP, le volume des signalements étant lié à l'importance du parc d'escaliers mécaniques à entretenir et dépanner.

Nous souhaitions connaître le plus rapidement possible le comportement de ces appareils et de leurs composants mécaniques et électriques en fonction de leurs conditions d'exploitation et de leur environnement, en particulier pour ceux situés à l'air libre, ainsi que leur longévité. En outre, nous étions particulièrement intéressés par les résultats des nouvelles méthodes d'entretien tant au point de vue contenu et périodicité des visites que du point de vue exécution par les entreprises, la connaissance de ces résultats permettant éventuellement de renforcer les spécifications techniques pour les appareils futurs, et de modifier les méthodes de maintenance dans le cadre, ou non, de nouveaux contrats d'entretien.

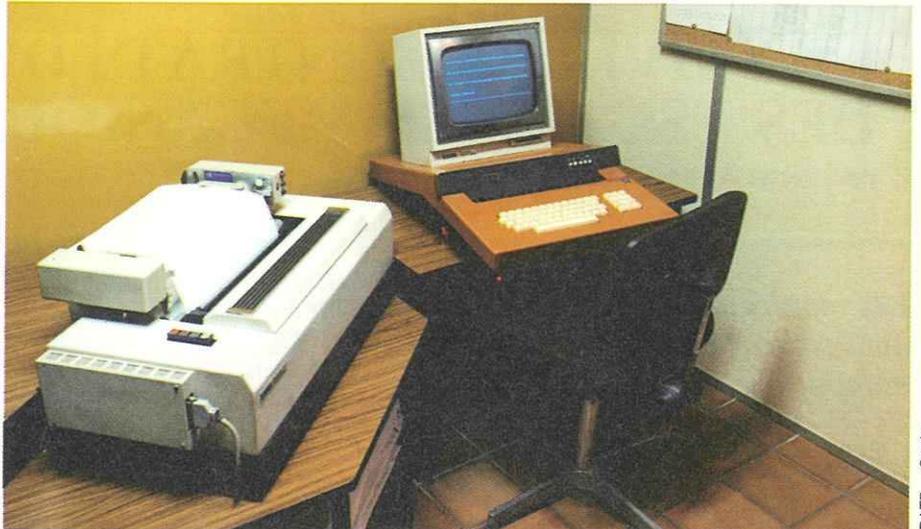
Les indicateurs qui ont été retenus pour ces évaluations sont le taux de disponibilité et le nombre de défaillances. On peut noter que l'assez bonne homogénéité du parc permet des études statistiques.

Ces raisons nous ont conduits à faire appel à l'informatique.

Participation des futurs utilisateurs à l'étude et à la mise au point du système

A la fin 1972, avant la mise en service du premier escalier mécanique compact, le service chargé de l'entretien des équipements électromécaniques, après une première estimation des besoins et du volume des informations qu'il pourrait être nécessaire de traiter, a envisagé d'utiliser l'outil informatique. L'expression des besoins a fait l'objet d'une inscription au schéma directeur de l'informatique et d'une fiche d'application en mars 1974.

Un groupe de travail, composé de



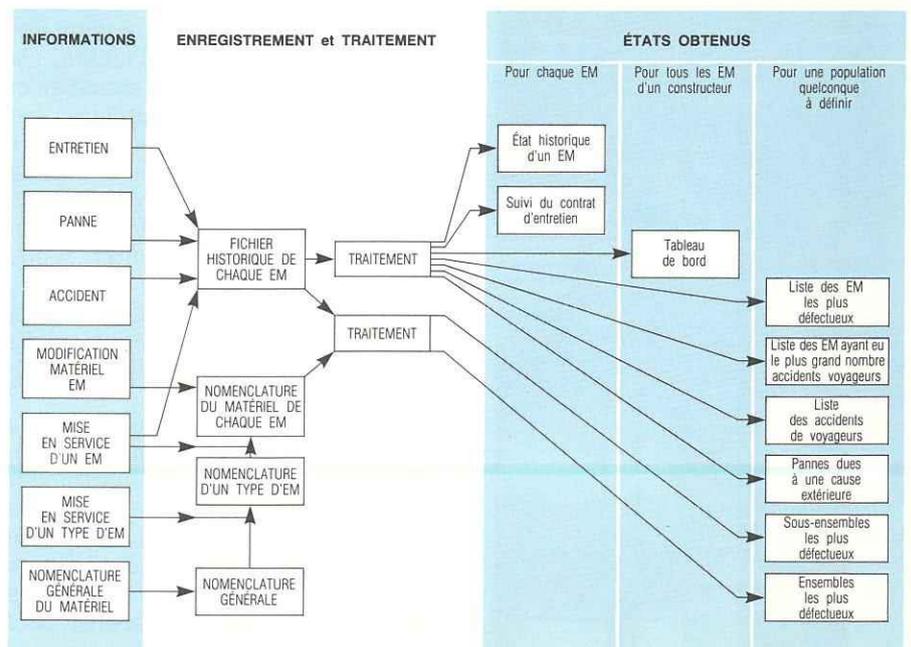
2. Le terminal de l'attachement des escaliers mécaniques compacts.

cadres du service utilisateur (Service des installations fixes électriques et électromécaniques : TE) et du service réalisateur (Service de l'informatique : GI à l'époque, SI depuis le 1-8-1982), a été chargé d'étudier l'opportunité de la réalisation d'un système informatique, dans le cadre de la Méthode de Conduite des Projets (MCP), puis a défini les informations à prendre en compte, les critères de tri et la présentation des états qui permet-

traient d'atteindre les objectifs fixés :

- contrôler l'exécution des contrats d'entretien par les constructeurs;
- améliorer la qualité du service rendu par un meilleur suivi de chaque appareil;
- évaluer la fiabilité des composants;
- comparer les différents types d'appareils en tenant compte de leur utilisation, et orienter les

3. Architecture du système.



achats futurs d'escaliers mécaniques compacts ;
 — établir un tableau de bord ;
 — déterminer les coûts d'entretien.

En janvier 1976, un terminal constitué d'une console avec écran et d'une imprimante est installé dans un local de l'attachement des escaliers mécaniques compacts et relié par ligne téléphonique à l'ordinateur du Service informatique installé rue de Bercy (illustration n° 2). Les premières informations sont transmises courant mars. Les premiers états sont obtenus durant le deuxième semestre, suivis en novembre 1977 des premiers états de fiabilité. Durant cette période, le Service TE a mis au point une nomenclature du matériel qui a été introduite en tant que données de base.

Le suivi des coûts réels d'entretien n'a pas été réalisé par manque

d'informations, les constructeurs n'étant pas contractuellement tenus de communiquer à la RATP le coût des pièces remplacées et le nombre d'heures de main-d'œuvre.

Description du système (illustration n° 3)

Le logiciel créé par le Service de l'informatique permet la prise en compte, pour chaque escalier mécanique, des informations suivantes introduites à partir du terminal de l'attachement :

— lors de la mise en service d'un appareil : le nom du constructeur, le type de matériel et ses caractéristiques ; la nomenclature du matériel qui se déduit d'une nomenclature type composée d'ensembles et de sous-ensembles fonctionnels, mécaniques et électriques en affectant à

chaque composant un numéro de version (cette nomenclature peut être corrigée, par la suite, chaque fois qu'une modification importante est apportée sur l'appareil, ce qui permet de comparer les comportements de composants différents mais ayant la même fonction) ;

— pour tout incident ou opération d'entretien : les dates et heures d'arrêt et de remise en service ; la nature et le motif de cet arrêt ; l'imputabilité à l'entreprise soustraitante ; le sous-ensemble mécanique ou électrique en cause ; éventuellement, le nombre de voyageurs accidentés.

Le traitement de ces informations permet l'édition d'un certain nombre d'états obtenus soit mensuellement d'une manière systématique, soit à la demande après question posée par l'utilisateur définissant la population à prendre en compte et la période à considérer.

A titre d'exemple, les états mensuels sont :

— pour chaque appareil : son historique et le suivi du contrat d'entretien qui est un état cumul des temps d'arrêts classés par nature (entretien préventif ou incident) (illustration n° 4) ;

— pour l'ensemble des escaliers mécaniques d'un constructeur : le tableau de bord donnant les taux d'indisponibilité, et le nombre moyen de dépêches par mois.

Quant aux états à la demande, ils sont du type suivant :

— liste des escaliers, des ensembles ou des sous-ensembles les plus defectueux (illustration n° 5) ;

— liste des appareils sur lesquels se sont produits des accidents de voyageurs et leurs causes ;

— liste des pannes d'origine extérieure.

Ces états sont traités de nuit sur l'ordinateur et les résultats sont obtenus le lendemain sur l'imprimante de l'attachement.

Les critères de tri sont l'indisponibilité ou le nombre d'incidents.

4. Exemple d'état mensuel.

ETAT MENSUEL DE SUIVI DES TRAVAUX D'ENTRETIEN (APPAREILS SOUS CONTRAT) TABLEAU 8											
CONSTRUCTEUR - CNIM											
METRO REGIONAL					DATE 31-11-82						
(1) NOMBRE DE MOIS DE COMPTABILISATION DES TEMPS D'ARRÊT											
MOIS	ANCIENNETÉ DU CONTRAT	STATION	NC	NC	TPS ARRÊT SUR TACOT.	TPS ARRÊT ENTRETIEN	TPS ARRÊT TRAVAUX	TPS	TPS-EXTRAP.		
(1)	AN	MOIS	DATE DE DEBUT		EPC	CONTR.	CONSTRUCT.	CONSTRUCT.	CONSTRUCT.		
					T1	T4	T6	T1+T4+T5	SUR 12 MOIS		
10	C	10	820101	LOGNES	A	C	12,23	63,15	0,0	76,38	91,57
10	C	10	820101	NOISY CHAMPS	A	C	1,56	9,30	0,0	10,86	12,33
10	D	10	820101	NOISY SIEL	A	C	2,10	61,30	0,0	63,40	76,12
1	1	1	811001	GARE DE LYON	45	145	1,12	0,45	3,25	5,22	
6	1	6	810501	CHATELET	26	126	C, D	49,45	0,15	50,0	100,0
6	1	6	810501	CHATELET	30	130	C, D	40,15	0,0	40,15	80,30
5	1	5	810501	CHATELET	36	136	C, D	51,15	0,45	52,0	104,0
12	1	12	801101	SAINT MAUR CRETEIL	A	2	4,36	43,15	0,30	48,23	48,23

5. Exemple d'état à la demande.

ESCALIERS MECANICIQUES "COMPACTS"										
ENSEMBLES LES PLUS DEFECTUEUX										
MOTIF GENERAL : MATERIEL										
ENSEMBLE	VERS	SOUS-ENSEMB.	VERS	MOTIF SPEC.	TPS ARRÊT	TPS ARRÊT / MOIS	INDISPO %	NUMBRE INCIDENTS	TEMPS FONCTION.	
TOTAL POUR TOUS LES ENSEMBLES					415HXX	29HXX	0,33	100	0,48	126440H
SECUR.SURVITE	3				26HXX	29HXX	0,57	12	1,58	4640H
		SECUR.SURVITE	1	DECLENCHEN	3HXX	0HXX	0,07	1	0,13	4640H
		RELAIS VITES	3	DECLENCHEN	13HXX	0HXX	0,30	2	0,29	4640H
		RELAIS VITES	3	REPLACEMENT	1HXX	0HXX	0,03	1	0,13	4640H
		RELAIS VITES	3	MODIFICATION	7HXX	0HXX	0,16	3	0,39	4640H
		RELAIS VITES	3	REGLAGE	0HXX	0HXX	0,01	1	0,13	4640H
PAROISE AEM	3				6HXX	0HXX	0,13	1	0,13	4640H
		CONTACTE AEM	2	REPLACEMENT	6HXX	0HXX	0,13	1	0,13	4640H
MARCHE	1				33HXX	0HXX	0,07	8	0,10	50460H
		MARCHE	1	BRUIT ANORMA	0HXX	0HXX	0,0	1	0,01	50460H
		GALET MARCHE	1	REPLACEMENT	2HXX	0HXX	0,0	1	0,01	50460H
		GALET CHAÎNE	1	REPLACEMENT	6HXX	0HXX	0,01	3	0,04	50460H
		CONTRE MARCH	1	DEFORMATION	20HXX	0HXX	0,04	1	0,01	50460H
		CONTRE MARCH	1	REMISE ETATR	4HXX	0HXX	0,01	2	0,02	50460H
PAROISE CEM	2				6HXX	0HXX	0,02	5	0,10	30740H
		RELAIS RHJ	2	DECLENCHEN	6HXX	0HXX	0,02	4	0,08	30740H
		RELAIS RHJ	2	CONTROL	0HXX	0HXX	0,0	1	0,02	30740H
DETEC.INCEND	1				28HXX	0HXX	0,03	16	0,10	94540H
		ELECT. ASPIRA	1	REPLACEMENT	0HXX	0HXX	0,0	1	0,01	94540H
		DETEC.INCEND	1	DECLENCHEN	27HXX	0HXX	0,03	10	0,06	94540H
		DETEC.INCEND	1	DEREGLE	0HXX	0HXX	0,0	2	0,01	94540H

Exploitation

L'étude et la réalisation du système informatique ont pris environ quatre ans durant lesquels le parc des appareils en service s'est accru et les besoins des utilisateurs ont légèrement évolué. Hormis le suivi des coûts d'entretien qui a été abandonné en raison de l'absence d'informations précises, l'ensemble du projet initial a été réalisé. Toutefois, des extensions du système, souhaitées par l'utilisateur, telles que la prise en compte du nombre de pièces remplacées, n'ont pu aboutir, bien que jugées possibles lors de l'étude initiale, en raison des difficultés rencontrées pour modifier le logiciel après quelques années.

D'une manière générale, les exploitants du système ont rencontré peu de difficultés.

Les agents de maîtrise de l'attachement des escaliers mécaniques compacts transmettent tour à tour journalièrement dans le cadre d'un roulement, et à l'aide du terminal, les informations qui ont été fournies par les entreprises sous-traitantes et qu'ils ont contrôlées. Environ 4 heures d'agent sont nécessaires pour effectuer chaque jour ce travail. Chaque mois, plus de 700 signalements d'entretien et d'incidents sont mis en forme et codés, ce qui représente environ 7 000 informations. Ces agents sont conduits assez souvent à faire préciser par les constructeurs certains signalements confus ou peu rigoureux, ce qui contribue à améliorer la qualité du suivi.

Pour les agents, cadres ou maîtrises, qui utilisent les états, certaines difficultés rencontrées viennent, d'une part, de défaillances temporaires du matériel informatique (concentrateur ou terminal) ou des fichiers, nécessitant exceptionnellement de recourir à un traitement manuel pour des besoins urgents, et d'autre part, de la lenteur du système « question-réponse » qui ne permet que le traitement d'une question par nuit.

Résultats obtenus

Les objectifs fixés au suivi informatisé ont été en grande partie atteints. Par suite de la gestion rigoureuse des temps d'arrêt imputés aux constructeurs, les états de suivi de contrats sont incontestés par ces derniers.

La mise en évidence et la classification des défaillances en fonction de leur importance relative ont permis d'entreprendre des actions correctives sur le matériel, par remplacement de composants peu fiables, et sur la périodicité ou le contenu de certaines opérations d'entretien.

Les gains en disponibilité du matériel consécutifs à ces opérations ont aussi été évalués. Ainsi, des travaux parmi lesquels on peut citer le remplacement des relais temporisés de démarrage, le contrôle de l'écartement des guides de mains courantes et le renforcement des pignons d'entraînement des mains courantes, réalisés dans le cadre des contrats d'entretien, donc sans surcoût pour la RATP, ont réduit de 30 % le nombre de dépêches et de 40 % l'indisponibilité sur panne.

Les spécifications des contrats d'entretien renégociés dernièrement avec les constructeurs ont tenu compte pour une large part des informations statistiques délivrées, et ont de ce fait permis d'appréciables réductions de coût par suppression de certaines contraintes dont les principales étaient les interventions de nuit et les dépannages du dimanche dont l'incidence sur la disponibilité globale, très faible puisque de l'ordre de -0,2 %, a été correctement prédéterminée puis vérifiée.

*
**

En conclusion, le système informatique exploité par l'attachement des escaliers mécaniques compacts a, dans son ensemble, bien répondu aux attentes des opérationnels, exprimées lors de son étude. Cependant, les besoins nouveaux des utilisateurs qui se sont manifestés au fil des ans par suite de la diversification des types d'appareils

et du matériel et qui nécessiteraient la modification de certains programmes de traitement et la création de nouveaux états, sans changement de la nature et du volume des données, n'ont pu aboutir en raison des difficultés rencontrées par le Service informatique pour modifier le logiciel. C'est en partie pour cette raison que le système n'a pas été étendu à l'ensemble des escaliers mécaniques de la RATP malgré la compatibilité des programmes traitant le suivi du matériel.

Dans les années à venir, un nouveau système informatique sera vraisemblablement développé et sa conception devra tenir compte, d'une part, de l'adaptation nécessaire du logiciel à l'évolution des besoins des utilisateurs et, d'autre part, de la saisie automatique de certaines informations directement sur les appareils grâce à l'installation de microprocesseurs et aux possibilités offertes par le réseau de télétransmission des alarmes techniques. ■

ORDONNANCEMENT ET SUIVI DES ACTIVITÉS D'ATELIERS : Développement d'un système d'information

par Alain Ferrié, Inspecteur principal à la Direction des services techniques.

LE Service des sous-stations (TS) a pour mission de fournir en permanence à partir de l'énergie électrique haute tension délivrée par l'Électricité de France, l'énergie électrique dont la RATP a besoin, notamment pour la traction des trains et l'alimentation des installations d'éclairage-force.

Il est *structuré* pour assurer trois tâches principales :

— *exploiter* en temps réel les réseaux électriques de la RATP ainsi que leurs sources d'alimentation haute tension ;

— *entretenir* les installations de transformation, de distribution et de redressement du courant électrique ;

— *étudier*, puis lancer les opérations d'équipement destinées à assurer, dans le cadre du plan, l'extension, le renforcement, l'automatisation et la modernisation des installations.

L'énergie électrique livrée par EDF en 63 kV ou 225 kV alimente

4 postes haute tension (PHT) 63 kV et 3 postes haute tension 225 kV (*illustration n° 1*), qui la transforment en 15 kV et l'acheminement par un réseau de 1 660 km de câbles moyenne tension vers :

— 114 postes de redressement (PR) « métro » qui fournissent l'énergie 750 V continus captée par les trains au niveau des barres « traction » ;

— 23 postes de redressement « RER » qui fournissent l'énergie 1 500 V continus captée par les trains au niveau des « caténaires » (19 postes de redressement RER fortement excentrés sont alimentés directement en 20 kV par EDF) ;

— 526 unités de transformation « éclairage-force » (PEF) et « force » qui fournissent l'énergie 380 V nécessaire à l'éclairage des gares et du tunnel ainsi que des bâtiments administratifs et ateliers et à la force motrice utile pour les appareils élévateurs, de ventilation, de climatisation, d'usinage, etc. des gares et

des centres techniques ou administratifs de la RATP.

Le système d'alimentation en énergie électrique des réseaux traction et éclairage est télécontrôlé et télécommandé depuis le poste de commande de la distribution de l'énergie électrique (PCE).

Le Service TS s'est fixé deux objectifs principaux :

— *garantir* impérativement une *constante disponibilité* du système d'alimentation en énergie électrique ;

— *assurer la sécurité* des personnes et la protection des matériels vis-à-vis des dangers électriques.

De façon concrète, ces choix impliquent un fonctionnement sans défaillance de l'appareillage d'alimentation et de coupure pour toute sollicitation des relayages et mécanismes de commande, de sorte que le service :

— d'une part, s'est structuré pour résoudre dans les meilleurs délais les incidents par la mise en œuvre d'équipes travaillant en régime 3×8 ;

— d'autre part, a défini une politique d'entretien privilégiant de façon systématique :

- le *préventif* par rapport au curatif,
- l'*entretien centralisé* par rapport au localisé.

Cette politique d'entretien est naturellement poursuivie avec le souci constant du moindre coût et de la meilleure efficacité. Il est donc nécessaire tant à l'exploitant qu'à l'homme d'entretien de pouvoir appréhender et interpréter un nombre considérable d'informations techniques liées soit au matériel lui-même, soit aux conditions d'exploitation. C'est ce que dans la suite de la présentation nous appelons « le



1. PHT René Coty : ensemble blindé SF6.

RATP - Ardillon

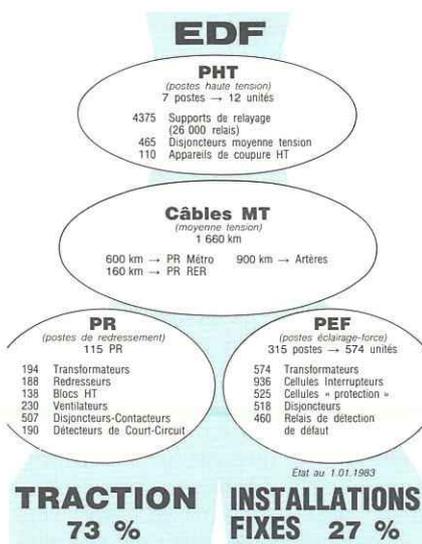
système de gestion des informations ». Par ailleurs, un entretien préventif centralisé nécessite d'assurer un enchaînement harmonieux des activités des ateliers du centre situé rue de Toul, de sorte que soient respectées les périodicités de révision des équipements, tout en limitant au maximum les temps morts et en utilisant au mieux les ressources disponibles. C'est l'objet de ce que nous appelons « l'ordonnancement des activités ».

Système de gestion des informations

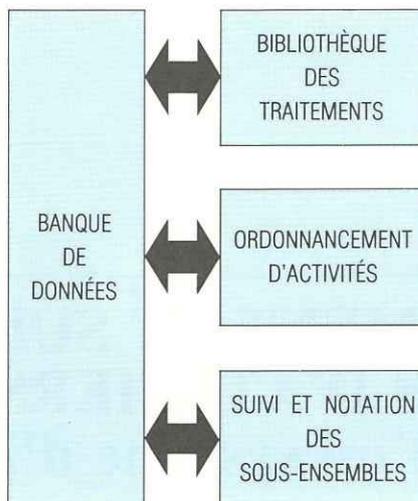
L'illustration n° 2 vise à présenter le nombre et l'extrême diversité des équipements que le Service des sous-stations est chargé d'exploiter, d'entretenir et, de façon générale, de gérer.

Cette diversité résulte :

- de la nature des fonctions assurées : alimentation, redressement, génération de courant, ventilation, protection contre l'incendie, etc. ;
- des niveaux de tension ou de courant couverts, de 225 kV à quelques mV, de quelques kA au mA ;
- des technologies mises en œuvre, faisant appel aussi bien à l'électronique ou à la mécanique classique qu'à l'informatique ou à la pneumatique, etc. ;



2. Répartition et variété des équipements du Service TS.



3. Structure du système.

- de la date de fabrication des équipements qui fait que se côtoient sur le réseau des appareils assurant une même fonction mais de conceptions diverses ;
- etc.

Cette diversité se trouve encore accrue par la multiplicité des informations dont il est nécessaire de disposer dans chacun des groupements opérationnels :

- localisation géographique des équipements mobiles ;
- date de pose et de dépose d'un élément décrochable avec raison du mouvement ;
- liste datée des incidents, avec leur origine, suites données et circonstances ;
- liste des opérations d'entretien subies ;
- etc.

Ces informations sont actuellement collectées pour être classées selon des critères variables suivant les groupements ou activités afin de mettre en évidence au regard des utilisateurs certains éléments particuliers. Cette structure est adaptée aux besoins propres des utilisateurs mais conduit à une redondance des informations, augmente les risques d'erreurs et utilise trop à notre avis les personnels techniques pour des tâches administratives.

Le système informatique en cours d'étude vise à centraliser les informations essentielles pour les groupements opérationnels du Service TS dans une banque de données qui sera exploitée à partir du réseau actuel de collecte de l'information (illustrations nos 3 et 4). Des programmes satellites permettront de compiler, produire des bilans, statistiques et autres documents élaborés. Un logiciel d'ordonnancement tirant ses données soit du système d'information, soit d'entrées directes au clavier, permettra de trai-

ter à la demande les problèmes de planning que nous allons évoquer maintenant.

Ordonnancement

Le problème qui se pose au gestionnaire des blocs est de déterminer les dates de rentrée des blocs pour révision et d'assurer le meilleur enchaînement des tâches compatibles avec les périodicités de révision fixées et les moyens disponibles.

Il est aidé dans cette activité par un planning élaboré par l'encadrement du groupement d'entretien.

L'élaboration de ce planning prend en compte les paramètres ci-après :

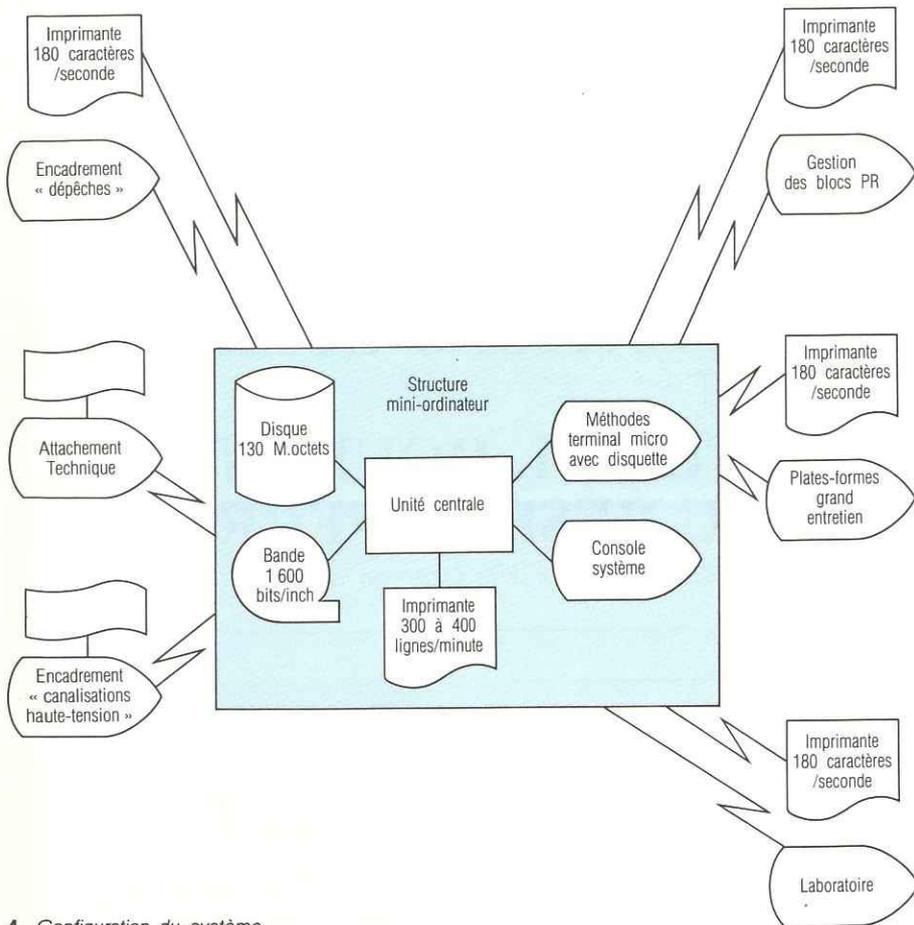
- l'organisation du Centre «Toul» en ateliers fonctionnels auxquels sont affectés des personnels spécialisés, chaque bloc transitant successivement dans chacun de ces ateliers et y restant un nombre de jours variable selon la nature du bloc ;
- les ressources disponibles, c'est-à-dire les moyens en outils, emplacements de contrôles et en personnel ;
- naturellement, les périodes d'entretien fixées par famille de blocs.

La construction de ce planning est longue et complexe ; aussi a-t-elle été simplifiée :

- seules sont prévues les révisions alors qu'au Centre Toul sont réalisées des réparations, modifications ou essais de réception ;
- les périodicités sont « figées » quelle que soit l'ancienneté d'une famille de blocs dans un type.

La réalisation des travaux de révision est dans les faits compromise par des éléments « perturbateurs » résultant soit d'éléments inopinés (panne d'outils, absence imprévue de personnel...), soit d'éléments programmables à court terme (congrès d'agents, relèves syndicales, révision de matériel...).

Actuellement, le gestionnaire des blocs n'a souvent d'autres ressources, face à ces éléments « perturbateurs », que de supprimer purement et simplement la rentrée d'un bloc, venant ainsi augmenter la

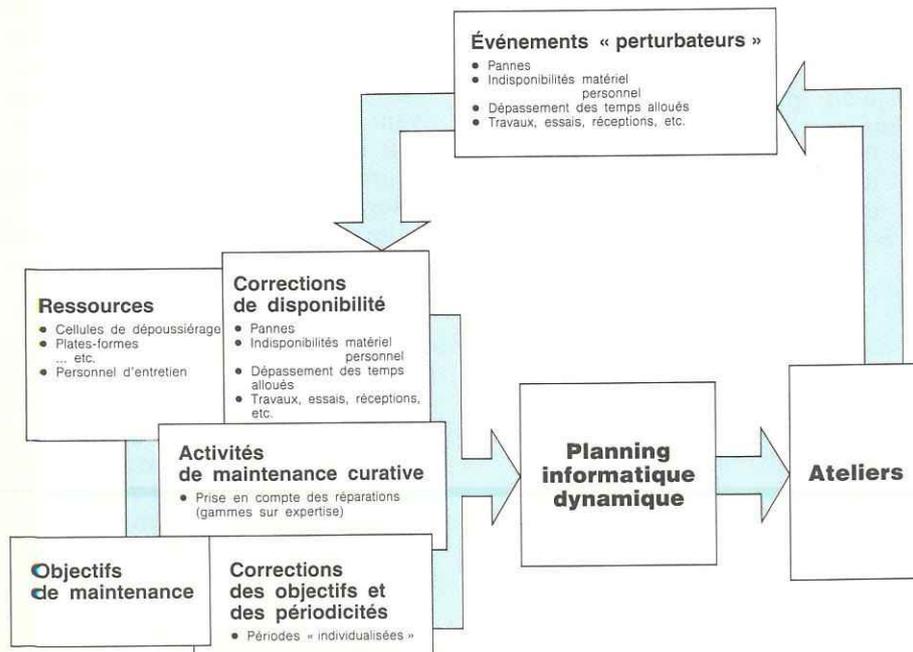


4. Configuration du système.

périodicité réelle de révision des équipements.

Le souhait du gestionnaire d'entretien est donc de disposer d'un outil qui permettrait d'intégrer par des recalages réguliers, journaliers ou hebdomadaires, les éléments « perturbateurs » à l'élaboration du planning (illustration n° 5). Cet outil, par ses possibilités, permettrait par ailleurs de répondre au besoin

d'une maintenance à période « personnalisée » (exemple : dépoussiérage des transformateurs de PR). La dynamique du système par un mode interactif doit permettre de créer ou de supprimer des activités ou des ressources et de simuler ensuite autant que de besoin les divers enchaînements correspondants.



5. Organisation projetée.

L'étude du système informatique a été entreprise en collaboration avec le Service de l'informatique (SI).

Si, techniquement, la réalisation d'une structure de base de données ne semble pas poser de problèmes aux informaticiens, par contre, la construction d'un logiciel d'ordonnement s'est avérée être une tâche difficile dont le résultat se présentait a priori incertain. Il fut donc décidé de rechercher, dans le marché des produits informatiques, le progiciel le plus apte à répondre à nos besoins. Une consultation a donc été entreprise sur la base d'une spécification établie par les Services SI et TS. Nombreuses furent les entreprises qui nous proposèrent « le produit » qui, à leur avis, était susceptible de répondre à notre besoin ; toutefois l'expérimentation pratique au moyen d'un jeu d'essais développé par TS, révéla l'inaptitude de la plupart des logiciels à résoudre nos problèmes de classement. En effet, la quasi-totalité des progiciels commercialisés ont été conçus pour l'ordonnement de processus de production où les délais constituent la contrainte essentielle, tandis que les ressources s'avèrent être inépuisables puisqu'il est fait appel à des moyens supplémentaires ou à la sous-traitance pour répondre aux objectifs. En ce qui concerne un atelier d'entretien, les ressources sont de réelles contraintes tandis que les délais peuvent admettre une certaine souplesse compte tenu des aléas rencontrés dans l'exécution des gammes.

Actuellement, deux progiciels ont été sélectionnés car présentant en première étude toutes les possibilités fonctionnelles demandées.

Il est utile de signaler que le choix d'un progiciel d'origine, développé sur un matériel précis, peut constituer une orientation en ce qui concerne le choix des équipements informatiques.

L'application sera réalisée sur mini-ordinateur, base d'un système qui sera totalement implanté dans les locaux techniques du Centre Toul. ■

LE SUIVI DES INTERVENTIONS CURATIVES DE PREMIER NIVEAU AU SERVICE DU MATÉRIEL ROULANT DE LA DIRECTION DU RÉSEAU FERRÉ

par Christian Roisneau et Patrick Varral, Inspecteurs principaux à la Direction du réseau ferré.

Généralités sur le Service du matériel roulant

Mission du service

Le Service du matériel roulant du réseau ferré (FR) a pour mission de mettre en temps opportun à disposition de l'exploitation, les trains nécessaires au transport des voyageurs, en qualité et en quantité, à un coût minimal pour la collectivité.

Pour ce faire, il doit étudier, faire construire, entretenir et améliorer l'ensemble des matériels roulants du réseau ferré.

Si les activités d'études et de construction relèvent d'un département « études », l'entretien et l'amélioration des matériels sont quant à eux des activités assurées par le département « entretien » (illustrations n^{os} 1 et 2).

Organisation de la maintenance

Afin de maintenir et d'améliorer les matériels, la politique suivie par le service consiste à mettre en place des programmes hiérarchisés d'entretien et des campagnes d'interventions permettant de minimiser le volume des actions consécutives aux défaillances résiduelles des matériels (alertes et pannes d'exploitation) (illustration n^o 3).

Les programmes hiérarchisés d'entretien comprennent principalement les opérations :

- de nettoyage;
- d'entretien technique;
- de révision de véhicules;
- de révision d'organes;
- de réfection des peintures et parquets.

Les campagnes d'interventions incluent quant à elles les opérations :

- de modification et d'essais;
- de modernisation des matériels;
- d'interventions préventives diverses.

Effectifs 1983 :

3 000 personnes dont
600 Cadres et Maîtrise
2 400 Agents d'exécution

Parc entretenu :

	Nombre de voitures	Valeur du parc
Métro	3 500	8 500 MF
RER	1 000	5 300 MF

Dépenses annuelles de fonctionnement :
600 MF

2. Quelques éléments chiffrés.

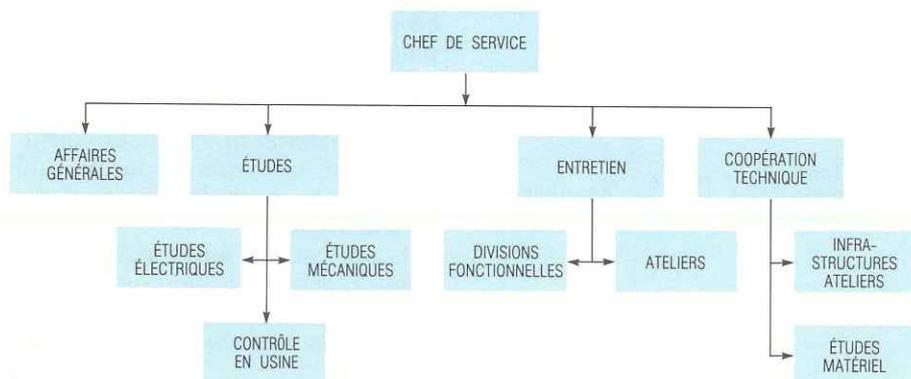
Organisation du département « entretien »

Pour réaliser l'ensemble des activités de maintenance, le département « entretien » s'est organisé au cours de ces dernières années autour de quatre groupes d'ateliers ayant chacun pour mission de maintenir une famille de matériels :

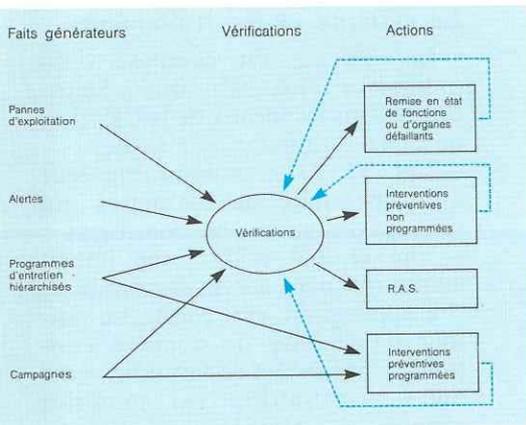
- groupe Fontenay : entretien des matériels pneumatiques (MP);
- groupe Choisy : entretien des matériels fer de 1^{re} génération (MF 67);
- groupe Saint-Ouen : entretien des matériels fer de 2^e génération (MF 77);
- groupe Boissy : entretien des matériels RER (MS 61 et MI 79).

Chaque groupe d'ateliers est composé d'un atelier de révision et de plusieurs ateliers d'entretien — un par ligne en général — chacun d'eux étant complété d'une fosse de visite en ligne.

Toutefois, dans un souci de minimisation des coûts, certaines activités (opérations de révision d'or-



1. Organigramme du Service du matériel roulant du réseau ferré.



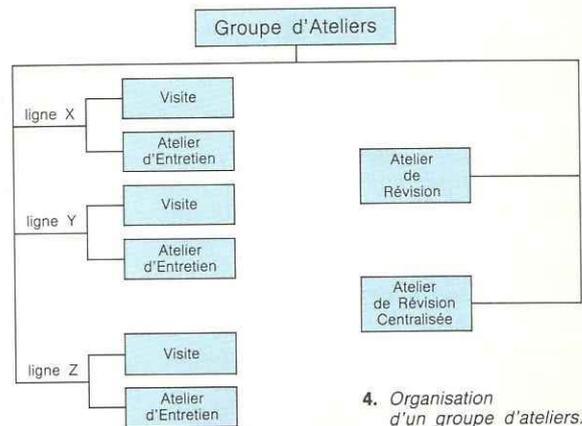
3. La Maintenance.

ganes) sont centralisées pour l'ensemble des matériels dans des ateliers, appelés ateliers de révision centralisés, d'un groupe quelconque (illustration n° 4).

Structure de la maintenance

Dans un souci d'amélioration de l'efficacité, la maintenance curative est décomposée en niveaux :

- 1^{er} niveau : les remises en état de fonctions ou d'organes défaillants réalisées sur fosse de visite (illustration n° 5) ou en atelier d'entretien, soit à la suite d'une découverte réalisée au cours d'un programme hiérarchisé d'entretien (hormis le nettoyage) ou d'une campagne d'interventions, soit à la suite des défaillances de matériels, sont appelées *interventions curatives de 1^{er} niveau*; elles visent à rendre le train disponible pour l'exploitant, par échange standard du sous-ensemble défectueux, lorsque c'est possible (les suites données à ces interventions dans les ateliers de révision ou dans les ateliers de révision centralisés, sont dites « interventions curatives de 2^e et 3^e niveaux »);
- 2^e niveau : remettre le sous-ensemble défectueux en état de marche par remplacement de la carte électronique avariée;
- 3^e niveau : remettre en état l'organe ou la carte électronique par action sur les composants, lorsque c'est possible.



4. Organisation d'un groupe d'ateliers.



5. Fosse de visite au terminus Balard.

- h. des fichiers qui assurent la correspondance entre organes et voiture et réciproquement entre voiture et organes;
- i. des graphiques.

Toutes ces interrogations se réalisent sans connaissance particulière du langage ou du système : la machine propose des choix à l'opérateur qui répond en fonction des critères retenus.

Il existe un autre mode pour scruter la base de données : le mode « expert » où l'utilisateur peut interroger directement sans utiliser les programmes mis à sa disposition. L'utilisation est relativement aisée grâce au système de gestion de la base de données MAGNUM.

Les préoccupations de l'utilisateur avant la mise en service

Dans l'atelier, l'apparition de l'ordinateur devait concerner les personnels à des titres divers :

- les « agents fichiers » chargés de la saisie quotidienne des fiches 1;
- les agents de maîtrise pour l'utilisation des données;
- les contremaîtres-visiteurs et les techniciens pour le dépannage des trains;
- le reste de l'atelier face à ce nouvel outil.

L'ensemble de ces personnels n'avait aucune connaissance de l'informatique et un certain nombre de questions se posaient :

- L'outil allait-il être capable d'améliorer les conditions de travail en diminuant les problèmes d'information ?
- N'allait-il pas être rejeté parce que trop complexe et ajoutant des contraintes ?

— N'allions-nous pas au-devant d'une réaction provoquée par l'image qui collait à l'informatique : la suppression d'emplois ?

D'autre part, la saisie manuelle des informations était très lourde avec duplication des informations dans plusieurs fichiers : un par train, un par fonction, subdivisé en organes de manière à pouvoir suivre le matériel en détail, et un fichier

organes de sécurité. Les fiches étaient enregistrées au départ et classées au retour du service après-vente, lorsque le défaut était corrigé.

Notre première action a été, dès le début de l'étude de l'application, d'évoquer, chaque fois que cela était possible, cette informatisation avec les agents de maîtrise ou les « agents fichiers » afin de les sensibiliser aux facilités attendues dans leur travail.

Deux mois avant la mise en route, une action de formation d'une journée a été réalisée par un agent du Service FR sur le fonctionnement d'un système semblable et sur le vocabulaire informatique.

Le démarrage a été effectué en deux journées sur le terminal.

Les explications ont été fournies au fur et à mesure par le réalisateur de l'application. Quelques mois plus tard, alors que l'utilisation du système était aisée, un cours sur le langage a été réalisé en deux journées.

Les progrès

Cette réalisation a permis d'améliorer :

- la disponibilité des informations en autorisant des tris à la demande; sans l'informatique, certaines analyses n'étaient pas possibles parce que trop lourdes manuellement;
- les conditions de travail des « agents fichiers » par la suppression des tâches répétitives;
- la rigueur sur la qualité des informations stockées;
- la crédibilité des informations données aux constructeurs.

Un autre intérêt est la méthode de travail que l'on pourrait appeler « le curatif prévisionnel » qui, grâce au classement des voitures signalées par code d'avarie, permet à l'atelier, en fonction de la disponibilité, de reprendre un train qui fait l'objet de trop nombreux signalements. Une recherche approfondie est assurée de façon à détecter la cause réelle des avaries.

Des problèmes subsistent principalement sur l'interface avec les opérateurs de la maintenance non

informatisés : pour l'enregistrement des mouvements d'organes en atelier de grande révision, ou pour le renumérotage d'organes fait par un atelier de réparation centralisé pour ses besoins de suivi. La mise en cohérence de certaines désignations entre les utilisateurs n'est pas évidente car il n'existe pas de catalogue complet des organes. Ces difficultés semblent pouvoir se résoudre et leurs solutions conditionnent la réussite du système.

Conclusion

L'application réalisée a peu remis en cause l'organisation existante. Pour les agents d'exécution : ils écrivent sur un terminal au lieu d'une feuille de papier.

L'outil est réellement au service de l'utilisateur qui conserve la maîtrise des données et des traitements et peut, à tout moment, les faire évoluer dans le sens qu'il souhaite.

La formation progressive et permanente a permis l'intégration de l'outil dans un climat plutôt réceptif. Les agents de maîtrise et les « agents fichiers » ont demandé que toutes les tâches de suivi soient informatisées : suivi des modifications et essais, ordonnancement, suivi des stocks et des parcs de rechange.

L'extension de l'informatisation à l'ordonnancement de l'atelier est en cours de développement. ■

COMMENT EN ARRIVE-T-ON À UN PROJET INTÉGRÉ DE MAINTENANCE ?

par Jean-Paul Richard, Inspecteur principal à la Direction des services techniques.

Introduction

Les dispositifs de pilotage automatique se sont progressivement introduits à la RATP dans les années 60 et 70. D'abord électromécaniques, ils se sont rapidement transformés en une version électronique.

Cette mutation allait être effective vers les années 70 au niveau des équipes d'entretien du Service des installations fixes électroniques et cybernétiques (TC) et constitue une double rupture par rapport aux matériels précédemment entretenus par la Direction des services techniques.

Rupture d'ordre technologique

Le comportement du matériel électronique est fondamentalement différent de celui du matériel mécanique ou électromécanique, en par-



RATP - Thibaut

1. Le pilotage automatique sur la ligne 6 : — entre les rails, le tapis-programme ;
— à droite, vue du boîtier PA.

ticulier il se caractérise par l'absence de phénomène d'usure. Or, toutes les méthodologies d'entretien étaient alors dérivées de celles d'équipements présentant des phénomènes d'usure.

Rupture d'ordre conceptuel

Le pilotage automatique (PA) est conçu comme un système réparti sur des équipements fixes et embarqués (*illustration n° 1*). Cette notion de « système réparti » induit en particulier qu'il n'y a pas identité entre le découpage fonctionnel et le découpage physique du matériel. Or, tous les services d'entretien de la RATP étaient calqués sur la structure physique du matériel.

Ces deux ruptures n'ayant pas été perçues lors des années 70, elles se sont révélées au cours du temps par des difficultés d'entretien et ont conduit historiquement à une approche empirique visant à résoudre ponctuellement les problèmes apparaissant au fur et à mesure de la vie des systèmes.

Mais, en 1976, la Division PA a proposé, devant l'inefficacité de certaines de nos démarches, et après une synthèse des efforts entrepris, un projet intégré de maintenance appelé « DAM » (Dispositif d'Aide à la Maintenance) visant à résoudre l'ensemble des problématiques rencontrées par un service d'entretien de matériels électroniques modernes.

Les idées de base de ce projet sont maintenant des concepts fondamentaux dans les projets de MAO (Maintenance Assistée par Ordinateur) et de Télémaintenance notamment développés aux USA dans l'entretien des ordinateurs ou de certains équipements d'avions.

L'approche historique

Bilan des principaux problèmes à résoudre

L'absence de phénomène d'usure s'est vite traduite par la mise en œuvre d'un entretien curatif, toutes les opérations à caractère préventif classique se révélant inutiles.

Mais un entretien curatif met en évidence les problèmes suivants :

- nécessité de mettre en œuvre une règle de décision simple de demande d'intervention par l'exploitant ;

- dépendance totale des équipes de maintenance vis-à-vis des informations provenant du Service de l'exploitation ;

- charge de travail en « dents de scie » d'autant plus aggravée par le caractère exponentiel des processus suivis par le matériel électronique (grande dispersion des pannes par rapport à la moyenne).

L'aspect « système réparti » fait apparaître les problèmes suivants :

- Difficulté à séparer les pannes (entre le train, le PA embarqué et le PA sol) des phénomènes fugitifs extérieurs soit au niveau sol, soit au niveau embarqué.

- De plus, automatisme complexe visant à se substituer à l'homme dans un certain nombre de ses tâches, ce système n'a pas toute la souplesse d'un opérateur humain, en particulier il est un « révélateur » de panne latente, ou de dérives, qu'accepte un opérateur humain (exemple : modification des caractéristiques de freinage d'un train).

D'où l'attribution arbitraire, au PA, par le Service de l'exploitation, de pannes révélées par ce dispositif, ce qui oblige les équipes d'intervention à discriminer si le PA est en cause ou non et, dans le cas contraire, à émettre des dépêches vers les autres services d'entretien. Mais cette tâche nécessite en fait une connaissance approfondie des équipements associés, souvent incompatible avec la structure des services d'entretien à la RATP.

- Impossibilité avec des outils simples de reproduire des pannes, en particulier celles nécessitant de mettre en œuvre la boucle de réaction dynamique constituée par le « train et le sol ».

- Incidence irréversible, sur ce système fondé sur la sécurité intrinsèque du caractère fugitif de la variation de certains paramètres (exemple : parasites externes sur la transmission voie-machine qui entraînent des déclenchements intempestifs des chaînes de sécurité).

L'ensemble des problèmes inhérents au matériel et à sa conception a induit au niveau du Service d'entretien la mise en œuvre du « système D », l'objectif étant de fournir par n'importe quel moyen des trains bons à l'exploitant tout en respectant toutefois les normes de sécurité imposées par le Service des études.

Ce qui se traduit au niveau de l'équipe d'entretien par :

- l'absence de méthodologie ;
- l'absence d'approche systématique de la panne ;

- la mixité totale dans la nature des interventions de 1^{er}, 2^e, 3^e niveaux ;

- un entretien totalement lié à l'équation personnelle de l'équipe de maintenance et dont le savoir se transmet sur le mode du « compagnonnage » ;

- etc.

Et pour le matériel par :

- L'hétérogénéité de comportement :

- au sein d'une même ligne,
- d'une ligne à l'autre ;
- une interchangeabilité de plus en plus problématique ;

- un taux de récurrence supérieur de 50 % à celui que l'on devrait observer ⁽¹⁾ ;

- une dégradation de la Moyenne des Temps de Bon Fonctionnement (MTBF) : si l'ensemble des problèmes d'entretien était résolu, le MTBF pourrait doubler et ce sans modification du matériel ⁽²⁾.

Les grandes phases historiques de l'approche des problèmes

Reproduction de la panne au 1^{er} niveau

Recherche de simulateur à poste fixe au terminus, permettant de simuler une marche de train :

— version mécanique : déplacement physique du programme sous un train (le LEM : abandonné) ;

— version électronique : déplacement fictif du train par commutation électronique du programme au niveau d'un tapis de simulation (en service dans la plupart des terminus).

Cependant, cette méthode n'a pas permis de supprimer le train « d'essai », train sans voyageur inséré dans le trafic normal entre deux trains avec voyageurs ; c'est un outil privilégié en maintenance classique pour reproduire une panne, outil lui-même imparfait, car il n'est pas possible de reproduire en exploitation toutes les configurations et, par ailleurs, il est une gêne quasi-biquotidienne pour l'exploitant.

Vu la difficulté à reproduire la panne, les services d'entretien ont à la saisir au moment où elle se produit.

Détection et enregistrement des pannes de 1^{er} niveau.

Plusieurs enregistreurs ont été étudiés :

— d'abord analogique ;

— puis numérique ;

— enfin avec traitement assisté sur ordinateur.

Ces outils avaient pour but d'être embarqués sur les trains, soit de façon permanente, soit sur les trains « douteux », puis d'être déposés après constatation d'une anomalie en exploitation. Par une analyse d'abord manuelle puis assistée, on devait pouvoir connaître la panne du dispositif. Peut-être prématurés par rapport aux technologies nécessaires, ces enregistreurs n'ont jamais donné satisfaction.

Un enregistreur analogique pa-

pier classique subsiste et est utilisé au cours des trains d'essais.

Outils de dépannage de 2^e et 3^e niveaux

Les outils développés par les constructeurs, essentiellement d'ailleurs pour les besoins d'études et de validation de maquette, se montrent très insuffisants et ont induit certaines équipes à utiliser le train d'essai comme outil de dépannage (en particulier dans la fonction validation du dépannage) ou à développer des outils locaux à leur initiative : c'est la « boîtonite », génération spontanée de boîtes d'une durée par ailleurs souvent limitée à un ou deux ans, car leur maintenance et leur survie sont associées à la personne ayant conçu la boîte. De plus, l'utilisation est souvent restreinte à la ligne d'origine du concepteur.

Par ailleurs, la documentation du constructeur étant quasi-inexistante, il a fallu développer une documentation interne et celle-ci constitue un outil de base permettant aux agents une compréhension complète du dispositif ; toutefois, elle reste limitée au fonctionnel et ne constitue pas une véritable documentation de maintenance.

Aide au diagnostic suivi des équipements

Le PA a prospecté la voie du suivi du matériel, en vue de trois objectifs :

— un objectif d'aide au dépannage ;

— un objectif de gestion de matériels ;

— un objectif de suivi dans le temps, pouvant servir de base à des études statistiques à long et moyen termes.

D'abord mécanique : fiche à aiguille (inexploitable).

Puis informatique : d'abord en « traitement par lots » (batch) avec une saisie sur cartes perforées, puis en télétraitement avec saisie et consultation sur console.

Ces applications ne se sont pas soldées au niveau des agents par une utilisation aisée et une véritable aide, les moyens et les évolutions souhaités n'ayant pas été réalisés.

En conséquence, ceux-ci sont progressivement revenus à des cahiers personnels de suivi totalement inexploitable au niveau de l'encadrement et pour des études de synthèse.

Études statistiques ⁽²⁾

Toutefois, l'opération informatique précédente, si elle n'a pas atteint tous ces objectifs, a permis de faire des études prospectives sur l'utilisation de données et les traitements associés sur les fichiers utilisables représentant des recueils de plusieurs années et en particulier sur les thèmes suivants :

— choix d'une politique de renouvellement partiel ou total ;

— loi d'évolution du matériel, incidence des services d'entretien ;

— analyse du phénomène de récurrence ;

— répartition des pannes au niveau :

• sous-ensemble,

• cartes,

• composants ;

— définition d'une politique de remise à niveau technique ;

— analyse multidimensionnelle, recherche d'axe discriminant.

En conclusion, en 1976, un fait générateur, l'extension de l'application de suivi du matériel aux lignes haute-fréquence, va nous amener à réfléchir sur l'ensemble des circulations d'information au PA, sur les informations elles-mêmes et sur les modifications nécessaires.

Cette analyse nous a permis de situer l'ensemble des problématiques sous-jacentes, les résultats et échecs rencontrés et de proposer une nouvelle orientation : abandonner la démarche pragmatique consistant à résoudre les problèmes séquentiellement, en finir avec le « tonneau des Danaïdes » du PA et mettre en œuvre un projet global visant à résoudre simultanément l'ensemble des problèmes d'un service d'entretien électronique.

Ce projet permet la mise en œuvre d'une politique cohérente par une réalisation par « pavés » s'intégrant progressivement au sein d'un schéma général planifié.

Le projet intégré de maintenance ⁽³⁾

La philosophie de maintenance

- Curatif orienté : intervention sur un équipement en panne, affectant l'exploitation, grâce à une saisie de paramètres techniques et un prédiagnostic.
- Pseudo-prédictif : intervention sur un équipement en panne dont l'effet est transparent ou marginal pour l'exploitant.
- Prédictif : intervention sur un équipement assurant sa mission mais dont la probabilité de panne est subitement devenue voisine de 1.
- Correctif : détection et redéfinition du matériel critique ayant un comportement « anormal ».

Structure de maintenance

- Elle est basée sur trois niveaux :
- 1^{er} niveau : décentralisé au niveau de la ligne ;
 - 2^e et 3^e niveaux : centralisés.

Les outils associés

Pavé « colonne vertébrale informatique » ou pavé « système d'information de base »

(illustration n° 2)

Pavé fondamental auquel s'intègrent les autres pavés. Il comprend deux parties : une partie logiciel et une partie matériel.

En simplifiant, ce pavé est organisé autour d'un réseau de mini-ordinateurs qui gère trois fonctions principales :

- stockage automatique des informations, au niveau de bases de données réparties, en provenance :
 - des réseaux d'acquisition temps réel sur le matériel fixe et le matériel embarqué,
 - des outils de maintenance de haut niveau,
 - de saisie de type manuel (exemple : rapport d'intervention ⁽²⁾ sur console) ;



2. Colonne vertébrale informatique.

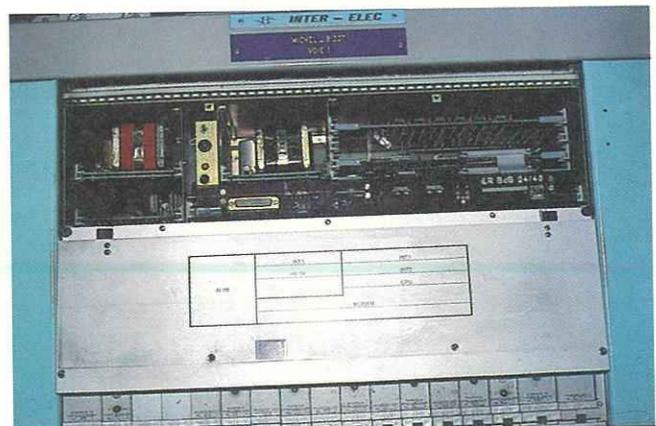
- dialogue interactif entre les utilisateurs et les bases de données au moyen d'un jeu de questions et d'éditeurs formatés adapté à l'utilisateur concerné (notion de filtres) ;
- traitements synthétiques des informations à court, moyen, long termes, ces traitements étant à la demande ou automatiques (exemples : analyse synthétique temps réel des signalements ; indication des matériels à haute probabilité de panne).

Grâce à ces fonctions, cette architecture est un système d'information temps réel au service des équipes d'intervention, de l'encadrement local, de l'encadrement supérieur.

Pavé « liaison et acquisition temps réel des informations et prédiagnostic de panne » : outil de 1^{er} niveau

(illustration n° 3)

Chaque train et chaque interstation-voie sont surveillés par un micro-ordinateur qui, au moyen d'un automate, analyse les informations d'entrée-sortie et internes des équipements et détermine les situations anormales, enregistre les paramètres fondamentaux lors de l'anomalie, effectue un prédiagnostic. Ces données sont stockées, datées, paramétrées, puis envoyées grâce à un réseau de dialogue au pavé précédent.



3. Acquisition des données temps réel : outil de 1^{er} niveau.

Pavé « outil de test de 2^e niveau »
(illustration n° 4)

Chaque sous-ensemble déposé est testé et dépanné sur un outil pré-programmé de génération de stimuli et d'analyse de réponse. Cet outil est réalisé avec le même matériel de base que le pavé précédent.

Pavé « outil de test de haut niveau » :
3^e niveau et homologation
(illustration n° 5)

Des testeurs fonctionnels de la société SFENA (Sésame 1 700) permettent en langage ATLAS d'effectuer l'ensemble des homologations de matériel nécessaire, ainsi que le dépannage de 3^e niveau.

Cet outil est intégré dans le processus d'acquisition de données général.

Remarques

A tout niveau, les opérations des interventions sont formalisées par des logigrammes de décision; chaque opération est le résultat d'une analyse systématique permettant de garantir une approche méthodique et uniforme et de limiter l'équation personnelle des agents au seul cas

d'analyse spécifique, assurant ainsi une homogénéité des matériels entretenus.

État d'avancement

Le centre responsable du groupement PA et un centre de maintenance gérant 4 lignes ont été équipés : soit 350 micro-ordinateurs (train + station), 35 000 acquisitions en suivi de processus temps réel, 2 sites informatiques (3 ordinateurs + périphériques associés, réseaux de dialogues), 8 systèmes de diagnostic de 2^e niveau, 3 testeurs fonctionnels.

Les problèmes en suspens

1^{er} problème : Comment introduire à la RATP un projet à incidence structurelle ?

Double situation de blocage :

— au niveau du personnel, ce qui empêche la participation effective de celui-ci au projet ;

— au niveau des structures : dans une entreprise où la maintenance est morcelée, éclatée, laminée, comment envisager des solutions générales à des problèmes communs ?

2^e problème : Comment optimiser un tel projet lorsque le « feed back » est biaisé et que le prototype devient le produit définitif ?

Ce projet est développé suivant une méthodologie originale qui suppose implicitement :

— que l'utilisateur ne sait pas définir ses besoins en dehors de sa problématique courante et ne peut se projeter dans l'avenir ;

— qu'un prototype développé en un temps très court (quelques mois) après une analyse superficielle mais la plus exhaustive possible est nécessaire pour placer l'utilisateur en état de rupture par rapport à son mode courant de pensée et lui permettre ainsi d'exprimer ses réels problèmes ;

— que le produit définitif est le résultat de cette double confrontation.

3^e problème : Comment modifier le mode de raisonnement d'un dépanneur et le faire passer du mode privilégié actuel : « analogique pragmatique », au mode privilégié futur : « algorithmique », que suppose ce projet ? ■

Bibliographie

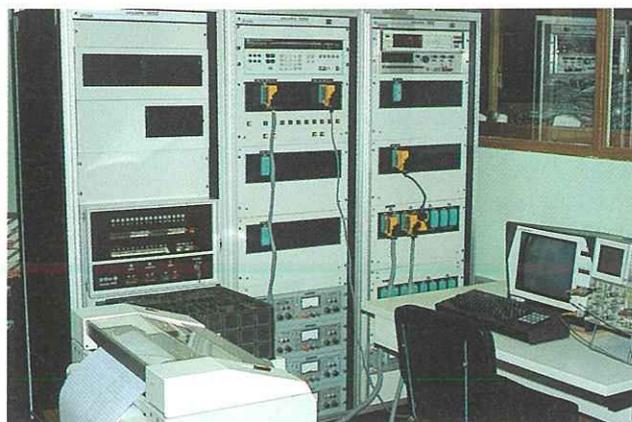
(1) « Étude de la disponibilité de la conduite en pilotage automatique » (Rapport RATP/DERA, janvier 1982 - réf. TC/PA 83574).

(2) « La fiabilité du pilotage automatique du métro de Paris », par Pierre Cailliez et Jean-Paul Richard, dans le présent numéro.

(3) « Le projet DAM (Dispositif d'Aide à la Maintenance) ». Actes du troisième Colloque international sur la fiabilité et maintenabilité (Toulouse, octobre 1982).



4. Outil de test de 2^e niveau.



5. Outil de test de 3^e niveau.

LES SYSTÈMES D'INFORMATION EMBARQUÉS (cas du réseau ferré)

par Alain Le Clech,
Inspecteur principal à la Direction du réseau ferré.



RATP - Carrier

Évolution des matériels roulants et de la maintenance; objectifs de la maintenance future

Évolution technologique des matériels roulants

Première génération : MP - MF 67 - MS 61

Ces matériels sont caractérisés par des systèmes de commande électromécaniques. L'électronique apparaît pour réaliser des fonctions simples (sonorisation, alimentations, régulation en freinage rhéostatique...).

Deuxième génération : JHR - MF 77 - MI 79

Cette génération, construite en alliage léger (pour MF 77 et MI 79), est par ailleurs caractérisée par l'utilisation massive des techniques électroniques en remplacement des systèmes électromécaniques classiques.

Cette nouvelle technologie a permis :

- une diminution de la consommation d'énergie (JHR - hacheur);
- l'élargissement des missions (matériel bitension MI 79 capable de rouler sur le réseau 25 000 volts SNCF);
- l'augmentation de la régularité, de la sécurité et du confort (inhibition du frein de secours, interphonie-voyageurs...).

Troisième génération : MI 84 - MF 77 2^e génération

Ces matériels, actuellement en cours d'étude, sont caractérisés par l'utilisation de commandes à microprocesseurs, en remplacement des systèmes de commande analogiques, et la simplification des circuits de puissance rendue possible grâce à l'évolution des composants.

Les commandes à microprocesseurs permettent des performances supérieures à coût égal, un encombrement moindre, des facilités de modification du logiciel et une meilleure intégration de la maintenance.

Évolution de la maintenance

Pour les matériels MP et MF 67, les équipements étant soumis à usure, l'entretien préventif représente 90 % de l'activité de maintenance. Il est réalisé dans les ateliers d'entretien et de révision. L'entre-

tien curatif s'effectue en ligne sur les fosses de visite.

Pour les matériels JHR - MF 77 - MI 79, on observe une augmentation de l'entretien curatif, en particulier pour les équipements électroniques.

Les activités de maintenance de 1^{er} niveau (illustration n° 1) s'intègrent parfaitement dans le cadre des structures existantes. L'entretien de 2^e et 3^e niveaux a nécessité la mise en place d'un atelier de maintenance des équipements et la conception d'outils de maintenance spécifiques.

Les matériels MI 84 et MF 77 de 2^e génération seront équipés à la construction pour recevoir les systèmes d'information embarqués.

Objectifs recherchés

La finalité de la maintenance étant d'assurer la qualité de service requise dans les meilleures condi-

Niveau de l'intervention	Lieu géographique	Nature de l'intervention	
1 ^{er} Niveau	<ul style="list-style-type: none"> • Visite • Atelier d'entretien 	<ul style="list-style-type: none"> • Échange d'un équipement 	→ Train disponible
2 ^e Niveau	<ul style="list-style-type: none"> • Atelier d'électronique (Réparation des équipements) 	<ul style="list-style-type: none"> • Échange d'une carte • Test d'un équipement 	→ Équipement disponible
3 ^e Niveau	<ul style="list-style-type: none"> • Atelier d'électronique (Réparation des cartes) 	<ul style="list-style-type: none"> • Échange d'un composant • Test de la carte 	→ Carte disponible

1. Organisation d'entretien (niveaux de maintenance).

tions économiques et sociales, toutes les actions conduiront à viser l'amélioration de la disponibilité opérationnelle des matériels et la réduction du nombre de trains de « réserve » nécessités par l'organisation de la maintenance.

Chaque action d'innovation sera accompagnée d'une étude relative aux conséquences sociales.

Ces objectifs, ainsi que la nature des avaries électroniques (30 à 50 % de signalements donnant lieu à un « rien constaté »), conduisent pour le matériel en étude à concevoir une maintenance 1^{er} échelon basée sur la surveillance permanente des circuits « TRAIN » afin d'enregistrer les défaillances au moment où elles se produisent. En effet, le conducteur n'est plus en mesure, du fait de la complexité des matériels, de diagnostiquer rapidement et d'aiguiller l'homme de maintenance.

Les systèmes d'information embarqués devront permettre :

- l'élaboration de diagnostics sûrs et précis;
- la diminution du nombre des signalements injustifiés et de pannes de récives;
- la diminution des temps de dépannage donc de l'immobilisation du matériel.

Par ailleurs, les actions envisagées permettront d'acquérir une expérience sur les systèmes d'acquisition de données et d'évaluer leur adaptabilité pour les matériels futurs (cette technique est actuellement en cours de généralisation dans le domaine aéronautique).

Les trois approches possibles

Trois types d'approches sont actuellement réalisées par le Service du matériel roulant du réseau ferré :

- surveillance par un processeur externe;
- auto-surveillance;
- auto-test.

Surveillance d'un système par un processeur externe :

Système Intégré d'Acquisition de Données ou « SIAD » pour motrices MI 84 (illustration n° 2)

Fonctions surveillées

L'ensemble du système traction-freinage du matériel MI 84 est placé

sous la surveillance d'un sous-système SIAD contenu dans un tiroir 6U-24 intégré à l'armoire électronique de la motrice.

Les fonctions surveillées sont les suivantes :

- les chaînes de relayage et les lignes de train;
- les fonctions périphériques (tiroirs alimentation, centrale tachygraphique, émetteur de consigne...);
- les deux tiroirs calculateurs de commande et de régulation hacheur (un par bogie);
- les deux circuits de puissance comprenant chacun 34 thyristors dans des « cuves fréon ».

Acquisition des données

Les paramètres nécessaires à la surveillance (environ 150) sont prélevés :

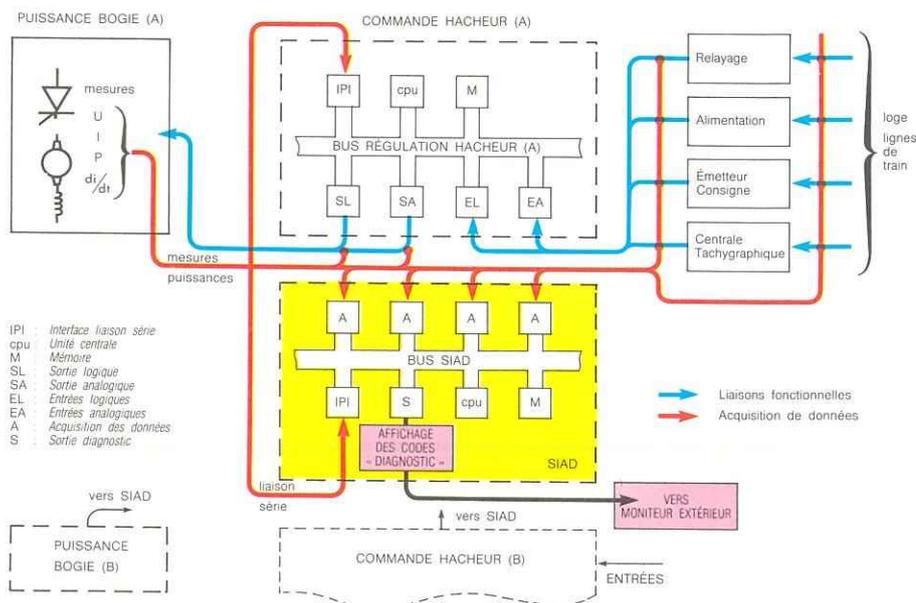
- en amont et en aval des différents blocs fonctionnels (centrale tachygraphique, émetteur de consigne, chaîne de relayage...);
- à la sortie ou à l'entrée des cartes « entrées-sorties » de la régulation hacheur;
- sur le « BUS » de la régulation hacheur par l'intermédiaire d'une « liaison série » destinée à transmettre les résultats de l'auto-test calculateur et les messages résultant d'un traitement réalisé par le perturbographe;
- sur les capteurs du circuit de puissance.

Des équations de défaut pré-établies déclenchent des traitements sur les précédents paramètres mémorisés afin d'aboutir à un diagnostic dont le contenu sera stocké en mémoire sauvegardée.

Les codes d'avaries et les enregistrements divers sont visualisés sur un afficheur ou restitués sur un moniteur extérieur (valise et imprimante raccordées au tiroir SIAD par une liaison série).

Traitements effectués

- Calculs lors des acquisitions.
- Auto-test par analyse de signature sur unité de traitement.
- Cohérence du « BUS » par perturbographe (détecteur d'anomalie).



IPI : Interface liaison série
 CPU : Unité centrale
 M : Mémoire
 SL : Sortie logique
 SA : Sortie analogique
 EL : Entrées logiques
 EA : Entrées analogiques
 A : Acquisition des données
 S : Sortie diagnostic

2. Surveillance d'un système par un processeur externe.

- Comparaison amont-aval des blocs fonctionnels.
- Contrôle des séquences de relayage.
- Analyse des signaux en provenance des capteurs du circuit de puissance (di/dt, du/dt...).
- Comparaison des paramètres de puissance entre bogies 1 et 2.

Profondeur de diagnostic

- Niveau tiroir pour les périphériques.
- Niveau carte ou groupe de cartes pour la commande hacheur.
- Chaîne fonctionnelle pour les relais.
- Pile de composants pour la puissance.

Auto-surveillance des systèmes :

Système intégré d'acquisition de données pour remorques MI 84 (illustration n° 3)

Principe

Ce dispositif est destiné à surveiller la commande centralisée remorque (pont et anti-enrayeur) et ses fonctions associées (relayage et circuits de puissance).

Il est intégré au tiroir de la commande centralisée, il en utilise le processeur et l'alimentation.

Cette architecture a été rendue possible parce que le microprocesseur disposait de l'ordre de 50 % de « temps libre ».

L'espace affecté au SIAD remorque étant limité, les performances obtenues seront nécessairement inférieures à celles d'un système équivalent indépendant (cas de la motrice). Les pannes des circuits de puissance, en particulier, ne seront pas différenciées les unes des autres : le diagnostic sera global au niveau du coffre.

Les paramètres d'entrée et de sortie du tiroir de commande sont surveillés en exploitation. Ils sont sauvegardés sélectivement sur tout défaut ayant provoqué l'inhibition du pont ou l'élimination de l'anti-enrayeur, ou en fonction d'autres critères programmés par l'utilisa-

teur. Ce dernier peut y avoir accès par l'intermédiaire d'une imprimante-clavier.

Diagnostic

Le SIAD fournit un diagnostic de panne, soit automatiquement en cas d'isolement du pont ou d'élimination de l'anti-enrayeur, soit à la demande de l'utilisateur.

Le diagnostic est établi par l'analyse, en fonctionnement ou en différé, des paramètres du tiroir de commande centralisée, et par l'auto-test du calculateur. Le déroulement de certains de ces traitements peut imposer que le train soit à l'arrêt.

Le diagnostic est affiché sous la forme d'un code numérique.

Auto-test des systèmes : MF 77 2^e génération

L'auto-test prévu sur le matériel MF 77 2^e génération concerne d'une part la logique de commande (auto-test proprement dit), d'autre part le circuit de puissance (essai à blanc par séquences).

Il est complété par un dispositif d'enregistrement de défauts.

Auto-test de la commande

Il est réalisé automatiquement à la mise sous tension et se déroule sans action humaine.

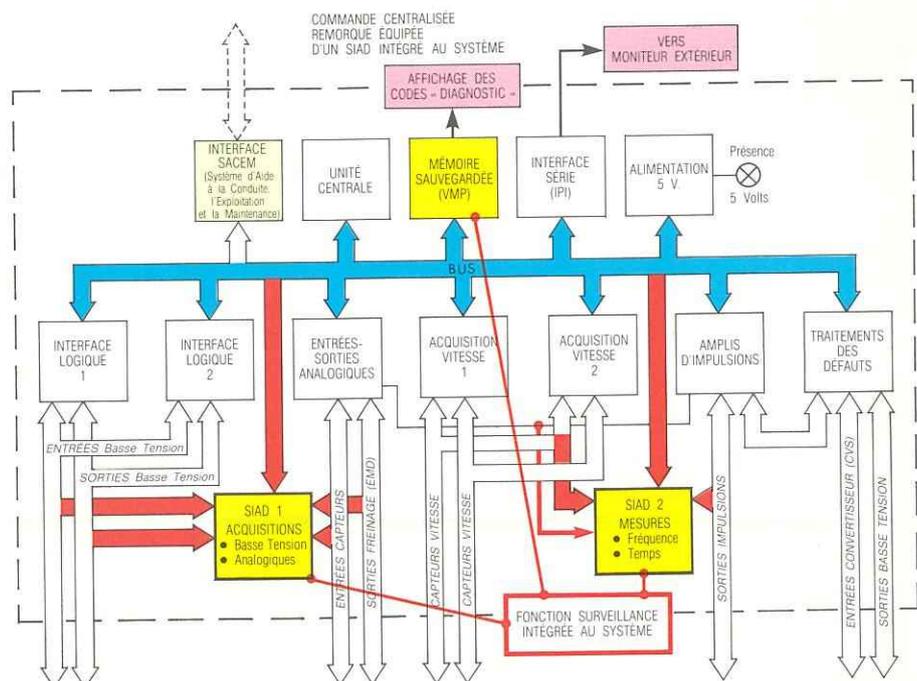
Les résultats sont stockés en mémoire sauvegardée par l'enregistreur de défauts et, par ailleurs, un voyant indique la carte en défaut.

L'auto-test utilise les principes généraux suivants :

- surveillance du chien de garde pendant l'essai;
- check-sum pour mémoires EPROM;
- lecture écriture pour mémoires RAM;
- comptage, décomptage pour horloge « TIMER »...;
- rebouclage des sorties sur des entrées (pour sorties logiques et analogiques);
- génération de signaux d'entrée (pour les entrées analogiques).

Essai à blanc du circuit de puissance

Ce test permet de contrôler la chronologie de bon fonctionnement des principaux composants du circuit de puissance à l'aide d'une décomposition des commandes réalisée par le microprocesseur.



3. Auto-surveillance des systèmes.

Enregistrement des défauts

Un logiciel interne à la logique de la motrice et exécuté par son microprocesseur permet la mise en mémoire sauvegardée de l'état de fonctionnement de la motrice dans les quelques instants qui précèdent et suivent l'incident, ainsi que l'heure à laquelle s'est produit celui-ci.

Au retour à l'atelier, le contenu de la mémoire sauvegardée est recueilli par un terminal extérieur dont le logiciel assure la traduction en clair de l'incident.

Les autres développements en cours

D'autres développements sont en cours d'expérimentation ou d'étude au Service du matériel roulant :

- dispositif de surveillance du pilote automatique MF 77 (prototype qualifié, série de 20 tiroirs en commande, livraison courant 1983);
- marché relatif à la « fourniture et installation d'un système de transmission et de traitement des informations à bord d'un train » (il s'agit de transmettre les informations utiles au conducteur sur un écran cathodique implanté sur table de conduite);
- étude d'enregistreurs numériques pouvant être utilisés en remplacement de la centrale tachygraphique à enregistrement papier.

Des projets modulaires et flexibles

Politique de développement par étapes

Chaque projet se décompose en plusieurs étapes distinctes bien identifiées.

Le passage à l'étape suivante s'effectue après évaluation de l'étape en cours et analyse de l'intérêt économique de l'étape supplémentaire.

Cette conception modulaire présente un grand intérêt pour les marchés de coopération technique car elle permet de présenter plusieurs variantes maintenance.

La première étape consiste à prévoir les emplacements et toutes les dispositions constructives (câblage, circuits, adaptations...) permettant de recevoir les systèmes d'information embarqués.

Cette étape nécessite la définition fonctionnelle et la prise en compte de l'aspect maintenance dès la conception du matériel roulant.

En première approche, le Service du matériel roulant pense commander une quantité de tiroirs de surveillance permettant d'équiper 20 % de trains, sachant que ces systèmes seront montés à la demande, par les équipes de maintenance, sur les trains provoquant le plus de signalements.

Extensions possibles

— Utilisation des systèmes d'information embarqués en liaison avec les simulateurs de maintenance (système de dialogue interactif). Cette procédure est en cours de mise en place pour le PA MF 77 et prévue pour le MI 84.

— Sur un train, interconnexion des systèmes d'information embarqués avec possibilité de dialogue en un seul point, la cabine de conduite par exemple.

— Raccordement, sur MI 84, des sous-systèmes SIAD et DAM ⁽¹⁾ du SACEM ⁽²⁾.

— Utilisation de l'émetteur hyperfréquence du DAM pour la transmission des messages au sol.

— Traitement sur ordinateur des données reçues, puis transmission automatique des messages aux équipes de maintenance.

— Équipement éventuel de 100 % des trains.

Et demain ?

Systèmes tolérants aux fautes; reconfiguration

Les systèmes vont certainement évoluer vers des architectures à caractère informatique.

Ces systèmes, pour assurer une bonne disponibilité, devront :

- être tolérants aux fautes;
- donc être reconfigurables (poursuite de la mission avec performances dégradées).

Calculateur intégré de maintenance

Les systèmes d'information embarqués ont une limite due à la capacité de traitement en temps réel.

Les systèmes futurs se verront certainement dotés de véritables calculateurs de maintenance capables d'assurer avec une bonne disponibilité la télésurveillance du système train, y compris les organes mécaniques (entretien prédictif). ■

(1) DAM : Dispositif d'Aide à la Maintenance, dans le cas où il serait généralisé à la série.

(2) SACEM : Système d'Aide à la Conduite, l'Exploitation et la Maintenance.



LES SYSTÈMES D'INFORMATION EMBARQUÉS (cas du réseau routier)

par Rémi Chatenet, Ingénieur chef de division à la Direction du réseau routier.

SI l'on prend système d'information au sens le plus large, on peut dire que la présence d'un agent d'exploitation à bord de chaque voiture en service est déjà tout un système d'information, dont la liaison avec la hiérarchie s'effectue de façon traditionnelle par écrit (feuilles de signalement, compte rendu...) et par oral auprès de la maîtrise d'exploitation ou d'entretien (y compris les liaisons radio et téléphoniques le cas échéant).

Mais il s'agit probablement, dans le cadre de ce Forum, plus particulièrement des systèmes automatiques d'information embarqués, et alors il faut distinguer : l'état actuel, les possibilités technologiques, le matériel futur, et les expériences ponctuelles en cours.

L'état actuel se caractérise par l'absence de système automatique, le fonctionnement de l'entretien du matériel passant par des méthodes classiques, signalements écrits ou verbaux des machinistes, visites périodiques, mesures d'opacité de fumées, etc. Il est peu probable que les autobus de la génération actuelle soient un jour munis de tels systèmes, sinon à titre expérimental, car la fabrication de l'autobus Renault SC 10 doit cesser en 1985. Il serait donc vain de faire des études et des mises au point coûteuses et longues sur ce modèle.

Il est à remarquer également que la conception du SC 10 remonte à une époque où les systèmes dont on parle aujourd'hui étaient pratiquement inexistantes.

Les possibilités technologiques récemment apparues sont très pro-

metteuses dans ce domaine. Le développement de l'électronique, spécialement d'applications embarquées, et tout particulièrement de systèmes logiques programmables, ouvre des horizons dont il n'était pas question de rêver lors de la conception du SC 10. Le développement de familles de capteurs adaptés et de leurs interfaces, encore plus récent, offre la possibilité de relier le système de façon sûre et précise aux grandeurs physiques à surveiller. Cependant, il s'agit de bien évaluer le coût des systèmes envisagés en regard des améliorations qu'ils apportent. A ce sujet, une petite étude destinée à situer les ordres de grandeur a montré que les flux d'informations que l'on peut estimer nécessaires pour les besoins de la maintenance sont très inférieurs à ceux qui sont prévisibles pour l'exploitation. Il en résulte qu'il semble tout à fait disproportionné de mettre en place un système spécifique à la maintenance, avec ses transmissions et son stockage d'informations en un point fixe, au dépôt. Les systèmes d'information embarqués pour la maintenance dépendront fortement de celui qui sera adopté pour l'exploitation dont il utilisera les voies de transmission et tirera l'essentiel de son potentiel de traitement. Dans ce contexte, il est nécessaire d'attendre une certaine stabilisation des principes d'organisation relatifs aux applications d'exploitation avant d'engager véritablement une action dans le cadre de l'entretien.

Le matériel futur du réseau routier est l'autobus Renault R 312 qui

a été étudié en fonction des besoins exprimés par l'ensemble de la profession « Transport » en France regroupée au sein de l'Union des Transports Publics (UTP). Des groupes de travail ont précisé les différents cahiers des charges de cet autobus. En particulier, en ce qui concerne les systèmes d'information, le constructeur a prévu, dès les études du matériel, des volumes, des passages de câbles, des positions de capteurs, et une disponibilité de puissance électrique pour faciliter l'implantation des dispositifs nécessaires. Parmi les diverses sociétés de transport qui achèteront l'autobus R 312, certaines ont d'ores et déjà fait savoir qu'elles demanderaient cet équipement. Renault sera donc conduit à proposer un système adapté à son matériel, ce qui rapprochera le niveau de coût de celui des fournitures automobiles, plutôt que de celui des matériels informatiques.

Les expériences en cours concernent principalement l'utilisation de l'électronique programmable à bord d'un autobus, pour la gestion du groupe motopropulseur par exemple.

Ce type d'application conduit à maîtriser le fonctionnement d'un microprocesseur sur autobus, lié à des capteurs qui le renseignent sur l'état de la mécanique ainsi pilotée. Il y a là des connaissances qui seront très utiles pour les futurs systèmes d'information embarqués. Une application expérimentale en cours de mise au point est très intéressante dans ce sens, car elle porte sur le tracé automatique du « serpent de

charge », comme le nomment les exploitants. Elle comporte la captation des flux de voyageurs aux arrêts, la pesée de l'autobus pour l'évaluation du nombre de voyageurs transportés, et la mémorisation de ces informations sur une carte mémoire. Cette dernière, secourue par une pile électrique, servira de véhicule de transmission des informations à un centre de dépouillement.

Ces expériences auront eu le temps de se développer et de porter leurs fruits lorsque le R 312 paraîtra en nombre significatif dans le parc du réseau routier.

En conclusion à ces considérations préliminaires à la mise en place de systèmes automatiques d'information embarqués, on peut dire que si actuellement il n'existe pratiquement rien au réseau routier, la venue du matériel futur Renault R 312 sera la base à partir de laquelle ces systèmes pourront se développer dans le respect d'un équilibre judicieux entre les moyens mis en œuvre et les résultats obtenus. ■

LE PROJET « MARS » : MOYENS D'AIDE À LA RÉOLUTION DES SIGNALEMENTS

par **Jean-Michel Lassalle**, Ingénieur Chef de division,
en collaboration avec
Michel Duchesne, Inspecteur principal,
à la Direction des services techniques.

Nouvelles méthodes de maintenance

Objectifs et axes de progrès d'une modernisation de la maintenance

Objectif n° 1 : améliorer la qualité de service des installations là où cela est jugé nécessaire par les exploitants et les voyageurs (intervention plus rapide en cas d'accident, par exemple).

Objectif n° 2 : améliorer les conditions de travail du personnel en modernisant les méthodes et les outils utilisés.

Objectif n° 3 : accroître la productivité des moyens de maintenance (procédures plus rapides pour les chantiers de nuit, conduisant à une plus grande amplitude des travaux, par exemple).

Objectif n° 4 : assouplir l'organisation de la maintenance pour mieux assimiler les évolutions techniques, sociales et économiques à venir.

La satisfaction de ces objectifs suppose un progrès selon trois axes :



1. Poste de travail du CTRS
avec réservation pour l'écran de composition des dépêches
(partie en bas à droite devant l'opérateur).

RATP - Ardalion

— progrès des méthodes de maintenance;
— progrès technique, matérialisé par :

- la transmission par écrit des dépêches,
- la télégestion des alarmes techniques,
- le réseau radio;

— progrès social qui doit accompagner la mise en œuvre des nouvelles méthodes et des nouveaux moyens.

Nécessité d'une modernisation de la maintenance

Ce projet est l'aboutissement d'études centrées sur l'amélioration du circuit des dépêches (*), et commencées en 1979. Sa réalisation devient urgente aujourd'hui compte tenu de l'augmentation du nombre et de la complexité des installations gérées par les services techniques selon des modalités de plus en plus mal adaptées.

Ce projet peut être réalisé aujourd'hui compte tenu de la conjonction :

- des progrès techniques dans les domaines de la composition de messages, des transmissions, des terminaux informatiques, des liaisons radio;
- des progrès des méthodes de fiabilité, maintenabilité, disponibilité, sécurité;
- des progrès dans le domaine des banques de données et des statistiques.

Il donnera lieu à une démarche pragmatique et pluridisciplinaire et sa mise en œuvre sera modulée au rythme des possibilités de formation et d'assimilation du personnel.

La réalisation projetée aura des retombées pour la coopération technique, comme expression concrète, dans le domaine de la maintenance, de l'alliance de techniques modernes, méthodes nouvelles et expérience qui fait la force de l'ingénierie RATP-SOFRETU.

Domaine couvert par la modernisation de la maintenance

Le projet concerne essentiellement les installations fixes. Il est compatible avec d'autres systèmes existants ou en projet (PCS, alarmes d'exploitation, dispositifs d'aide à la maintenance, développés pour le pilotage automatique ou pour les besoins du Service FR).

Méthodes modernes de maintenance

Le développement de la maintenance préventive répond aux deux soucis complémentaires d'améliorer le service rendu en intervenant avant la défaillance et d'améliorer l'organisation de la maintenance : en effet, la maintenance préventive donne une certaine souplesse sur l'instant de l'intervention, permettant de faire entrer dans la décision d'intervention réelle d'autres facteurs tels que les disponibilités en hommes et matériels, afin d'optimiser les ressources. La maintenance préventive nécessite une large prise d'information sur les installations, retransmise dans les attachements, qui sera réalisée par la télégestion des alarmes techniques (cf. chapitre suivant).

Cependant, pour certaines installations, la maintenance curative reste la seule possibilité. L'organisation des interventions pourra être améliorée de la façon suivante : à partir d'une saisie précise et rapide des défaillances, des généralistes interviennent pour une rapide remise en état acceptable temporairement, puis des intervenants spécialisés avec le matériel adéquat remettent en état définitivement. Dans le cas où cette dernière remise en état s'est faite par échange standard de sous-ensembles, un centre spécialisé répare ce sous-ensemble. Pour les installations dont le mode de fonctionnement est tributaire d'un environnement complexe et changeant (installations « courants faibles »), l'organisation prévoit des

spécialistes pour diagnostic et intervention rapide locale et des centres spécialisés pour réparation.

Pour certains équipements critiques pour les utilisateurs et en outre sensibles aux réparations (en ce sens qu'un remplacement d'un composant par un autre composant nominalelement identique mais différent du fait des tolérances de fabrication et de contrôle peut changer les réglages et par là même altérer le fonctionnement de l'équipement), la réparation consistant à remplacer le composant, doit être complétée par une vérification de bon fonctionnement. Cette nouvelle procédure de contrôle après réparation est d'ailleurs en usage au Service TC, dans la discipline « pilotage automatique ».

La maintenance d'un équipement est tributaire de sa conception initiale; pour que la réalisation soit globalement économique, il convient de prendre en compte les contraintes de la maintenance dès la conception. C'est ainsi qu'une conception redondante des systèmes, coûteuse à l'investissement, peut être économiquement intéressante si elle permet des gains notables en dépenses d'exploitation et de maintenance (exemples : réseau d'alimentation en énergie; télétransmission des commandes centralisées du RER, ligne B).

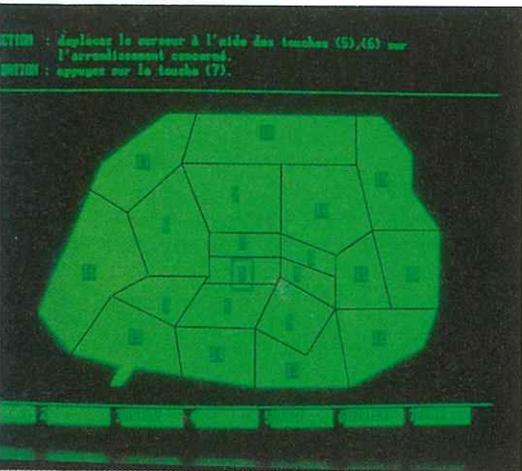
Quel que soit le type de maintenance, des équipes d'intervention sont nécessaires, regroupées par spécialité et gérées par des attachements. Le projet présenté ici vise pour l'essentiel à rendre plus efficaces ces interventions.

Les moyens techniques prévus

Réseau de transmission écrite des dépêches

La permanence des services techniques aura à sa disposition un terminal graphique conversationnel (illustration n° 1) permettant de composer sous forme de message écrit les dépêches reçues téléphoniquement.

(*) *Dépêches = signalements d'anomalies de fonctionnement des installations techniques.*



RATP - Ardillon

2. Représentation de l'écran lors d'une phase de dialogue de composition d'une dépêche (plan de Paris).

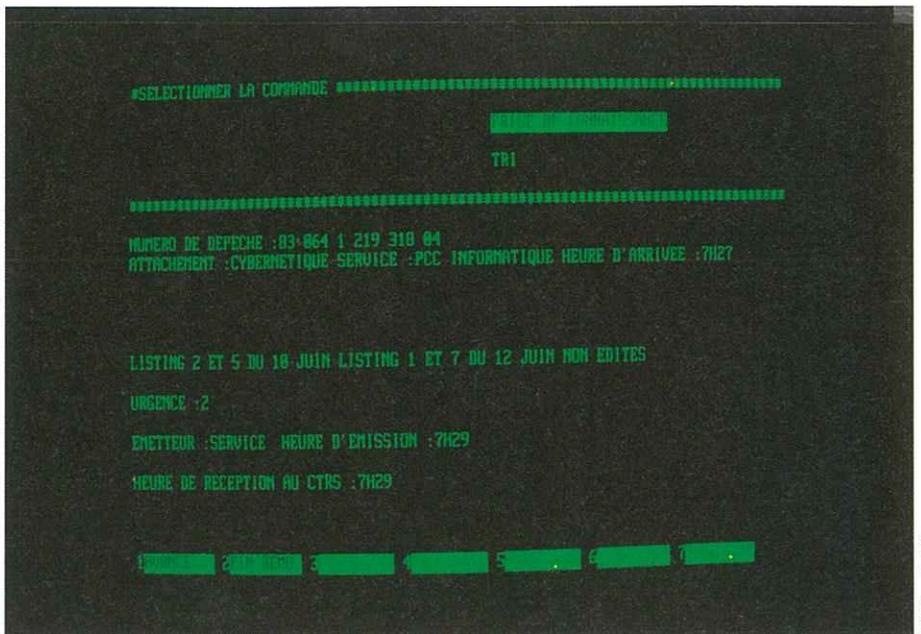
quement et de les aiguiller sur l'attachement des services techniques concerné parmi les 80 existants; la composition du message se fera en même temps que la réception téléphonique de la dépêche (illustration n° 2), et le système informatique détectera aussitôt les incohérences ou les lacunes, offrant à l'agent de la permanence la possibilité de questionner l'émetteur pour préciser le libellé de sa dépêche. Les attachements recevront, par imprimante ou écran, des messages écrits (illustration n° 3), donc mémorisables et facilitant la clarté et la précision (nécessaire pour les cas d'attachements momentanés).

ment dégarnis). En retour, la permanence recevra une information indiquant que l'attachement a pris connaissance du message (illustration n° 4), et une information de remise en état de l'installation (nécessaire fait). La permanence, mieux informée de l'état des installations, sera donc plus utile pour les opérationnels.

La plupart des dépêches traitées par la permanence le seront de la

manière indiquée; d'autres dépêches floues et subjectives seront transmises par voie orale pour trois raisons :

- ne pas compliquer outre mesure le système informatique, en reconnaissant que certaines dépêches sont de nature incompatible avec la rigueur impersonnelle de l'informatique;
- conserver les contacts directs entre les agents de la permanence et



RATP - Ardillon

4. Représentation de l'écran après arrivée d'une dépêche dans l'attachement concerné (message « PRISE DE CONNAISSANCE » en haut à droite).



3. Message de dépêche transcrit sur imprimante à l'attachement après dialogue avec la permanence pour utilisation par l'équipe d'entretien.

ceux des attachements des services techniques ;

— maintenir l'habitude d'utilisation du téléphone, qui constituera la solution de remplacement en cas de panne de système informatique.

Le système des dépêches sera cependant toujours tributaire de la source humaine d'information (agent de station, conducteur, etc.). C'est pourquoi il est intéressant de développer, lorsque c'est possible, une transmission d'information directe des installations vers les attachements, lesquelles peuvent être traitées automatiquement pour faciliter la gestion et le travail des équipes, justifiant ainsi l'appellation « télégestion des alarmes techniques ».

Extension de la télégestion des alarmes techniques

La télésupervision, déjà réalisée, des installations d'alimentation en énergie électrique moyenne tension de la RATP, s'avère un outil indispensable pour la connaissance immédiate et sans intermédiaire des défaillances techniques. Son extension à l'ensemble des installations critiques des services techniques (escaliers mécaniques, ascenseurs, TRAX, ventilateurs, appareils de climatisation, alimentation des postes de manœuvre, postes d'épuisement, cordons chauffants, etc.) permettra des gains appréciables de qualité de service et une diminution de la sollicitation des équipes d'intervention.

Exemple d'application

Actuellement, une panne technique d'escalier mécanique se traduit par l'allumage d'un voyant spécialisé sur le bandeau du bureau de station. Après détection de l'allumage, l'agent profite d'un temps mort laissé par la vente des billets et l'information des voyageurs pour téléphoner à la permanence du Service de l'exploitation (FE) qui répercute sur la permanence des services techniques, laquelle avise l'attachement.

Des comptages locaux par échantillonnage ont montré que le temps moyen global de transmission était de 2 heures environ.

La télégestion de l'alarme technique permettra une transmission quasi-instantanée, et plus fiable car sans intermédiaire.

Les types d'alarmes

La télégestion transmettra au Centre de traitement et de résolution des signalements (CTRS) les défaillances affectant les appareils dans leur fonctionnement (dans le cadre de la maintenance curative). De plus, pour toutes les installations redondantes ou tolérantes aux premières défaillances sans dégradation de la qualité de service, la télégestion transmettra sans intermédiaire aux services techniques les défaillances internes, nécessitant de prévoir à terme plus ou moins rapproché une intervention, sans répercussion sur l'utilisateur (dans le cadre de la maintenance préventive).

Toutes ces alarmes seront mémorisées en banques de données qui permettront d'orienter l'organisation de la maintenance.

Le premier type d'alarmes se substituera partiellement aux dépêches actuelles, sans affecter la majorité des dépêches dont la saisie doit être manuelle (éclairage, carrelage défectueux, etc.).

Réseau radio pour les équipes de maintenance

Munie d'un portatif (illustration n° 5), chaque équipe pourra être en relation avec la permanence, soit pour indiquer des difficultés graves sur le terrain, soit, en sens inverse, pour être immédiatement renseignée sur les incidents qui méritent un détournement du travail prévu. La gestion des incidents s'en trouvera nettement améliorée, réduisant ainsi les délais d'intervention et de traitement. En outre, les agents isolés pourront établir un contact rapide avec la permanence en cas de besoin.



RATP - Ardillon

5. Maquette du portatif radio des équipes techniques.

Nota : Prospective sur d'autres techniques possibles.

Le projet reste ouvert à de nouvelles techniques; par exemple un système de messagerie vocale permettrait à des équipes sur le terrain de consulter, à partir d'un appareil téléphonique, la liste des dépêches les concernant, données oralement par un synthétiseur de parole alimenté par l'ordinateur centralisant les dépêches à la permanence dans le cadre du réseau de transmission écrite des dépêches; ultérieurement, cette consultation pourrait se faire depuis le portatif radio.

Organisation interne du projet

Le Service des études (TT) sera promoteur et coordonnera l'activité des Services réalisateurs (ST et TC).

Voies d'approche

Une fois acquise la certitude de l'apport du progrès technique à l'amélioration des activités de maintenance, et après avoir défini un cadre cohérent, il y a lieu maintenant de tenir compte des attentes et des besoins des agents de maintenance pour faire entrer le projet dans la réalité.

L'approche expérimentale

La démarche proposée repose sur une large concertation du personnel, qui aura de réels choix à effectuer à partir d'une information complète à la fois théorique et pratique. Les supports d'information pratique seront des maquettes et des prototypes.

Les maquettes permettront de concrétiser pour le personnel les différentes options fonctionnelles offertes par le projet, afin, dans un premier temps, de tenir compte des observations faites par le personnel dans l'établissement des spécifications fonctionnelles, et, dans un deuxième temps, de former le personnel au système retenu et appliqué.

Le prototype de transmission écrite des dépêches reliera la permanence des services techniques à 17 terminaux répartis dans un échantillonnage représentatif d'attachements (TV métro et RER, TE St-Albin).

Le prototype d'alarmes techniques regroupera d'une part les alarmes de deux bâtiments du réseau routier et d'un bâtiment administratif, rapatriées par le réseau téléphonique, et d'autre part les alarmes des installations et équipements d'une ligne de métro (ligne 8) et du RER (ligne B), rapatriées par le canal du système existant de télésupervision des postes éclairage-force, et diverses alarmes déjà rapatriées de façon provisoire.

Le prototype du réseau radio couvrira les tunnels, stations, lo-

caux techniques dans la zone de République; il permettra en outre d'évaluer des variantes techniques.

La conception de ce prototype tient compte, en plus des besoins des services techniques, du souci de compatibilité avec les réalisations existantes (radio police) ou projetées (liaisons conducteur-poste de commande centralisé, liaisons stations), dans l'hypothèse où la Direction des télécommunications nous allouera les fréquences nécessaires.

L'approche sociale

Le progrès social dans le cadre de l'introduction des systèmes d'aide à la maintenance

L'introduction des systèmes d'aide à la maintenance sera l'occasion d'adapter l'organisation du travail.

Les progrès pourront être accomplis, à titre d'exemples, dans les domaines suivants :

- formation du personnel concerné à l'emploi des techniques modernes;
- diminution des interventions en horaires décalés;
- meilleure répartition de la charge de travail;
- revalorisation du travail grâce à des interventions plus opportunes et meilleure implication des agents dans leur travail;
- moindre isolement dans le travail.

Ces progrès seront rendus possibles par les gains apportés au niveau de la qualité de service dans les secteurs où cela est justifié, et au niveau des effectifs nécessaires à l'accomplissement des activités de maintenance concernées.

Information - Concertation

On peut distinguer quatre phases :

— Information

Le personnel concerné sera informé par groupes d'une dizaine de personnes; en retour il fera part de ses premières réactions, lesquelles seront prises en compte pour la réalisation des phases ultérieures.

— Concertation

Vers le milieu de 1984, le projet sera défini avec plus de précision et une concertation aura lieu au niveau de la Direction.

— Souplesse - Adaptation

Le projet sera précisé et adapté dans chaque attachement dans le cadre d'une concertation avec tous les intéressés pour tenir compte de la diversité des activités.

— Formation

La formation nécessitée par le projet sera prise en compte dans les formations des services. ■

TABLE RONDE

Cette table ronde était présidée par Louis Guieysse, Directeur général adjoint, avec la participation de Marie-Claude Bériot-Dassonville, Chef du Service formation et développement, Paul-André Bolgert, Chef du Service du matériel roulant du réseau ferré, Georges Canal, Chef du Service du matériel roulant du réseau routier, Edith Heurgon, Chargée de mission au SCRIB, Jean-Yves Lucas, Chef du Service des installations fixes électroniques et cybernétiques, Roger Pertuiset, Conseiller scientifique, Daniel Sutton, Directeur des systèmes d'information et de l'organisation, et la participation des intervenants de la journée. La table ronde a été précédée d'un court exposé des organisateurs rappelant les thèmes centraux qui s'étaient dégagés des interventions de la journée : fiabilité des informations, implications humaines, collecte des données, systèmes d'information, aspects économiques.

Edith Heurgon : Je vous propose donc d'organiser la discussion autour de trois grands domaines :

- 1° Les SIAM : quelles utilisations, quelles données, quels outils, quels types d'informatique ?
- 2° La mise en œuvre des SIAM et les acteurs de l'organisation ;
- 3° Et plus généralement, la place de la maintenance dans l'entreprise, les politiques de maintenance induites par les SIAM et les coûts des systèmes.

André Tillier : Avant de traiter des aspects techniques, je vais aborder des questions à caractère plutôt politique. Elles me semblent devoir être posées d'emblée. Et je vais le faire de façon peut-être un peu agressive, pour provoquer une certaine confrontation d'idées.

Premier point : depuis ce matin, on parle de SIAM, c'est-à-dire de « Systèmes d'Information d'Aide à la Maintenance ». Je suppose que c'est la langue française qui veut que l'on place les mots dans cet ordre. Mais en tant que responsable de maintenance, j'aurais préféré que l'on appelle ces systèmes des MAIS, car il me semble que le mot le plus important c'est d'abord « maintenance », ensuite « aide », puis « information » et, enfin, seulement « systèmes ». Sans y attacher une trop grande importance, je me demande si cette inversion n'est pas révélatrice de la façon d'appréhender les problèmes à la RATP...

Deuxième point : tous ceux qui ont parlé de SIAM ont dit : on a choisi l'informatique. L'informatique, intuitivement, c'est en effet une façon de traiter l'information. Mais ce n'est pas la seule. La question que je pose est alors la suivante : quel est le plus important, la réflexion sur la maintenance ou la réflexion sur l'informatisation ? On peut aussi se demander, me semble-t-il, si l'informatisation est une façon d'améliorer la maintenance ou si c'est, plutôt, le résultat de la réflexion sur l'amélioration de la maintenance ? Dans un

contexte où l'on a du mal à faire changer les idées ou les habitudes, informatiser un système peut créer le déclic qui permet de faire évoluer les esprits. Je pense que c'est une question qui vaudrait la peine d'être débattue.

Philippe de Kersauson : Je voudrais apporter une réponse à l'une des questions d'André Tillier. L'important, me semble-t-il, c'est la réflexion sur la maintenance. Mais ce qui, à mon avis, caractérise les SIAM par rapport à des systèmes d'information plus classiques, l'informatique de gestion par exemple, c'est le fait qu'ils ne sont pas neutres vis-à-vis du milieu auquel ils s'appliquent. Et cela, au moins de deux manières : premièrement, un SIAM, ce n'est pas seulement une aide à la gestion quotidienne, c'est aussi un outil qui oblige à réfléchir et qui, éventuellement, fait évoluer la manière de concevoir la maintenance. A ce titre d'ailleurs, j'ai été un peu surpris qu'on ne fasse qu'évoquer de manière rapide la télégestion du PCR, ce SIAM très ancien, dont le réseau routier n'a pas à rougir, et qui, déjà, allait bien au-delà de l'aide à la gestion quotidienne des tâches de maintenance.

La seconde manière qu'ont les SIAM d'interagir sur le milieu auquel ils s'appliquent se situe au niveau du comportement même des hommes chargés de la maintenance, dans la façon dont ils vont appréhender les actes de maintenance. J.-P. Richard a beaucoup insisté sur ce point quand il nous a expliqué que l'acte de réparation consistait aujourd'hui à réagir par analogie, un peu à la manière des météorologistes, alors qu'au contraire de plus en plus on allait demander aux gens chargés de la maintenance d'appliquer des raisonnements logiques et déductifs. En conclusion, il me semble que ce qui caractérise les SIAM, c'est leur forte interaction avec le milieu auquel ils s'appliquent.

Roger Pertuiset : Juste une première réflexion à ce stade de la discussion. J'ai l'impression que les SIAM sont encore trop souvent

TABLE RONDE

conçus comme superposés à des systèmes existants et la question que je me pose alors est celle-ci : ne faut-il pas faire un effort pour se poser les problèmes de maintenance au moment de la conception des systèmes ? Car la justification économique des SIAM, on l'a rappelé tout à l'heure, s'établit par rapport à une certaine situation ; il s'agit alors d'une rentabilité marginale en quelque sorte et si la situation précédente est mauvaise, il est facile de justifier un système d'information dont les coûts d'exploitation sont moins élevés. En fait, c'est dès la conception des systèmes que le problème de la maintenance doit être posé en termes de qualité de service, de disponibilité, etc. ; la politique de maintenance est bien un des paramètres qui permet d'atteindre un objectif au moment de la conception du système.

Georges Canal : On m'a invité à cette table ronde bien que je ne sois pas spécifiquement un homme de maintenance ; je suis plutôt versé dans les questions de conception, d'essais et de réception. M. Pertuiset a dit que c'est dès la conception d'un nouveau matériel que le problème de la maintenance doit être posé, si l'on veut réduire les coûts. Et je voudrais dire que tel fut le cas pour l'autobus futur R 312 de RVI : dans les groupes de travail qui ont conçu cet autobus, la maintenance a été tout de suite intégrée à la réflexion. Bien sûr, l'autobus n'a pas encore beaucoup d'électronique et les problèmes de maintenance sont sans doute un peu moins complexes pour les organes mécaniques. Toutefois, dans l'avenir, et déjà avec l'autobus futur R 312, figureront bon nombre de composants électroniques, notamment dans les systèmes d'information des voyageurs, les dispositifs de ventilation et de chauffage gérés par microprocesseurs, etc.

Par ailleurs, certains ont regretté que le réseau routier ne fasse pas, au Forum, d'exposé sur la télégestion du PCR, application qui date d'une dizaine d'années. Peut-être, au réseau routier, considère-t-on que c'est du passé ? On peut alors

se poser la question de savoir pourquoi on n'a pas progressé dans cette télégestion, car certaines extensions auraient pu intervenir, sur la fiabilité par exemple. On peut aussi se demander pourquoi le réseau routier, en pointe à une époque sur ces questions de SIAM, est resté depuis quelque peu stationnaire...

Paul-André Bolgert : J'insisterai en ce qui me concerne sur quelques idées. D'abord, un SIAM ne devrait exister que parce qu'il est rendu nécessaire à un moment donné par une certaine organisation de la maintenance. Et une organisation, c'est quelque chose qui vit, qui évolue, en fonction d'un certain nombre de paramètres. Ces paramètres, vous venez d'en citer quelques-uns, il y en a sans doute d'autres : il y a bien sûr la définition technique des matériels qui sont l'objet de la maintenance (par exemple, la transformation des systèmes électromécaniques en systèmes électroniques) ; il y a aussi le volume de ces systèmes, le facteur d'échelle qu'on a évoqué tout à l'heure, par exemple entre le réseau de Paris et celui de Marseille, et qui retentit sur les formes d'organisation nécessaires. Il y a encore les objectifs de qualité de service et de coût qu'on assigne au système et qui peuvent influencer aussi sur l'organisation, et enfin, il y a tout l'aspect social et humain.

En premier lieu, pour prendre l'exemple du réseau ferré, on peut dire qu'il y a eu ces dernières années d'abord une évolution technologique (les exposés de ce matin l'ont largement illustrée) ; il y a eu aussi accroissement considérable du volume des activités, en particulier dans le domaine de l'électronique : traiter des centaines de milliers de cartes électroniques, comportant chacune plusieurs dizaines de composants avec divers modes de défaillance possibles, nécessite d'autres outils statistiques que le suivi des pièces mécaniques simples présentant chacune un seul mode de défaillance. D'où l'organisation en trois niveaux rappelée tout à l'heure avec une certaine spécialisation des postes pour les réparations, mais

aussi une grande difficulté pour la mise en évidence de l'analyse des défaillances.

Quant à l'objectif de qualité de service et de coût, il est très important : on a un peu tourné tout à l'heure autour du terme de « productivité » sans le prononcer ; je pense qu'il ne faut pas avoir peur de dire que l'organisation doit être productive. Et, s'il est plus facile d'améliorer la productivité en période d'activité croissante, il est non moins souhaitable, lorsque l'activité est stable, de faire un effort d'organisation pour améliorer la productivité, c'est-à-dire diminuer les coûts. Et, cela bien sûr, à qualité de service donnée, c'est-à-dire en l'occurrence, pour la plupart d'entre nous, à disponibilité des matériels donnée.

En ce qui concerne les aspects sociaux qui influent sur les systèmes de maintenance, ils recouvrent énormément de choses. On a parlé de l'organisation des postes de travail, c'est effectivement un problème important mais, au-delà, il y a la mise en place d'un travail d'équipe pour lequel il y a donc nécessité d'établir des relations entre les différents postes et là, sans doute, le système d'information peut largement y contribuer. C'est pour cela qu'à mon sens, le débat sur « centralisation/décentralisation » ne doit pas se situer au niveau de l'outil, mais au plan de l'organisation. L'organisation est-elle centralisée ou décentralisée ? Quelles sont les latitudes d'action que l'on donne aux différents responsables qu'ils soient cadres, maîtrises ou agents d'exécution ? Et, en fonction des réponses à ces questions, il faut concevoir l'outil qui sera lui-même, suivant les technologies, mais d'abord les buts qu'on lui assigne, plus ou moins décentralisé.

Je vous livre ces quelques réflexions en insistant sur le point suivant : il est dangereux de vouloir réaliser un système d'information s'il n'y a pas à la base un projet d'organisation qui remette en cause, le cas échéant, l'organisation existante.

Marie-Claude Bériot-Dassonville : Je voudrais intervenir sur la question des données qui, bien que précises, sont parfois difficiles à appréhender et à manipuler, pour dire de ne pas encore se limiter au numérique. J'en réfère à cet égard à mon expérience d'exploitant et, incidemment, je remarque que dans cette salle ils sont peu nombreux. N'est-ce pas là, déjà, un premier sujet de réflexion ? A propos des données donc, il me paraît important de prendre en compte le point suivant : ce que j'appelle « la reconfiguration en système dégradé » ; et je m'interroge sur la nécessité de supprimer toutes les données de forme analogique, qui sont plus rapidement traitables, et plus directement compréhensibles, du moins par les exploitants. Vous avez tous à l'esprit l'exemple de l'heure repérée sur l'horloge classique sans qu'on ait besoin de la lire et sur les montres d'aujourd'hui présentant des chiffres exigeant une réinterprétation...

Louis Guieysse : Il n'est pas évident, en effet, que le numérique ait toujours l'avantage sur l'analogique...

Marie-Claude Bériot-Dassonville : Je dis seulement qu'à propos des données numériques, il ne faut pas oublier cet aspect des choses. Peut-être, d'ici quelques dizaines d'années, les gens auront-ils pris l'habitude de traiter du numérique, mais aujourd'hui, l'analogique donne une information de synthèse et une capacité plus grande d'apprendre rapidement un grand nombre de données. C'est pourquoi je propose que ceux qui s'occupent de ces systèmes pensent à ce phénomène qui m'est sensible pour avoir vécu le passage de l'apprentissage de la conduite entre le matériel SPRAGUE (traitement analogique des informations) et le matériel moderne (mode numérique).

Daniel Sutton : A part quelques-uns d'entre nous, dont on pourrait dire qu'ils sont binaires parce qu'ils raisonnent par tout ou rien, il semble que l'homme réagit moins

de façon numérique que de manière analogique. Alors, il ne faut pas inverser les termes, et si le numérique a été introduit pour des raisons techniques, parce qu'il est plus facile à traiter et à transmettre, ce n'est pas une raison pour n'utiliser que des données sous forme numérique. On numérise aujourd'hui la parole mais ce que l'on écoute, ce n'est pas du numérique, c'est quelque chose que l'oreille perçoit comme de l'analogique. Je rejoins donc ce que vous disiez : dans la présentation des données, il faut d'abord songer à l'homme, à la façon dont il veut percevoir l'information, bien souvent à base de représentations graphiques et non seulement aux arguments techniques.

Edith Heurgon : Je profite de ce débat pour marquer un léger désaccord sur un point de l'exposé de J.-P. Richard, repris tout à l'heure par Ph. de Kersauson : selon J.-P. Richard, pour être plus à même de maîtriser la révolution électronique et la complexité croissante des systèmes auxquels elle conduit, il faudrait que les hommes chargés de la maintenance changent leurs façons de penser, passant d'un raisonnement procédant de manière analogique et se référant pour agir à des situations déjà rencontrées, à un raisonnement plus déductif et algorithmique. Dans la mesure où cette proposition est prise dans un sens exclusif, je vois là un réel danger : l'intelligence n'est pas seulement déduction mais aptitude à mettre en relations et, aussi, vigilance et ruse...

Jean-Yves Lucas : Je me demande si l'on n'est pas encore en train d'inverser l'importance des problèmes. Pour les moyens à mettre en œuvre, c'est très bien de savoir si l'on fait de l'analogique ou du numérique, mais je crois que cela doit passer au second plan. L'essentiel pour que les Systèmes d'Information d'Aide à la Maintenance soient utilisés et acceptés par le personnel, c'est qu'ils répondent effectivement à des besoins. Tout repose là-dessus, et ces besoins sont

assez difficiles à définir et, de surcroît, ils sont variables suivant les systèmes.

Quels sont réellement ces besoins ? A partir de l'enquête qui a été faite, il y a un certain nombre de critères que l'on peut retenir. Premièrement, le besoin d'un indicateur de qualité de service ; effectivement, c'est un besoin, mais pris tout seul, il ne me semble pas justifier la mise en place d'un SIAM. La Direction générale est peut-être intéressée par de tels indicateurs, mais à mon avis, ils ne justifient pas de dépenses très importantes, d'autant que ces indicateurs concernent en général des équipements assez importants et qu'alors le SIAM correspondant coûte cher.

On a parlé aussi du besoin de diagnostic précoce : mais pris tout seul, le diagnostic précoce n'est pas un objectif en soi. C'est bien d'être averti rapidement de la défaillance d'un équipement, mais certaines dispositions peuvent être prises sans installer un SIAM. Le diagnostic précoce peut être la conséquence de la mise en arrêt de l'équipement, mais ce peut être aussi la reconfiguration d'un système, reconfiguration automatique, c'est-à-dire l'adoption d'un mode de marche dégradée ; tout cela ne nécessite pas de SIAM...

On a parlé encore de statistiques, de fiabilité ; c'est pareil, pris individuellement, ce ne sont pas des besoins ; à la limite, on n'a pas besoin d'un SIAM pour faire des statistiques, surtout du point de vue de l'opérationnel, ni pour savoir quelles sont les mesures correctives à prendre sur des équipements.

André Tillier : J'observe cependant que le système de statistiques dont nous disposons comporte bien des failles et l'on peut dire que les méthodes de prise de données sont dans l'ensemble insuffisantes. Cela ne justifie peut-être pas l'importance des dépenses de certains SIAM, mais c'est tout de même une des justifications importantes.

TABLE RONDE

Jean-Yves Lucas : Le but des statistiques, c'est d'apporter des mesures correctives. Dans la plupart des équipements, on connaît en général les parties faibles et l'on est capable de déterminer les mesures correctives.

En conclusion de mon intervention, je dirais que chacun de ces paramètres pris individuellement ne justifie pas l'installation de Systèmes d'Information d'Aide à la Maintenance, mais que c'est l'ensemble de ces paramètres qui justifie la mise en œuvre de SIAM.

Louis Guieysse : Je voudrais d'abord remercier André Tillier d'avoir posé au début de bonnes questions : elles ont permis de lancer la discussion et j'aimerais revenir sur certains aspects de ses propos.

Premièrement, chaque fois que l'on crée un système d'information, il convient d'y associer une reprise de l'organisation, cela a été dit par plusieurs personnes et nous en sommes tous conscients. André Tillier a mentionné certains cas où l'on s'est servi de l'informatisation pour faire évoluer l'organisation : effectivement, cela a eu lieu quelquefois dans le passé et a connu des succès divers ; il me semble que le point important à cet égard est le niveau de culture de l'entreprise : autrefois, alors que cette culture des systèmes n'était pas très répandue, on pouvait se servir de l'informatique comme levier pour faire bouger certains immobilismes. D'après ce que l'on a entendu aujourd'hui, ce stade me paraît être dépassé ; au contraire, les propositions viennent des gens sur le terrain, qui voient des possibilités de modification de l'organisation et qui sont capables de proposer la conception de certains systèmes d'information.

En tout cas, je note un progrès dans ce sens.

Cette constatation conduit à une modification des rapports entre l'expert en informatique et l'utilisateur, en l'occurrence, s'agissant d'un SIAM, celui qui a en charge l'outil de maintenance. Je crois qu'il y a eu ce matin quelques échanges de vue sur ce point. C'est un sujet

qui me paraît de la première importance : il faut que les informaticiens, que les spécialistes en traitement de l'information se situent bien aujourd'hui dans ce contexte. Ils ont un rôle très important à jouer, mais ce n'est plus forcément le même que celui qu'on leur a assigné, il y a dix ou quinze ans, alors qu'ils étaient les seuls à posséder la science informatique et qu'il leur fallait par des méthodes diverses diffuser leurs connaissances à ceux qui n'en voulaient pas nécessairement. Maintenant, les rapports ont changé et il faut qu'une nouvelle relation s'instaure entre tous les spécialistes de l'information et les utilisateurs qui détiennent eux aussi une part de la science. En outre, parmi les utilisateurs, il convient de distinguer, comme Marie-Claude Bériot-Dassonville y a fait allusion tout à l'heure, deux niveaux : l'utilisateur expert du service de maintenance, qui lui-même maîtrise ses outils, et l'utilisateur des statistiques, dont a parlé Jean-Yves Lucas. Il importe que le responsable d'exploitation, comme le responsable de la direction générale, aient l'information sous la forme qu'ils désirent : par conséquent, l'expert en système d'information doit se mettre au service de ces différents utilisateurs pour leur fournir l'information sous la forme qui leur convient.

Edith Heurgon : Je voudrais faire deux remarques : la première concerne la culture systémique qu'évoquait à l'instant M. Guieysse, la seconde touche à ce qu'on nomme organisation.

Il me semble que l'un des apports de la pensée systémique est de nous permettre de nous représenter des objets, placés dans un environnement, en considérant à la fois leur aspect fonctionnel (ils font quelque chose), leur aspect organique (ils sont faits de quelque chose), leur aspect génétique (ils évoluent dans le temps), leur finalité (ils agissent pour quelque chose).

Or, ce que nous avons tendance à faire, c'est de chercher le fondement ultime (le plus important, c'est...), de séparer les fins des

moyens, d'établir des hiérarchies définitives, de marquer des exclusives. Ainsi, je ne serai pas d'accord avec Jean-Yves Lucas pour dire que, s'agissant de l'acceptation d'un SIAM par le personnel, l'essentiel est qu'il réponde à de véritables besoins, tandis que le mode de représentation des données, analogique ou numérique, ne serait que subalterne. Certes, le premier argument est de l'ordre d'une fin. Mais le second, de l'ordre du processus cognitif, n'en est pas moins essentiel : il touche aux fonctionnements mentaux des individus.

Ma deuxième remarque concerne l'organisation. On parle beaucoup aujourd'hui d'organisation et je m'en réjouis. Mais il me semble que, dans notre discussion, ce terme revêt maintes acceptions différentes : on parle tantôt de structures, tantôt d'organisation des postes de travail, tantôt d'aspects humains. Mais il me semble qu'aujourd'hui — justement, dans la perspective de la pensée systémique — le concept d'organisation revêt un sens plus neuf, qui permet d'appréhender la complexité, et est à la fois résultat organisé et processus organisant, le couplage s'effectuant au travers des systèmes d'information. Organisation et Information sont donc très liées ; on le dit quelquefois : l'information est à l'organisation ce que la matière est à l'énergie.

Edmond Krier : Je suis un homme d'entretien et je pense qu'il est normal qu'un homme d'entretien s'exprime aussi. Messieurs les informaticiens, il est vrai que je demande votre aide. Et si j'ai besoin de l'aide des informaticiens, c'est que l'homme d'entretien, en tout cas le vieil ingénieur que je suis, est inquiet devant ce qui lui paraît menacer sa maîtrise des équipements. Placé devant des matériels de plus en plus complexes, dans l'intimité desquels on ne pénètre plus — et le signal analogique, croyez-moi, il est important pour un électricien — ce que nous attendons des SIAM justement, c'est de nous aider à traquer ces équipements, de nous donner des armes qui nous

permettront de suivre la technologie des matériels à l'heure où ceux-ci progressent plus vite que ne progressent les connaissances techniques des hommes de l'entretien.

Marie-Claude Bériot-Dassonville : Je crois aussi, au moins dans une perspective de recherche et d'expérimentation, qu'il faut dépasser la question de l'adaptation d'un homme à un poste de travail, et aborder l'aspect collectif des choses, au moins au niveau d'une équipe. C'est pourquoi j'ai été très intéressée par le projet d'association du personnel à la conception du système MARS présenté par Jean-Michel Lassalle. A titre de boutade, je dirais que dans cinq ans, il pourrait y avoir dans la salle non seulement ceux qui conçoivent les SIAM, mais aussi ceux qui les utilisent et même certains de leurs représentants. Il s'agit d'un sujet de recherche important car, si l'on sait bien utiliser le savoir intellectuel classique, par exemple celui de l'assemblée que nous formons ici, on sait encore assez mal utiliser le savoir du personnel d'exécution qui ne s'exprime pas de la même façon. Dans ces projets de SIAM par exemple, ce qui me paraît intéressant c'est d'essayer de récupérer ce type de savoir.

Je voudrais aborder un autre point, de nature différente, qui me paraît essentiel pour notre entreprise : la maintenance représente une partie importante du personnel de la RATP ; en incluant les services d'entretien du réseau routier, du réseau ferré et des services techniques, l'évolution technique très rapide que l'on a annoncée pose obligatoirement des problèmes de qualification, de classification et de formation du personnel. Et, à cet égard, il m'arrive de m'interroger sur les possibilités d'adaptation sachant que la durée de vie d'un agent est nettement plus longue que la durée de vie de tous les matériels que l'on a évoqués et que l'on aboutira peut-être à des structures souhaitables de qualification assez différentes des structures actuelles. Cela pose donc des problèmes de gestion du personnel et d'organisa-

tion de la formation, qui doivent être pris en compte très en amont pour ne pas avoir des pas trop importants à franchir d'un coup.

Daniel Sutton : Je voudrais répondre à une partie de l'intervention de M.-C. Bériot-Dassonville. Vous avez parlé tout à l'heure de la place du personnel d'exécution dans ces Systèmes d'Information d'Aide à la Maintenance. Je voudrais insister sur le fait que dans la plupart des cas, ces systèmes sont interactifs, c'est-à-dire qu'ils ménagent des interfaces entre l'homme et la machine et ces interfaces concerneront aussi le personnel d'exécution : soit pour rentrer des données, soit pour fournir des éléments permettant le diagnostic des pannes, etc. Mais ce que je voudrais ajouter et qui va dans le sens de votre intervention, c'est que ces systèmes pourraient servir aussi comme outil de formation du personnel. Ils peuvent jouer un grand rôle pour former le personnel aux nouvelles techniques et précisément à ces techniques complexes que l'on a du mal à maîtriser parce qu'on a du mal à enregistrer toutes les informations nécessaires et surtout à en faire la synthèse.

Marie-Claude Bériot-Dassonville : Tout à fait d'accord. Cependant, quand je parlais de l'association du personnel au développement des projets, j'allais au-delà de cette forme d'interaction. J'évoquais la capacité de faire travailler ensemble des gens qui ont des formations et des modes de pensée différents ; par exemple des ouvriers et des ingénieurs...

Guy Planchette : J'ai le sentiment qu'il y a dans cette salle deux dialogues parallèles : l'un qui cherche à savoir comment réaliser des Systèmes d'Information d'Aide à la Maintenance, et comment les mettre en œuvre, l'autre qui concerne davantage le responsable de maintenance que je suis et qui pose des questions du type : Quoi faire comme système d'aide à la maintenance ? De quels outils avons-nous besoin ? Quels systèmes

d'information peuvent nous aider à répondre à notre mission ? J'ai le sentiment que, dans la discussion qui s'élabore, on met la charrue avant les bœufs, en voulant répondre à la question du « comment réaliser » avant d'avoir posé la question du « quoi faire pour répondre à la mission ».

André Tillier : Il me semble que nous sommes tous d'accord pour dire qu'il faut améliorer la qualité de la maintenance ; c'est le besoin de l'utilisateur final, et le responsable de l'entretien doit améliorer sa prestation. On l'a déjà dit : dans le passé, une des occasions d'améliorer l'organisation de la maintenance a été de lancer un processus d'informatisation. A cette époque-là, les informaticiens, du fait de la nouveauté de leur technique et peut-être même de leur approche méthodique des problèmes, ont été des conseillers non seulement dans la façon de traiter l'information, mais aussi dans la manière d'organiser des systèmes et même de déclencher un processus de raisonnement et de remise en cause auprès des personnes qui avaient fait appel à eux. Alors que l'informatique est devenue une technique comme une autre, on pourrait se poser la question suivante qui apporte peut-être un élément de réponse à notre discussion : ne faut-il pas faire intervenir aujourd'hui un autre acteur, qui serait placé entre le responsable de la maintenance qui a un problème et l'informaticien qui n'est plus qu'un prestataire de service et qui serait un conseiller en organisation ? Car le problème est bien là : il faut quelqu'un qui à la fois conseille sur les formes d'organisation, mais aussi apporte des éléments permettant de faire passer cette nouvelle organisation. En effet, dans une entreprise comme la RATP, il y a deux problèmes : le premier consiste à définir une nouvelle organisation mieux adaptée aux besoins et ce n'est pas facile, mais le second problème, aussi difficile que le premier, c'est de faire passer cette organisation auprès des personnes concernées. Et là, on peut se demander si une

TABLE RONDE

aide ne pourrait pas être apportée par des conseillers en organisation. On a déjà commencé d'ailleurs à le faire pour un certain nombre de problèmes. Est-ce que cela ne devrait pas être plus systématique dans le domaine de la maintenance ?

Louis Guieysse : C'est un principe que l'on a fait passer, depuis un certain temps, à la Commission de l'informatique. Mais à mon avis, il s'applique à tous les cas : ou bien l'on prend un expert en organisation, ou bien l'on fait soi-même une étude d'organisation, mais tout problème doit être examiné d'abord sous l'angle de l'organisation. Cela rejoint l'intervention de M. Planchette ; il faut d'abord savoir ce que l'on veut faire, bien définir par quelle organisation on le fera, et les systèmes d'information ne sont ensuite qu'une des briques qui serviront à bâtir l'édifice.

Olivier Marcé : Pour avoir eu l'expérience d'un recours à un conseil en organisation dans le domaine de la maintenance, je voudrais souligner que ce conseil, qui était excellent, nous a certes donné des indications sur les formes d'organisation possibles, mais il nous a surtout servi d'animateur pour concevoir nous-mêmes cette organisation, à l'aide de groupes de travail très participatifs.

Daniel Sutton : Je me réjouis que tout le monde ici reconnaisse l'intérêt et la nécessité des études d'organisation. Il faut noter un changement important dans les mentalités à cet égard, puisque les gens qui souhaitent que l'on construise des systèmes d'information aujourd'hui posent d'abord la question de l'organisation. C'est très bien, mais, en tant que Directeur des systèmes d'information et de l'organisation, je suis un peu terrifié : comment allons-nous faire face ? Car les autres directions nous appellent à l'aide, M. Krier l'a dit tout à l'heure. On nous demande d'aider les gens à exprimer leurs besoins. Le travail des organisateurs consiste bien souvent à faire dire aux de-

mandeurs et aux différents acteurs qui interviennent dans la chaîne du système d'information de quoi ils ont vraiment besoin et sous quelle forme. Ce n'est pas facile. Et, c'est seulement à partir de là que l'on peut bâtir la solution qui sera un compromis d'ailleurs entre tout cela, compromis qui permettra aussi de faire la maintenance. Il faut donc une espèce non pas de chef d'orchestre, mais d'animateur pour aider à formaliser les besoins.

Edith Heurgon : Ce que cela veut dire M. Sutton, c'est peut-être ceci : ne créez pas trop de spécialistes en organisation qui conçoivent des organisations pour d'autres mais formez plutôt des agents de changement aptes à déclencher des processus d'apprentissage de manière à aider les gens à s'organiser eux-mêmes comme le disait M. Marcé.

Olivier Marcé : Je voudrais revenir sur la remarque de M. Sutton concernant les interventions possibles en matière d'organisation s'agissant des secteurs de maintenance. Autant l'organisation est un métier, autant la maintenance est aussi un métier et, en fait, il nous faut des conseils en organisation de la maintenance. Cela existe sur le marché.

Jean-Paul Richard : Je voudrais faire une remarque à propos de l'intervention de M. Krier. Au niveau des services de maintenance, les expériences que nous avons faites nous conduisent à poser aujourd'hui la question en ces termes : « Comment maintiendrons-nous à l'avenir les dispositifs qui arrivent ? »

En fait, c'est un véritable cri d'alarme. Les expériences que nous vous avons décrites sont des approches ponctuelles et, comme l'a dit M. Lucas, ces approches ponctuelles ne se justifient pas en elles-mêmes. La véritable question est celle-ci : doit-on mener une réflexion sur la maintenance et, si oui, à quel niveau la conduire ?

Roger Pertuiset : Si le cri d'alarme de M. Richard est justifié, cela nous oblige à poser le problème au-delà de l'entreprise : il me semble difficile d'admettre, en effet, que l'on crée un environnement incontrôlable par vous...

Edith Heurgon : C'est l'inquiétude que j'ai manifestée ce matin à la suite de l'exposé de J.-P. Richard. Elle concerne ce désir qu'il manifeste de maîtrise totale de systèmes complexes dès lors qu'ils sont des systèmes techniques, humains et organisationnels et qui le conduit à concevoir une extraordinaire architecture visant à l'intégration complète. Je vois là un véritable danger. A entendre J.-P. Richard, il y aurait quelque part une fatalité, un dieu tout puissant, qui aurait nom électronique, et qui obligerait les hommes qui voudraient s'y adapter à transformer leurs structures, leurs organisations, et même leurs fonctionnements mentaux... Je ne suis pas sûre que ce soit ainsi qu'il faille affronter la complexité qui nous entoure...

Paul-André Bolgert : Je voulais reprendre ce que disait M. Richard sous un autre angle, d'une manière peut-être plus positive, car j'y vois une des réponses à la question de l'appropriation des systèmes que l'on posait tout à l'heure.

L'expérience qui a été vécue au Service FR me conduit à penser que c'est sous la contrainte que l'on se trouve obligé de réfléchir à l'organisation, de remettre en cause l'organisation, d'inventer une nouvelle organisation, parce que le matériel arrive et qu'il faut bien traiter le problème. Et, à ce moment-là, le système informatique devient un des éléments de cette nouvelle organisation, et alors, les gens qui l'utilisent s'approprient l'informatique. Dans une situation où le volume de travail croît, il y a une autre motivation à remettre en cause l'organisation et donc à s'approprier les systèmes ; c'est précisément l'aspect social, c'est-à-dire l'aspect organisation des tâches, de manière à offrir au personnel la possibilité d'avoir un métier soit

plus intéressant, soit plus varié, et donc de meilleures conditions de travail au sens large, à condition que l'outil informatique apparaisse comme un moyen pour que cette évolution se produise.

Jean-Paul Richard : Je ne parlais pas de SIAM. Actuellement, pour les dispositifs que l'on voit arriver, nous ne savons même pas comment nous allons les entretenir, ni quelle qualification de personnel associer à ces équipements, nous ne savons pas si notre personnel pourra le faire et c'est là notre crainte. Les efforts de réflexion que l'on a tentés n'en sont qu'au stade préliminaire. On développe des approches mais rien ne permet de dire si elles seront ou non efficaces. L'introduction de l'électronique à la RATP n'a pas été préparée; on en est au système D.

Philippe de Kersauson : Je trouve J.-P. Richard quand même très pessimiste. On parle beaucoup de l'introduction de l'électronique, l'électronique est entrée dans l'entreprise depuis très longtemps. Les méthodes qui sont appliquées aujourd'hui pour entretenir les systèmes électroniques ne sont peut-être pas parfaites, mais je crois qu'on ne s'en tire quand même pas trop mal. Pour l'avenir, et là je rejoins J.-P. Richard, les systèmes seront beaucoup plus intégrés techniquement et fonctionnellement, cela est évident et des études actuelles nous en apportent la preuve. La véritable question n'est pas celle de la qualification de personnel, pour savoir quel est le niveau du personnel qui va intervenir sur ces installations, mais elle est surtout de savoir s'il y a véritablement une volonté de l'entreprise d'évoluer et de faire évoluer ses structures d'entretien, car on n'entretiendra pas les systèmes futurs comme on entretenait les systèmes anciens, ni même les systèmes électroniques actuels.

Christian Roisneau : Je voudrais dire un mot à propos de la maintenance future, car je ne suis pas tout à fait d'accord avec J.-P. Richard. En ce qui concerne le Service FR, nous avons connu trois générations de matériel roulant. La première était une famille de matériels entièrement électromagnétiques; ensuite nous sommes passés avec le MF 77 et le MI 79 à la génération analogique. Pour cela, il fallait franchir une étape importante, et j'ai le sentiment aujourd'hui que nous l'avons franchie. Maintenant, avec les matériels MI 84 et MF 77 deuxième génération, nous sommes en train de nous préparer à franchir une deuxième étape. Pour passer de la génération des systèmes de commande analogique aux systèmes de commande numérique et, pour nous y préparer, nous avons essayé d'intégrer au niveau de la conception du matériel les critères de maintenance. A ce titre-là, les matériels de construction sont prévus pour recevoir des systèmes d'information embarqués. Je pense qu'à l'aide de ces systèmes d'information embarqués, nous pourrions maîtriser correctement les problèmes de maintenance.

Louis Guieysse : J'ajoute un mot après les interventions de M. Richard qui nous a donné des visions apocalyptiques, un peu pour nous provoquer: je crois que l'esprit humain dispose d'aptitudes pour pallier les incohérences et les imperfections qui surviennent, l'homme sait s'adapter à des situations difficiles. Il y a certes le système idéal, puis il y a la façon dont on y parvient qui n'est pas nécessairement le chemin logique, il y a un peu de bricolage dans ce que l'on fait, mais on peut faire face à des situations même si on n'arrive pas à adopter le cheminement le plus logique. A ce propos, je voulais rappeler un rêve qui avait été fait il y a dix ou douze ans. Les plus anciens s'en souviennent sans doute, ce rêve c'était celui des systèmes entièrement intégrés en matière de gestion. Ils ressemblaient un peu à ces systèmes dont parlait M. Richard, ils étaient

énormes; quand on a commencé à vouloir les mettre en œuvre, on a échoué et on a été pratiquement obligé de les abandonner. Et, finalement, on va arriver au même résultat mais par des voies beaucoup plus souples; on obtiendra des choses sans doute aussi complexes que ces systèmes intégrés qu'on avait imaginés, au départ, mais par une autre voie, par retouches successives et avec une structure plus souple parce que plus déconcentrée.

Edmond Krier : Puisqu'il s'agit de formuler quelques attentes d'utilisateur, je voudrais en formuler brièvement quatre. Elles sont concrètes, mais quotidiennes aussi.

Premièrement, il faut pour les hommes d'entretien disposer d'un moyen propre à susciter un nouveau comportement des hommes. Les équipes de maintenance opèrent tous les jours, elles vont devoir assez vite opérer différemment, et cette transformation, comme l'a dit Marie-Claude Bériot-Dassonville, appelle une mise en œuvre avec un assez long temps d'anticipation. Le changement des mentalités sera difficile. Nous attendons donc quelque chose qui permettra de faire l'éducation des hommes en même temps qu'ils acquerront la maîtrise de la maintenance.

Deuxième attente: connaître l'état des machines, non pas pour faire de la dissection, non pas pour faire un travail de médecin légiste, non pas pour dépouiller des statistiques, mais pour connaître l'état des machines en temps réel et à l'état vif. On ne fera pas de bonne maintenance tant que l'on ne connaîtra pas les réactions des équipements dans leur état de fonctionnement en service réel. A cet égard, le système DAM me paraît un très bon exemple d'un outillage permettant l'aide à la maintenance.

Troisième attente: nous ressentons pour les entreteneurs du gros appareillage, le besoin de mettre au point des émetteurs de données significatifs, car on n'échappera pas, si l'on veut faire de la maintenance, aux nécessités et aux difficultés des interfaces qui toujours met-

TABLE RONDE

tront l'homme du gros appareillage en présence des problèmes quotidiens.

Quatrième élément : il faudra que nous mettions au point des systèmes évolutifs parce que c'est peut-être un des éléments de la réserve qu'expriment les hommes de l'entretien actuellement à l'égard des SIAM. Si j'ai bien compris, pour la maintenance, l'automate programmable et le micro-processeur seront à bref délai le pain quotidien. Or, changer aussi profondément qu'il va falloir le faire l'existant me paraît poser des questions extrêmement importantes, et notamment celle de reprendre la configuration d'un parc dans une perspective dont on ne connaît pas du tout l'aboutissant. Je ne suis pas comme M. Richard prophète de malheurs, puisqu'on le dit de lui, encore que je partage tout à fait ce qu'il a dit. C'est une attente qui me paraît importante pour l'homme d'entretien.

Louis Guieysse : Avant de donner quelques réflexions puis de clore la séance, je voudrais revenir sur une question qui avait été posée au début de l'après-midi et qui concerne les frontières inter-services. La Direction générale est interpellée et c'est un vrai problème. M. Richard a évoqué ce problème avec l'électronique, mais déjà il se posait avec la mécanique : le système voie-roue n'est pas du tout un système qui permet de considérer deux éléments indépendants. Le système vibratoire comprend bien les deux, et le « contentieux » entre le Service de la voie et le Service du matériel roulant est ancien. Je me souviens qu'autrefois il y avait de sérieuses controverses entre eux, je sais que ce n'est plus le cas aujourd'hui. Cela prouve que les systèmes, qui étaient déjà complexes, deviennent de plus en plus complexes : l'organisation moderne est caractérisée par la complexification. Alors, en face de ces systèmes qui pénètrent toutes les frontières, vous aurez des problèmes communs, des problèmes transversaux et vous serez bien forcés de les traiter. Il n'y a qu'une solution pour

cela, c'est d'abandonner la notion de domaines attribués pour une notion de « relation ». Je m'aperçois que ce principe est aussi valable pour la maintenance ; il faudra que vous organisiez des systèmes d'aide à la maintenance en tenant compte de plus en plus des autres. Il y a un cas flagrant, c'est celui du pilotage automatique, mais cela arrivera certainement ailleurs. Pour revenir aux problèmes d'organisation et à la conception de ces systèmes, on est obligé de faire intervenir beaucoup de parties. Tout à l'heure, on a évoqué le passé où un service pouvait concevoir tout seul un système ; maintenant, il faut faire intervenir des interlocuteurs de plus en plus nombreux et je crois que cette notion de systèmes qui impliquent plusieurs services est de plus en plus à prendre en compte. Un mot sur la complexité des systèmes de transport auxquels nous avons affaire. Cette complexité va croissant suivant que l'on observe :

- l'autobus, et d'abord la ligne d'autobus de banlieue, avec un grand intervalle ; c'est un système relativement simple ;
- la ligne de métro : avec les intervalles qui décroissent ;
- le système RER avec ses fourches ;
- les transports modernes comme le VAL, qui vient d'être inauguré à Lille : c'est un système où l'aide à la maintenance fait intégralement partie du système d'exploitation, ce sont les mêmes personnes qui exploitent et dirigent la maintenance ;
- enfin, le système ARAMIS, qui sera de même nature.

Je m'arrête là. Je crois que cette séance a été une réussite : j'en ai eu la preuve avec cette discussion très riche et dont nous sortirons sans avoir résolu le problème, mais en ayant réfléchi à la façon de le résoudre. Je remercie beaucoup les organisateurs, d'abord Edith Heurgon et son équipe, puis les conférenciers et tous ceux qui ont préparé les interventions, enfin vous tous qui vous êtes livrés à fond dans cette discussion. ■

Après avoir présenté, dans un précédent numéro de notre revue (avril-mai-juin 1983), quelques idées directrices relatives au choix de l'information à recueillir en suivi de matériel électronique et aux modalités de ce recueil, nous avons jugé utile de montrer à nos lecteurs quelques exemples d'enseignements que peut apporter le traitement des données ainsi collectées, à travers le cas des études de fiabilité menées sur les équipements électroniques embarqués du pilotage automatique du métro, dont l'article suivant expose les principaux résultats. Ces études de caractère statistique s'inscrivent dans le cadre de l'élaboration du « Dispositif d'Aide à la Maintenance » dont la genèse et les caractéristiques principales sont retracées dans l'article intitulé « Comment en arrive-t-on à un projet intégré de maintenance ? » de ce même numéro. Le lecteur intéressé par une description détaillée des principes de fonctionnement et des équipements du pilotage automatique pourra se reporter, au préalable, au numéro du bulletin de documentation et d'information daté du deuxième trimestre de 1977.

LA FIABILITÉ DU PILOTAGE AUTOMATIQUE DU MÉTRO DE PARIS

par **Pierre Cailliez**, *Inspecteur à la Direction des systèmes d'information et de l'organisation*,
et **Jean-Paul Richard**, *Inspecteur principal à la Direction des services techniques*.

Problématique

La RATP a maintenant équipé la quasi-totalité de ses lignes de métro en pilotage automatique (PA), cette installation en série ayant commencé vers le début des années 1970.

La technologie adoptée, technologie électronique à éléments discrets, marquait à l'époque une rupture avec l'utilisation d'équipements électromécaniques précédemment de règle dans les entreprises ferroviaires.

La nécessité, pour les besoins de la maintenance, de connaître avec précision le comportement réel et la sensibilité aux pannes de ce matériel électronique nouveau pour la RATP a conduit le Service des installations fixes électroniques et cybernétiques à se doter, dès 1972, d'un système informatique de suivi des incidents des équipements en exploitation et des réparations consécutives à leur mise hors-service. Cette application, mise en œuvre conjointement par le Service de l'informatique et la Division PA, est restée opérationnelle jusqu'en 1978, débouchant sur la constitution d'une importante base de données concernant les lignes 1, 3, 4 et 11 du métro, sur laquelle ont porté les études de fiabilité décrites dans cet article.

Ce système a servi de support à la construction d'un système de suivi plus ambitieux, le projet intégré de maintenance baptisé DAM

(« Dispositif d'Aide à la Maintenance »)⁽¹⁾ installé sur certaines des lignes les plus récemment équipées en PA, les lignes 6, 8, 9 et 13, projet qui repose sur les principes suivants :

- une philosophie originale basée sur quatre stades d'entretien : curatif orienté (sur le matériel en panne pour l'exploitant), pseudo-prédictif (sur le matériel en panne de façon transparente pour l'exploitant), prédictif (sur un matériel assurant sa fonction, mais dont la probabilité de panne est devenue voisine de 1), et correctif (pour modifier le matériel en lui apportant des améliorations) ;
- une structure des interventions en plusieurs niveaux hiérarchisés ;
- des outils d'acquisition et de traitement informatique et statistique de données, ainsi que d'aide à la décision en temps réel.

Parmi ces outils, ceux présentés ici constituent des moyens d'analyse à moyen et à long terme ne portant que sur les entretiens de types curatif et correctif, et répondant aux objectifs suivants :

- connaître le comportement du matériel en situation réelle ;
- déterminer et réaliser, à partir de ces analyses préliminaires, une politique de traitement de données, en vue de répondre aux interrogations ci-dessous :

- peut-on déterminer une politique de renouvellement partiel ou global ?

- peut-on améliorer la structure et les moyens des services de maintenance ?
- peut-on améliorer le matériel par des actions ponctuelles ?
- y a-t-il adéquation du PA avec les systèmes connexes ?

Présentation succincte du PA⁽²⁾

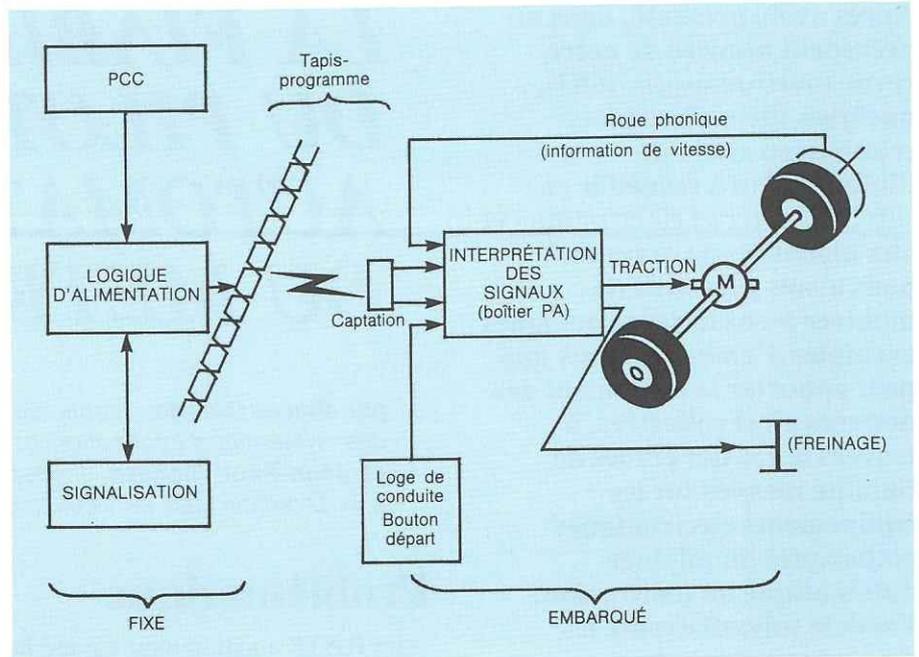
Voici d'abord un bref rappel sur les caractéristiques du PA.

Le PA a pour rôle de se substituer au conducteur pour assurer la marche des trains en toute sécurité, et en exploitation tendue (intervalle de 90 secondes, par exemple), le conducteur conservant la responsabilité générale du train (autorisation du départ, action de freinage d'urgence, traitement des incidents, relations avec les voyageurs).

Le PA est composé d'éléments fixes répartis sur la voie et dans les stations, et d'équipements embarqués à bord des trains (*illustration n° 1*).

A partir d'informations de signalisation directement liées à la position des trains, les équipements fixes indiquent, grâce à la commutation des programmes de marche inscrits physiquement dans la voie (tapis-programme), la vitesse optimale à atteindre. Les équipements embarqués déterminent, au travers d'un système de captation du programme et d'une logique embarquée, les signaux de commande à appliquer sur les organes de traction et de freinage.

Des chaînes de sécurité vérifient que l'ensemble de ces opérations s'effectue correctement et réagissent en cas de non-respect des consignes.



1. Synoptique du dispositif PA.

Traitement des pannes

Les pannes survenant à ces dispositifs font l'objet d'interventions de la part des agents de maintenance, selon la procédure suivante :

— le conducteur d'une rame transmet par radiotéléphone au PCC (Poste de Commande Centralisé) les anomalies rencontrées. A partir de ces informations, le PCC, quand il a observé 3 anomalies successives, met, suivant les cas, les interstations, ou le train, en conduite manuelle, et alerte le centre de maintenance ;

— lorsque le problème vient du train, les interventions de maintenance se font alors suivant 3 niveaux, consistant successivement à rendre le train bon pour l'exploitation par échange standard d'un sous-ensemble, lorsque c'est possible, à rendre le sous-ensemble qui était défectueux en état de marche, en remplaçant la(ou les) carte(s) électronique(s) à l'origine du défaut, lorsque c'est possible, enfin à remettre en état les cartes défaillantes par action sur les composants (réglages, remplacements, etc.), lorsque c'est possible.

Saisie des données

Plusieurs procédures de saisie de ces données ont été expérimentées au cours des années et la constatation de leurs insuffisances a débouché sur l'élaboration de la partie « suivi du matériel » du projet DAM ; dans ce dernier, le suivi de la maintenance se fait par l'intermédiaire de bordereaux.

Les signalements

Les signalements transmis au PCC par le conducteur y sont consignés à la main sur des fiches transmises journalièrement à la Division PA qui les enregistre sur ordinateur (*illustration n° 2*).

Traitement des données en fiabilité

Toutes les données ainsi répertoriées, à l'exception des temps passés par les agents dans leurs différentes tâches, figuraient déjà dans la configuration initiale du système de suivi informatique utilisée jusqu'en 1978, support de l'étude de fiabilité présentée maintenant et illustrée par diverses sorties informatiques produites par un logiciel spécifique, sur le cas des boîtiers PA de la ligne 4, les équipements les plus fragiles rencontrés.

Après un exemple de représentation graphique des données, ce chapitre traite des analyses statistiques portant sur la loi d'arrivée des pannes et sur l'évolution de la fiabilité des boîtiers PA. Ces analyses, menées dans un premier temps sur l'ensemble des équipements, sont ensuite affinées au niveau de leurs éléments constitutifs — cartes et composants — et des orientations sont proposées pour leur amélioration et leur renouvellement.

Cette étude est ensuite élargie aux interactions entre le train et les équipements du PA.

Enfin, des recommandations sont dégagées en ce qui concerne les méthodes et les outils de maintenance.

Visualisation des données

Il est important de commencer par se doter de représentations claires et attrayantes de l'information de base, constituant des documents de référence bien plus lisibles que des listes rébarbatives de nombres. Elles doivent permettre d'évaluer facilement la qualité des données disponibles et la nécessité éventuelle de les apurer d'une part, et de se forger quelques idées générales sur la nature et les ordres de grandeur des phénomènes à analyser d'autre part, lesquelles sont précieuses pour l'orientation de l'étude et le choix de la méthodologie à mettre en œuvre.

```

=====
#
#                               SIGNALEMENTS POUR LE 07 10 83
#
#
# DATE SEQ! HEU!STATION! 1 1 VOIT!PC!SI!PRES!FU!FEUX!P IP IMI!CM!NB!DECI#
#   ! RE !   ! CLASSE! TETE!C IGN!   !   !ND!NA!   !PA!CM!
#
#   !   !   !   !   !   !   !   !   !   !   !   !   !   !
# 0110616!ITAL 02! 6538 ! 3575!53!ND!   !   !   !   !CM!01! #
# 0211235!ETOI 02! 6510 ! 3519!15!NB!   !   !   !   !OU!CM!27!PCR #
# 0311300!QUIN 02! 6517 ! 3533!32!AI!03.0! !   !AL!   !CM!01! #
# 0411302!RASP 02! 6517 ! 3533!32!AI!03.0! !   !AL!   !CM!01! #
# 0511304!DENF 02! 6517 ! 3533!32!AI!03.0! !   !AL!   !CM!13!PCR #
# 0611700!CAMB 02! 6515 ! 3529!44!AI!04.5! !   !   !   !CM!01! #
# 0711704!QUIN 02! 6515 ! 3529!44!AI!04.5! !   !   !   !CM!01! #
# 0811710!LMPG 01! 6511 ! 3521!13!AI!04.5! !   !   !   !PA!   ! #
# 0911720!DUUG 01! 6515 ! 3529!44!AI!04.0! !   !   !   !CM!01! #
# 1011735!GLAC 01! 6515 ! 3529!44!AI!   !   !   !   !CM!15!PCR #
# 1111803!GLAC 01! 6529 ! 3558!11!AI!04.5! !   !   !   !OU!CM!01! #
# 1211900!CORV 01! 6517 ! 3534!11!AI!   !   !   !AL!   !CM!01! #
#
#   !   !   !   !   !   !   !   !   !   !   !   !   !
=====
    
```

2. Listage de signalements (cas d'une journée complète sur la ligne 6).

LÉGENDE :

- SÉQ** : numéro de séquence (ou ordre d'arrivée du signalement);
- STATION** : nom de l'interstation et numéro de la voie où le signalement a été produit (exemple : « ITAL 02 » signifie « Place d'Italie, voie 2 »);
- 1 CLASSE** : numéro de la voiture de première classe (sur laquelle est monté le boîtier PA);
- VOIT TÊTE** : ce numéro identifie celle des deux voitures situées à chaque extrémité de la rame qui fonctionne en motrice; il permet de localiser les capteurs défaillants, le cas échéant;
- PCC** : numéro de mission du train (notion capitale pour l'exploitation de la ligne, au PCC, mais de peu d'intérêt pour la maintenance, car elle ne permet pas d'identifier physiquement le train);
- SIGN** : nature du signalement, par exemple :
AC : « arrêt court »;
AI : « arrêt intempestif en interstation »;
NB : « non-débrassage des freins »;
ND : « non-démarrage »;
VL : « vitesse lente ».
- PRES** : pression (en bars), signalée lorsqu'elle est défectueuse dans les cylindres de freins, pour les arrêts courts, les arrêts longs et les dépassements de quai (on peut également utiliser cette colonne pour indiquer l'écart du train, en mètres, par rapport à sa position théorique ou la vitesse, en kilomètres/heure, dans le cas des vitesses lentes);
- FU** : freinage d'urgence;
- FEUX** : numéro du feu près duquel le signalement a été produit;
- P ND** : pilote non disponible
- P NA** : programme non alimenté } détectés par l'allumage d'un voyant (« AL »);
- MI** : motrice inactive (signalé par un « OU » pour « OUI »);
- CM PA** : mode de reprise après incident, en conduite manuelle (« CM »), ou en pilotage automatique (« PA »);
- NB CM** : quand trois signalements sont confirmés et que le train est mis en conduite manuelle, ce nombre indique le nombre d'interstations qu'il parcourt jusqu'à son rapatriement en terminus (il y a néanmoins des types de signalements, tel « AC », qui ne nécessitent la conduite manuelle que pour atteindre le point d'arrêt normal, ou pour parcourir l'interstation suivante, le pilotage automatique étant repris au-delà; dans ces cas-là NB CM vaut respectivement zéro — information absente — ou 1);
- DECI** : décideur de la mise en conduite manuelle de la rame ou de l'interstation, identifié par les messages respectifs PCR (« R » pour rame) et PCS (« S » pour station) quand il s'agit du PCC, et par les messages respectifs TCR et TCS quand l'initiative revient au service d'entretien (« TC ») pour ses opérations de maintenance pseudo-préventive ou prédictive; même si le service d'entretien souhaite l'arrêt du train, c'est au PCC d'en décider en dernier ressort, et il peut le refuser.

Les bordereaux de maintenance

A chacun des trois niveaux d'une intervention de maintenance sur un matériel embarqué, est associé un bordereau décrivant le contenu de l'activité réalisée, et indiquant les temps d'indisponibilité des matériels et les temps de remise en état.

Le chaînage de ces bordereaux s'obtient grâce à un groupe d'informations commun à tous, qui est reproduit sur des étiquettes collées sur le matériel (ces principes ont été présentés en détail dans l'article « L'information minimale à recueillir en suivi de matériel électronique »; voir RATP - Études/Projets d'avril-mai-juin 1983).

Au regard d'un processus de Poisson, il existe donc un nombre excessif de durées de fonctionnement courtes; ces pannes sont qualifiées de « récidive », car les historiques analogues à l'illustration n° 3 montrent souvent, pour un même équipement, des séquences de durées courtes suivies d'une ou de plusieurs durées beaucoup plus longues, ce qui paraît s'expliquer par un défaut dans la méthode de maintenance, les durées courtes étant souvent précédées de réparations inadéquates, incomplètes, ou même complètement absentes; une ventilation de la nature des réparations en fonction de la valeur des durées antérieures montre, en effet, une proportion de messages « rien à signaler » (ou « RAS ») excessive avant les durées faibles, ce qui traduit souvent un échec dans la recherche d'un vice caché; cette

ventilation révèle, pour le même cas, un grand nombre d'interventions sur les soudures et les traversées et, par suite, semble indiquer que l'utilisation du fer à souder sur un espace aussi restreint et encombré qu'une carte électronique provoque fréquemment, sur le pourtour de la zone d'intervention, des dégâts passant inaperçus à ce moment-là, mais qui se révéleront quelque temps plus tard.

La panne « récidive » donc aussi longtemps que l'origine exacte du défaut n'est pas détectée et que les réparations adéquates ne sont pas apportées.

Il est alors utile de décomposer la moyenne des temps de bon fonctionnement (MTBF) en deux parties :

- un MTBF « opérationnel théorique », relatif aux pannes dues uniquement à l'interaction du matériel et de son environnement;
- un MTBF relatif à des pannes de récidive.

Détermination d'une politique de renouvellement

L'illustration n° 5 décrit l'évolution dans le temps de trois variables intéressantes :

- la moyenne de toutes les durées de fonctionnement, qui mesure le taux de fiabilité global;
- le taux de pannes de récidive (nombre de pannes de récidive/nombre total de pannes);
- la moyenne (« intrinsèque ») des durées de fonctionnement calculée sans les durées se terminant par une panne de récidive, et représentant le MTBF « opérationnel théorique ».

Les deux dernières variables renseignent plus particulièrement sur la qualité de la maintenance.

Les fins de courbes sont mal connues, le recueil informatique des données ayant cessé en novembre 1978, ce qui amène une sous-estimation des moyennes des durées pour les deux dernières années (les courbes en pointillé ignorent les durées de fonctionnement des équipements en service à la fin du

recueil; les courbes en trait plein incluent une évaluation de ces durées, par défaut, jusqu'à la date finale; les valeurs exactes, inconnues, de ces fins de courbes sont supérieures à celles de ces deux tracés).

Une nette détérioration des performances se manifeste lors de la deuxième année; elle peut être imputée à l'inexpérience des réparateurs, suite à un important mouvement de personnel (voir le pic de la courbe du taux de pannes de récidive), et à un déverminage insuffisant; au-delà, le matériel s'avère de plus en plus fiable, jusqu'à une amorce de dégradation, moins importante que sur le graphique (pour la raison précédemment évoquée), mais réelle.

La décision d'un renouvellement du matériel doit se prendre au vu de l'évolution du MTBF « opérationnel théorique » qui traduit le mieux le comportement propre du matériel, indépendamment des fautes de maintenance. Un renouvellement global paraît prématuré, mais un renouvellement partiel peut se concevoir, pour lequel il faut comparer la robustesse des différents constituants, grâce à une analyse fine des réparations.

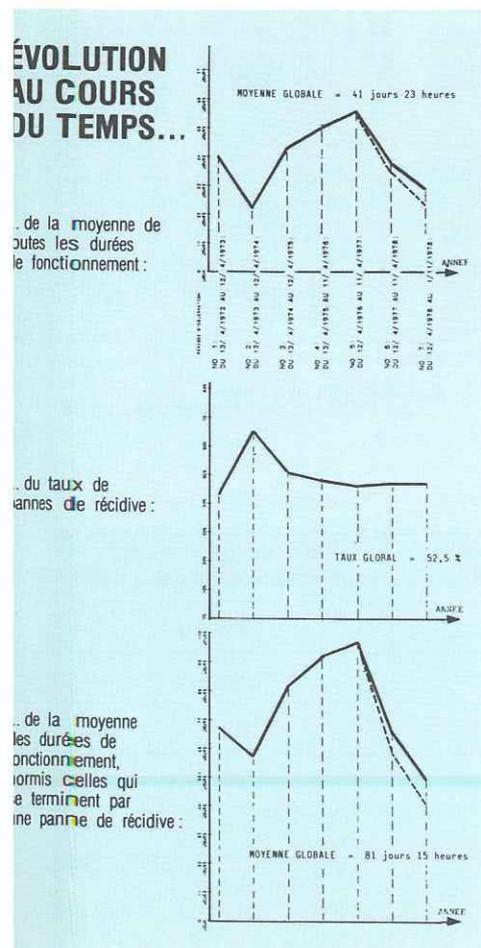
Renouvellement partiel

Recherche des points faibles du matériel

Les 16 cartes électroniques que contient un boîtier PA ont des taux de pannes très différents, variant de 0,1 % à 20,8 %; trois d'entre elles seulement recueillent plus de 45 % du total des réparations, et une seule, la carte SSD (« Sortie de Sécurité Dynamique »), près de 21 %, ce qui est considérable et peut s'expliquer en partie par sa grande complexité et par la haute densité de ses composants.

Un petit noyau de cartes est ainsi mis en évidence, sur lequel tout effort d'amélioration devra porter en priorité.

Pour chaque carte, on dispose d'un tableau des composants concernés par les réparations, rangés par fréquences d'intervention dé-



5. Évolution dans le temps des trois variables.

croissantes, lesquelles varient également dans des proportions considérables suivant les composants (illustration n° 6).

On remarque, par exemple, que : — sur la carte SSD (contenant de nombreux composants), il y a beaucoup :

- d'ennuis sur le relais n° 1 (faux contacts, collages),
- de faux contacts (problèmes de soudures, de traversées),
- de diodes et de capacités ne résistant pas à des pics d'intensité ;

— sur la carte « mère principale », les relais, constamment sollicités, finissent par céder ;

— sur les cartes « captation » et « sécurité dynamique », la plupart des interventions sont des réglages, sans citer les problèmes de soudures.

Évolution des points faibles au cours du temps

L'évolution de la typologie des pannes au cours des années peut s'étudier sur deux découpages du temps, suivant le calendrier classique ou suivant l'âge des matériels.

Le premier type de découpage permet d'étudier les variations du niveau d'activité des équipes de réparateurs ou l'incidence sur les pannes d'événements limités dans le temps, tels que des modifications structurelles de cartes ou qu'un mouvement notable dans le personnel de maintenance.

Le second type renseigne surtout sur la tenue des cartes au vieillissement ; c'est ainsi que, si le classement des cartes reste à peu près stable, il y a des modifications notables dans la part imputable à chaque carte : la carte SSD, par exemple, crée de plus en plus de problèmes ; les tableaux analogues à celui de l'illustration n° 6 et relatifs à chaque tranche d'âge d'une année montrent que ce délabrement provient surtout de l'accroissement régulier des problèmes de connectique (soudures et traversées), dus à un lent travail de sape créé par les vibrations des trains, et à la fragilisation de la structure de l'ensemble causée par la répétition des réparations (illustration n° 7).

CLASSEMENT DES CARTES PAR FREQUENCE DECOISSANTE DES PANNES QUI LEUR SONT ARRIVEES POUR L'ENSEMBLE DES EQUIPEMENTS

LIGNE NO 4
 TYPE D'EQUIPEMENT : BOITIER PA
 PERIODE D'OBSERVATION DU MATERIEL : DU 13/ 4/1972 AU 1/11/1978 (DUREE SUPERIEURE A 78 MOIS)
 LA DATE DE MISE EN SERVICE DE CHAQUE EQUIPEMENT ETANT DETERMINEE A PARTIR DU FICHIER DES INTERVENTIONS-REPARATIONS

CARTE	LIBELLE	NOMBRE D'INTERVENTIONS - FREQUENCE - REMPLACEMENTS - REPARATIONS	COMPOSANTS CHANGES (OU REGLES)
31	S.S.D	472	20-78% RELAIS 1 (47- 8.0%) SOUDURE (46- 7.8%) TPS DE SD (42- 7.1%) 60-41% DIODE 73 (28- 6.4%) TRAVERSEE (37- 6.3%) CONDENSATEUR 23 (29- 4.9%) * TRIGGER REF (24- 4.1%) CONDENSATEUR 61 (21- 3.6%) TRIGGER DF (20- 3.4%) * CONDENSATEUR 21 (16- 2.7%) IMHIB DE SD,REF (14- 2.4%) CONDENSATEUR 73 (13- 2.2%) * DIODE 6 (13- 2.2%) DIODE 5 (12- 2.0%) IMHIB DE SD,DF (12- 2.0%) * CONDENSATEUR 1 (10- 1.7%) ZENER 2 (10- 1.7%) DIODE 2 (10- 1.7%) * CONDENSATEUR 52 (7- 1.2%) TRANSISTOR 2 (7- 1.2%) CIRCUIT INTEGRE 1 (5- 0.8%) * CONDENSATEUR 75 (5- 0.8%) DIODE 1 (5- 0.8%) ZOHM (5- 0.8%) * PISTE (5- 0.8%) CONDENSATEUR 21 (5- 0.8%) RESISTANCE 37 (4- 0.7%) * ZENER 6 (4- 0.7%) TRANSISTOR 15 (4- 0.7%) TRANSISTOR 20 (4- 0.7%) * RESISTANCE 110 (4- 0.7%) CIRCUIT INTEGRE 2 (3- 0.5%) CONDENSATEUR 22 (3- 0.5%) * TRANSFORMATEUR 3 (3- 0.5%) RESISTANCE 111 (3- 0.5%) CONDENSATEUR 82 (3- 0.5%) * CIRCUIT INTEGRE 3 (3- 0.5%) TRANSFORMATEUR 4 (3- 0.5%) TRANSISTOR 5 (3- 0.5%) * TRANSISTOR 7 (3- 0.5%) COURT-CIRCUIT (3- 0.5%) TRANSISTOR 6 (3- 0.5%) * TRANSISTOR 1 (3- 0.5%) CIRCUIT INTEGRE 5 (2- 0.3%) DIODE 4 (2- 0.3%) * DIODE 3 (2- 0.3%) CONDENSATEUR 44 (2- 0.3%) CONDENSATEUR 12 (2- 0.3%) * DIODE 77 (2- 0.3%) TRANSISTOR 16 (2- 0.3%) TRANSISTOR 25 (2- 0.3%) * RESISTANCE 53 (2- 0.3%) TRANSISTOR 38 (2- 0.3%) ZENER 1 (2- 0.3%) * TRANSISTOR 1 (2- 0.3%) TRANSISTOR 33 (2- 0.3%) TRANSISTOR 45 (2- 0.3%) * RESISTANCE 57 (2- 0.3%) CONDENSATEUR 6 (1- 0.2%) CONDENSATEUR 14 (1- 0.2%) * CONDENSATEUR 16 (1- 0.2%) CONDENSATEUR 29 (1- 0.2%) CONDENSATEUR 36 (1- 0.2%) * CONDENSATEUR 38 (1- 0.2%) CONDENSATEUR 45 (1- 0.2%) CONDENSATEUR 51 (1- 0.2%) * CONDENSATEUR 68 (1- 0.2%) CONDENSATEUR 74 (1- 0.2%) CONDENSATEUR 78 (1- 0.2%) * CONDENSATEUR 83 (1- 0.2%) DIODE 8 (1- 0.2%) DIODE 13 (1- 0.2%) * DIODE 23 (1- 0.2%) DIODE 26 (1- 0.2%) DIODE 27 (1- 0.2%) * DIODE 28 (1- 0.2%) DIODE 38 (1- 0.2%) DIODE 56 (1- 0.2%) * DIODE 61 (1- 0.2%) DIODE 75 (1- 0.2%) DIODE 80 (1- 0.2%) * RESISTANCE 7 (1- 0.2%) RESISTANCE 15 (1- 0.2%) RESISTANCE 38 (1- 0.2%) * RESISTANCE 150 (1- 0.2%) SELF 2 (1- 0.2%) TRANSFORMATEUR 2 (1- 0.2%) * TRANSISTOR 4 (1- 0.2%) TRANSISTOR 10 (1- 0.2%) TRANSISTOR 26 (1- 0.2%) * TRANSISTOR 21 (1- 0.2%) TRANSISTOR 22 (1- 0.2%) TRANSISTOR 41 (1- 0.2%) * TRANSISTOR 32 (1- 0.2%) TRANSISTOR 40 (1- 0.2%) TRANSISTOR 41 (1- 0.2%) * TRANSISTOR 42 (1- 0.2%) TAUX REGUL -12 (1- 0.2%) 150V (1- 0.2%) * NIVEAU 23KH (1- 0.2%) TEMPO DF (1- 0.2%) ZENER 3 (1- 0.2%)
34	M.P	307	13-51% RELAIS 22 (49- 8.2%) RELAIS (39- 6.6%) RELAIS 23 (35- 5.9%) 9-29% RELAIS 11 (34- 5.7%) RELAIS 4 (33- 5.6%) RELAIS 6 (33- 5.6%) * RELAIS 24 (32- 5.4%) RELAIS 2 (30- 5.1%) RELAIS 25 (29- 4.9%) * RELAIS 20 (28- 4.7%) RELAIS 8 (27- 4.5%) RELAIS 10 (26- 4.4%) * TRAVERSEE (22- 3.7%) RELAIS 1 (17- 2.9%) SOUDURE (14- 2.4%) * FILS (13- 2.2%) CONDENSATEUR 39 (11- 1.5%) CONDENSATEUR 26 (9- 1.5%) * COURT-CIRCUIT 30 (7- 1.2%) FILS 42 (7- 1.2%) CONDENSATEUR 42 (7- 1.2%) * CONDENSATEUR 6 (5- 0.8%) CONDENSATEUR 35 (5- 0.8%) CONDENSATEUR 18 (4- 0.7%) * CONDENSATEUR 22 (4- 0.7%) FILS 16 (4- 0.7%) CONDENSATEUR 10 (3- 0.5%) * CONDENSATEUR 20 (3- 0.5%) CONDENSATEUR 15 (3- 0.5%) ZENER 1 (3- 0.5%) * FILS 17 (3- 0.5%) CONDENSATEUR 7 (2- 0.3%) FILS 21 (2- 0.3%) * FILS 17 (2- 0.3%) FILS 15 (2- 0.3%) CONDENSATEUR 46 (2- 0.3%) * CONDENSATEUR 11 (2- 0.3%) CONDENSATEUR 43 (2- 0.3%) CONDENSATEUR 41 (2- 0.3%) * RESISTANCE 7 (2- 0.3%) CONDENSATEUR 14 (1- 0.2%) CONDENSATEUR 16 (1- 0.2%) * CONDENSATEUR 19 (1- 0.2%) CONDENSATEUR 34 (1- 0.2%) CONDENSATEUR 48 (1- 0.2%) * CONDENSATEUR 49 (1- 0.2%) DIODE 2 (1- 0.2%) DIODE 15 (1- 0.2%) * FILS 18 (1- 0.2%) FILS 36 (1- 0.2%) FILS 55 (1- 0.2%) * FILS 826 (1- 0.2%)
22	C.A	255	11-22% COND LOGIQUE -V (152-35.4%) COND LOGIQUE +V (150-35.0%) SOUDURE (25- 5.8%) 30-22% CONDENSATEUR 47 (14- 3.3%) CONDENSATEUR 46 (12- 2.8%) NIV. CHEV. DEMOD. (12- 2.8%) * TRAVERSEE (11- 2.6%) CONDENSATEUR 17 (9- 2.1%) CONDENSATEUR 16 (9- 2.1%) * CONDENSATEUR 40 (8- 1.9%) POTENTIOMETRE 2 (6- 1.4%) POTENTIOMETRE 1 (5- 1.2%) * CIRCUIT INTEGRE 4 (1- 0.2%) CIRCUIT INTEGRE 5 (1- 0.2%) CIRCUIT INTEGRE 7 (1- 0.2%) * CONDENSATEUR 6 (1- 0.2%) CONDENSATEUR 15 (1- 0.2%) CONDENSATEUR 35 (1- 0.2%) * RESISTANCE 39 (1- 0.2%) DIODE 2 (1- 0.2%) DIODE 8 (1- 0.2%) * RESISTANCE 2 (1- 0.2%) TRANSISTOR 45 (1- 0.2%) RESISTANCE 68 (1- 0.2%) * TRANSISTOR (1- 0.2%) TRANSISTOR 3 (1- 0.2%) TRANSISTOR 6 (1- 0.2%) * TRANSISTOR 8 (1- 0.2%)
30	S.D	220	9-68% TPS GARDE E.F.1 (95-26.8%) TPS GARDE F6.F7 (86-24.3%) TPS GARDE F9.F10 (71-20.1%) 40-18% SOUDURE (18- 5.1%) RESISTANCE (15- 4.2%) CIRCUIT INTEGRE 2 (7- 2.0%) * TRAVERSEE (6- 1.7%) ZENER 1 (5- 1.4%) RESISTANCE 12 (4- 1.1%) * TRANSISTOR 13 (4- 1.1%) TRANSISTOR 15 (4- 1.1%) REF F3 1 * CIRCUIT INTEGRE 6 (3- 0.8%) TRANSISTOR 9 (3- 0.8%) DIODE * CONDENSATEUR 6 (2- 0.6%) RESISTANCE 11 (1- 0.2%) * RESISTANCE 53 (2- 0.6%) CIRCUIT INTEGRE 4 * CONDENSATEUR 4 (1- 0.3%) CONDENSATEUR 12 (1- 0.3%) * CONDENSATEUR 12 (1- 0.3%) DIODE * RESISTANCE 23 (1- 0.3%) * RESISTANCE 30 (1- 0.3%) * TRANSISTOR 70 (1- 0.3%)
29	C.C	193	8-49% (COMPUTATION) (CAPTEUR) 29-16%

6. Classement des cartes par fréquence décroissante des pannes.

Tranche d'âge	Taux de pannes sur la carte SSD	Taux de pannes de connectique de la carte SSD
de 0 à 1 an	16,2 %	14,5 %
de 1 à 2 ans	18,6 %	12,8 %
de 2 à 3 ans	20,5 %	9,5 %
de 3 à 4 ans	22,9 %	10,9 %
de 4 à 5 ans	29,0 %	10,9 %
de 5 à 6 ans	24,7 %	22,4 %
de 72 à 79 mois.....	32,9 %	28,1 %

7. Tenue de la carte SSD au vieillissement.

Quelques idées d'amélioration du matériel

Les documents précités inventorient les composants fragiles à remplacer et certaines opérations de maintenance à éviter, car trop fréquentes.

- Il faudra, par exemple :
 - choisir des relais dont les possibilités soient mieux adaptées à l'utilisation (au niveau du choix des contacts, du pouvoir de coupure, etc.), ou prendre des relais statiques (s'il n'y a pas de contre-indication par ailleurs);
 - diminuer les faux contacts en remplaçant les traversées par des trous métallisés;
 - partout où cela est possible, supprimer les réglages (en revoyant l'étude des circuits, le choix des composants), etc.

Adéquation du matériel avec les systèmes connexes

La répartition des détériorations étant maintenant connue, il faudrait en expliquer les causes qui résultent, en plus des particularités de l'entretien du matériel, d'une adéquation plus ou moins réussie entre, d'une part, sa conception et sa fabrication, et, d'autre part, les efforts auxquels il est soumis; on notera, par exemple, que le MTBF « opérationnel théorique » d'un même type de boîtiers PA augmente de 50 % quand on passe de la ligne 4, de conditions d'exploitation particulièrement éprouvantes, à la ligne 1, beaucoup plus facile.

Une cause importante de dégradation du matériel embarqué est la chaleur excessive (ce matériel travaille souvent à des températures hors tolérance, à cause d'une ventilation insuffisante, et peut subir d'importants écarts de température le long d'une ligne, lorsqu'un train passe d'un tunnel à l'air libre).

Une autre cause réside dans l'hétérogénéité de comportement de matériels supposés identiques par construction, mais qui ne le sont guère en réalité.

Ainsi, les boîtiers PA présentent de grandes disparités dans leurs

performances, comme le montre leur classement par durées moyennes de fonctionnement sur tous les trains porteurs (illustration n° 8); certains boîtiers s'avèrent même si mauvais qu'ils ont été baptisés « PA-poubelles » et ne sont guère utilisés.

Leur mauvaise qualité propre n'est pas seule en cause et une autre explication est à rechercher dans l'existence de trains « destructeurs », qui causent au matériel embarqué un nombre de pannes nettement plus élevé que la moyenne; ce phénomène, connu des réparateurs, est baptisé « effet train »; un diagramme en bâtons classant les

trains suivant les valeurs croissantes des durées moyennes de fonctionnement des équipements embarqués à leur bord montre une grande étendue des valeurs et les résultats d'un programme d'analyse de variance confirment l'existence de cet « effet train » (illustration n° 9).

Il faut néanmoins s'assurer que celui-ci n'est pas dû à la mauvaise qualité « intrinsèque » de certains boîtiers PA qui auraient été montés en permanence sur les « mauvais » trains; un examen des performances de chaque boîtier sur chaque train permet d'évaluer les parts de responsabilité respectives des « mauvais » trains et des « mau-

CLASSEMENT DES EQUIPEMENTS EMBARQUES, PAR VALEURS CROISSANTES DE LEUR DUREE MOYENNE DE FONCTIONNEMENT

SUR LA LIGNE NO 4
POUR LES EQUIPEMENTS DU TYPE: BOITIER PA
POUR LA PERIODE D'OBSERVATION DU MATERIEL DU 16/ 9/1976 AU 1/11/1978

LA DATE DE MISE EN SERVICE DE CHAQUE EQUIPEMENT ETANT DETERMINEE
A PARTIR DU FICHIER DES INTERVENTIONS-REPARATIONS
IL EST TENU COMPTE DES DUREES DE FONCTIONNEMENT DES EQUIPEMENTS EN SERVICE LORS DE L'ARRET
DE LA SAISIE INFORMATIQUE DES DONNEES: CES VALEURS, INCONNUES, SONT EVALUEES, PAR DEFAULT,
JUSQU'A LA DATE DE L'ARRET

*E N°	*O O°	*U	*A P	*N E	*G M	*E	*T	DUREE DE FONCTIONNEMENT:	*CDEFF.	*MOYENNE	*DE	*VARIATION	VISUALISATION DE LA MOYENNE
			TOTALE	D'	*OBSERVATION								
1*	82*	488J	21H	9J	11H	1.53	*****						
2*	86*	551J	23H	10J	19H	2.44	*****						
3*	39*	454J	17H	11J	20H	0.53	*****						
4*	68*	740J	6H	14J	10H	1.58	*****						
5*	117*	760J	7H	17J	14H	2.06	*****						
6*	98*	104J	22H	20J	22H	0.47	*****						
7*	13*	72J	23H	22J	7H	0.81	*****						
8*	96*	373J	19H	23J	4H	1.21	*****						
9*	85*	536J	3H	23J	9H	2.41	*****						
10*	55*	448J	23H	23J	9H	2.23	*****						
11*	4*	276J	0H	24J	6H	1.60	*****						
12*	24*	469J	15H	24J	22H	1.09	*****						
13*	2*	739J	21H	26J	3H	1.48	*****						
14*	75*	575J	3H	26J	11H	1.81	*****						
15*	54*	750J	0H	27J	11H	1.17	*****						
16*	80*	780J	22H	27J	17H	1.64	*****						
17*	21*	756J	5H	27J	21H	1.25	*****						
18*	76*	745J	6H	28J	11H	1.68	*****						
19*	1*	748J	8H	29J	21H	1.43	*****						
20*	57*	660J	18H	30J	2H	1.22	*****						
21*	20*	426J	20H	30J	2H	1.18	*****						
22*	41*	732J	23H	30J	23H	1.04	*****						
23*	36*	413J	4H	31J	5H	1.11	*****						
24*	66*	682J	5H	32J	9H	1.03	*****						
25*	43*	650J	16H	32J	19H	0.83	*****						
26*	60*	746J	8H	33J	13H	1.18	*****						
27*	35*	541J	6H	34J	7H	1.23	*****						
28*	48*	714J	21H	34J	10H	0.93	*****						
29*	93*	674J	2H	34J	20H	1.50	*****						
30*	8*	641J	13H	39J	5H	1.26	*****						
31*	83*	428J	21H	39J	8H	1.10	*****						
32*	32*	643J	1H	40J	9H	1.36	*****						
33*	45*	693J	3H	43J	1H	2.43	*****						
34*	27*	504J	6H	43J	20H	2.32	*****						
35*	84*	483J	20H	54J	2H	1.53	*****						
36*	10*	361J	23H	44J	23H	1.40	*****						
37*	23*	487J	23H	45J	6H	1.03	*****						
38*	49*	720J	22H	47J	11H	1.10	*****						
39*	44*	625J	19H	47J	16H	1.43	*****						
40*	40*	382J	19H	49J	19H	1.12	*****						
41*	81*	602J	7H	53J	1H	2.07	*****						
42*	20*	558J	1H	53J	20H	1.21	*****						
43*	50*	732J	17H	54J	7H	2.03	*****						
44*	91*	538J	20H	54J	9H	1.17	*****						
45*	33*	700J	15H	56J	2H	1.05	*****						
46*	34*	673J	18H	56J	3H	1.32	*****						
47*	46*	738J	8H	57J	11H	1.34	*****						
48*	26*	701J	0H	61J	8H	0.93	*****						
49*	3*	634J	22H	64J	1H	1.37	*****						
50*	90*	725J	23H	66J	20H	1.11	*****						
51*	47*	695J	0H	67J	6H	0.99	*****						
52*	7*	599J	18H	70J	18H	1.11	*****						
53*	11*	611J	22H	72J	13H	1.07	*****						
54*	16*	750J	22H	74J	14H	2.00	*****						
55*	69*	729J	19H	75J	10H	1.16	*****						
56*	92*	425J	22H	80J	10H	1.42	*****						
57*	14*	291J	15H	85J	5H	1.36	*****						
58*	22*	653J	17H	91J	3H	1.53	*****						
59*	18*	565J	19H	94J	1H	1.50	*****						
60*	77*	433J	23H	95J	14H	1.13	*****						
61*	65*	463J	21H	114J	6H	0.84	*****						
62*	8*	570J	22H	116J	10H	0.86	*****						
63*	12*	746J	0H	128J	2H	2.11	*****						
64*	94*	643J	22H	130J	2H	1.85	*****						
65*	17*	588J	1H	131J	12H	0.88	*****						
66*	19*	241J	3H	210J	8H	0.13	*****						

8. Classement des équipements embarqués par valeurs croissantes de leur durée moyenne de fonctionnement.

CARACTERISTIQUES STATISTIQUES DES DUREES DE FONCTIONNEMENT DES EQUIPEMENTS EMBARQUES A BORD DE CHAQUE TRAIN

.LIGNE NO 4 - PERIODE D'OBSERVATION DU MATERIEL: DU 16/ 9/1976 AU 1/11/1978
 .EQUIPEMENT ETUDIE: BOITIER PA
 .LES TRAINS SONT CLASSES PAR MOYENNE CROISSANTE DES DUREES DE FONCTIONNEMENT

N°	MOYENNE				ECART-TYPE			
	J	H	MN	S	J	H	MN	S
1	48	20	1	18	29	9	5	1
2	64	22	6	56	49	22	44	1
3	90	22	8	40	26	12	38	1
4	2	23	3	51	19	20	34	1
5	52	24	1	11	30	10	15	1
6	87	25	8	14	49	16	6	1
7	6	26	4	8	30	14	28	1
8	65	26	9	28	38	16	15	1
9	51	27	12	28	46	20	57	1
10	85	27	21	53	28	21	21	1
11	88	28	12	19	36	14	4	1
12	69	29	1	21	37	1	14	1
13	70	31	5	38	51	16	47	1
14	92	32	6	34	38	13	53	1
15	82	34	22	0	79	23	24	1
16	57	35	20	10	46	0	59	1
17	75	36	0	46	61	16	29	1
18	86	36	8	4	57	12	37	1
19	84	39	12	45	62	6	33	1
20	93	40	8	9	55	2	36	1
21	58	41	5	55	42	0	25	1
22	56	41	7	50	38	17	4	1
23	63	42	2	25	47	1	30	1
24	59	43	19	47	102	7	27	1
25	80	45	0	22	137	17	43	1
26	99	46	4	7	70	7	25	1
27	94	46	23	15	111	9	54	1
28	49	47	2	12	51	20	33	1
29	71	48	11	28	56	9	42	1
30	79	51	12	8	87	21	41	1
31	72	53	14	0	63	1	19	1
32	54	54	7	34	55	4	10	1
33	67	55	14	19	66	15	40	1
34	78	57	9	21	66	19	25	1
35	66	62	19	10	106	14	40	1
36	53	62	19	36	62	15	4	1
37	81	64	5	42	112	19	37	1
38	89	69	22	54	93	3	15	1
39	55	72	0	36	90	9	25	1
40	82	75	15	21	101	0	57	1
41	97	78	9	45	68	17	55	1
42	76	78	20	33	92	4	55	1
43	61	79	5	34	140	16	14	1
44	83	80	21	50	80	12	19	1
45	88	96	22	11	119	18	57	1
46	50	110	15	42	108	10	18	1
47	77	116	10	27	100	15	35	1
48	73	118	14	0	90	16	13	1
49	74	143	21	20	116	16	14	1
50	60	353	3	0	462	5	5	1

VISUALISATION DE LA MOYENNE

Analyse de variance :
 hypothèse d'« effet-train »
 acceptée aux seuils
 $\alpha = 5\%$ et 1% .

9. Caractéristiques statistiques des durées de fonctionnement des équipements embarqués à bord de chaque train (les trains sont classés par moyenne croissante des durées de fonctionnement).

vais » équipements; l'analyse montre, par exemple, de notables différences de comportement entre les deux boîtiers globalement les plus « mauvais », les n° 82 et 86 : le n° 82 fonctionne toujours aussi mal, quel que soit le rang de la rame porteuse, mais inversement, la fiabilité du n° 86 s'améliore quand il progresse dans la hiérarchie des trains; on en déduit donc que seul le n° 82 est « intrinsèquement mauvais ».

Si l'on s'intéresse aux dix plus « mauvaises » rames, on s'aperçoit que le noyau stable de cette catégorie, au cours de périodes consécutives, ne se compose que de deux rames, les numéros 2 et 6; or, celles-ci n'ont guère porté de boîtiers PA réputés « intrinsèquement mauvais ». On peut donc considérer que « l'effet train » est indéniable pour une minorité de trains (ce résultat est valable pour toutes les lignes de métro étudiées); il faudrait exploiter des données d'un

autre ordre sur les trains (données relatives aux pannes spécifiques du matériel roulant), pour connaître les raisons de l'action destructrice de ces quelques rames (vibrations particulièrement fortes ? existence de champs électriques perturbateurs ?...) et y remédier.

Par ailleurs, compte tenu de la fragilité connue de certaines cartes électroniques, on pourrait s'attendre à ce que certains trains « destructeurs » abîment plus particulièrement ces cartes; or, une analyse factorielle des correspondances ne donne qu'une faible discrimination entre les rames. De ce point de vue, on peut donc dire que les « mauvais » trains provoquent beaucoup de pannes sur les cartes de leur équipements, mais qu'ils ne semblent pas dégrader plus spécialement les cartes les plus fragiles, comme on le croyait.

L'amélioration des méthodes de maintenance

Un objectif : réduire le nombre de pannes de « récidence »

L'importance du taux de pannes de récidence montre qu'une amélioration doit être recherchée au niveau des interventions de dépannage. Si l'on avait réussi à éliminer complètement ce phénomène sur la ligne 4, on aurait fait passer le MTBF global de 42 jours à près de 82 jours : il aurait presque doublé ! En plus de l'amélioration du matériel déjà évoquée, il faut donc améliorer l'identification et la résolution des pannes

Les moyens de l'amélioration

La structure des équipes de maintenance doit permettre un réel dialogue entre les intéressés (Services TC et FR) conduisant à une analyse commune de la panne et à une action sur le train; pour ce faire, l'analyse des pannes doit porter sur un système pris dans son ensemble, et non sur ses éléments considérés isolément (« approche système »); ce système physiquement décomposable en un train, un PA embarqué et des installations fixes, constitue en effet un tout du point de vue fonctionnel.

Les équipes de maintenance doivent disposer de meilleures conditions d'intervention, leur permettant d'effectuer leur tâche sans être gênées par l'exploitation des trains, et inversement, sans trop pénaliser cette dernière, ce qui doit se traduire au niveau des infrastructures, en particulier lors de la conception des terminus, lesquels devraient comprendre, au minimum, une fosse de visite située en dehors des voies de circulation et de garage, une aire de simulation statique et des locaux susceptibles d'accueillir

l'équipe de dépannage FR/TC et les matériels de test et de réserve, à proximité des aires de travail.

Des outils adaptés doivent être développés à chaque niveau afin d'aboutir à une amélioration des méthodes de diagnostic des pannes :

— 1^{er} niveau : localisation du sous-ensemble défectueux, grâce à l'utilisation des signalements transmis par le DAM et à la mise en œuvre de valises de test à bord des trains en terminus (SAT), et du générateur de stimuli ;

— 2^e niveau : recherche de la carte en défaut dans le sous-ensemble défectueux par passage au banc de test (générateur de stimuli) situé au centre de maintenance ;

— 3^e niveau : remise en état de la carte au centre de maintenance, grâce au testeur de cartes.

L'ensemble de ces outils doit assurer l'homologation du matériel, son dépannage et sa remise à niveau systématiques, et éliminer l'hétérogénéité des parcs d'équipements ; cette homologation et cette remise à niveau doivent être effectuées quel que soit le moyen ayant été utilisé pour le dépannage, grâce à un « testeur de cartes ».

Le comportement « poissonien » des pannes sur ce type de matériel électronique nécessite des méthodes de maintenance qui lui soient adaptées, et non pas dérivées des pratiques d'entretien mécanique ou électrique ; cela demande, en particulier, un développement des méthodes d'entretien prédictif — qui consiste à détecter des dérives des caractéristiques de fonctionnement ou des anomalies fugitives avant l'apparition de la panne cataleptique — et un effort accru de formation du personnel.

Conclusion

Une telle étude de fiabilité opérationnelle intéresse les décideurs, en les orientant dans leurs choix des grandes options d'une politique de renouvellement, de maintenance, ou d'accroissement de la disponibilité des matériels ; elle concerne aussi les électroniciens, concepteurs

d'équipements et praticiens de la maintenance, par le tableau exhaustif et précis qu'elle donne de la réalité du fonctionnement et de la sensibilité aux pannes des éléments qu'ils ont construits ou qu'ils entretiennent. Si les conclusions obtenues peuvent confirmer certaines intuitions ou l'expérience des hommes de terrain, elles sont néanmoins autrement plus riches et plus sûres ; les évaluations quantitatives sont en effet irremplaçables pour la compréhension de phénomènes mal connus, pour la hiérarchisation des problèmes, et pour la prise de décisions beaucoup plus fondées et moins empiriques que naguère, ce qui est essentiel lorsque les implications économiques sont grandes, les systèmes étant de plus en plus complexes et difficiles à maîtriser, sinon par l'informatique.

Ces calculs de fiabilité opérationnelle se justifient d'autant plus que leurs résultats peuvent différer notablement des évaluations prévisionnelles ; il est difficile, en effet, de prévoir et de reproduire, au niveau des essais préliminaires, l'éventail complet des conditions de fonctionnement réelles d'un matériel en exploitation, au nombre desquelles il faut compter les perturbations dues à l'environnement, comme de fortes températures, un taux d'humidité de l'air élevé, la présence d'eau noyant des circuits électroniques ou encore une forte densité de poussières dans une atmosphère polluée. Faute de données aisément accessibles, cette étude n'a pu aborder les relations existant entre certains facteurs de l'environnement, comme les conditions atmosphériques, et les avaries. Vu l'importance de ces phénomènes, la collecte des données correspondantes doit être envisagée lors de l'élaboration de tout nouveau système de suivi.

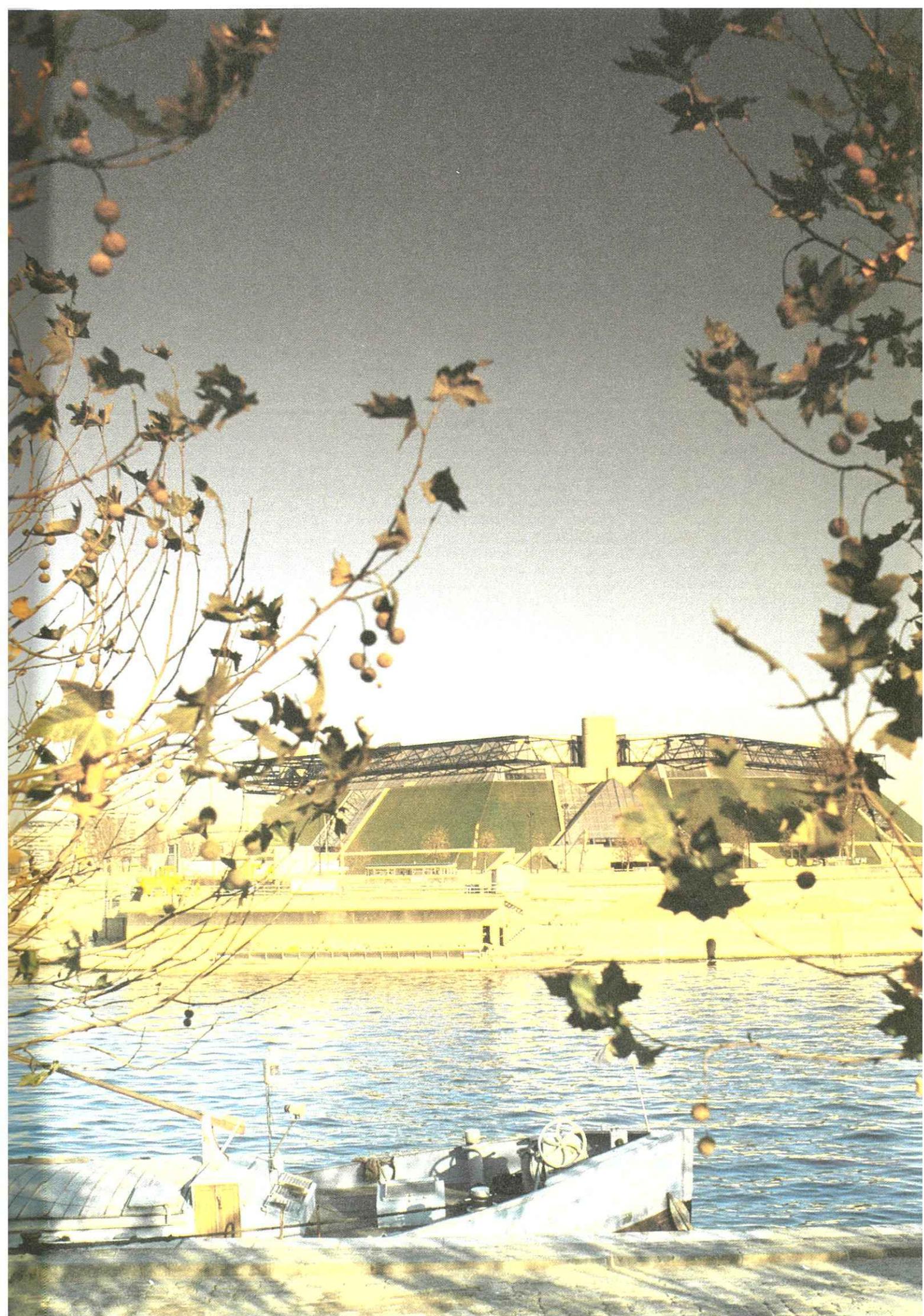
Il semble utile de rappeler, en dernier lieu, que ce type d'analyse n'a d'intérêt que dans la mesure où l'information traitée est fiable : « Garbage in, garbage out ! » disent les Américains (« garbage » signifiant « déchets ») ; or, obtenir des données sûres et complètes se révèle bien moins simple qu'il n'y

paraît et il faut recommander le plus grand soin aux concepteurs de projets de suivi de matériel, dans leur examen des aspects techniques et humains de la question. ■

Bibliographie

(1) Jean-Paul Richard : « Comment en arrive-t-on à un projet intégré de maintenance ? » dans ce même numéro.

(2) G. Voisin et J.-P. Perrin : « Le pilotage automatique du métro de Paris » — Bulletin de documentation et d'information de la RATP, avril-mai-juin 1977.



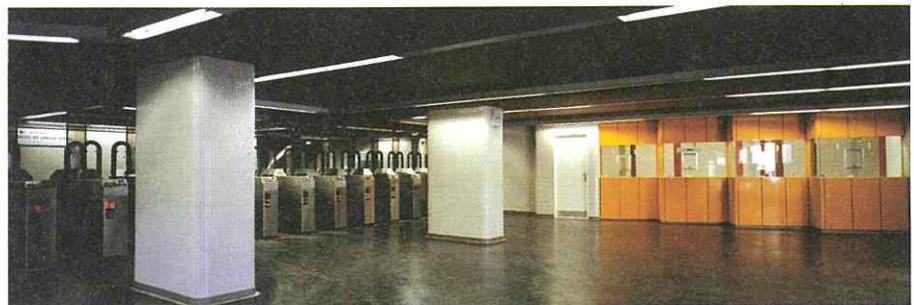
NOUVELLES DIVERSES DE LA RATP

CRÉATION D'UN ACCÈS SUPPLÉMENTAIRE Station de Métro Bercy (ligne 6) et Gare RER de Neuilly-Plaisance (ligne A)

Station Bercy

Dans le cadre de l'ouverture prochaine, à proximité de la partie sud de la station de métro « Bercy - ligne 6 », du Palais Omnisports de Paris-Bercy (POPB), où la Ville de Paris prévoit un nombre important de manifestations annuelles, la RATP a été amenée, afin de pouvoir répondre à l'avenir à l'augmentation des débits de voyageurs lors de ces manifestations, à modifier la capacité et les caractéristiques de cette station.

L'opération a consisté, d'une part, en l'extension de la salle des billets, sous la rue de Chambertin, au sud de l'ouvrage, avec mise en place dans cette nouvelle salle d'une ligne de 15 contrôles réversibles pour remplacer ceux existant auparavant à l'entrée des



Station « Bercy » - ligne 6 : la nouvelle salle des billets.

RATP - Chabrol

quais, et, d'autre part, en la création d'un accès supplémentaire vers le Palais Omnisports, au droit du square de Chambertin. Par ailleurs, l'accès principal situé boulevard de Bercy a été rénové.

Démarrés en juillet 1982 après mise

au point du projet, les travaux de gros œuvre puis d'aménagement se sont déroulés sans encombre conformément au planning. Pendant les travaux, la vente des titres de transport s'effectuait à partir d'un bureau de vente provisoire installé au niveau du sol face à l'accès principal.

La mise en service des nouvelles installations est intervenue le 10 novembre 1983.

L'accès supplémentaire « Bercy » - ligne 6 vers le Palais Omnisports.



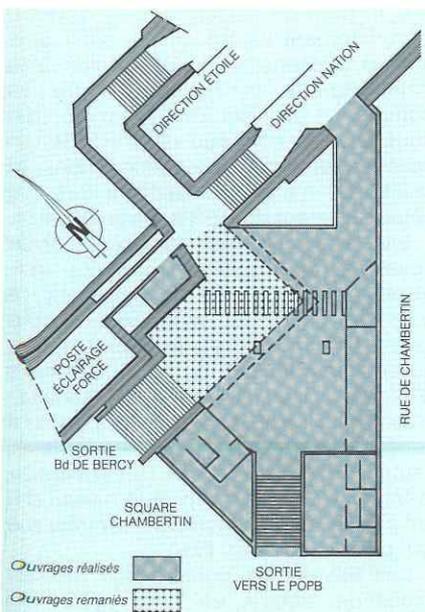
RATP - Chabrol

Gare de Neuilly-Plaisance

La gare RER de Neuilly-Plaisance, sur la branche de Marne-la-Vallée de la ligne A, mise en service le 8 décembre 1977, est construite de telle façon que ses quais sont situés de part et d'autre de la RN 34, voie à grande circulation.

Dans la situation initiale, elle ne comportait qu'un seul accès, au nord de la RN 34, alors qu'au sud, se trouvent le parc de stationnement de la gare ainsi que les arrêts des lignes d'autobus 113 B et 114.

Cette situation obligeait les usagers du RER qui se rabattaient sur la gare en voiture particulière ou par les lignes d'autobus précitées, à traverser la RN 34, ce qui représentait un danger important.

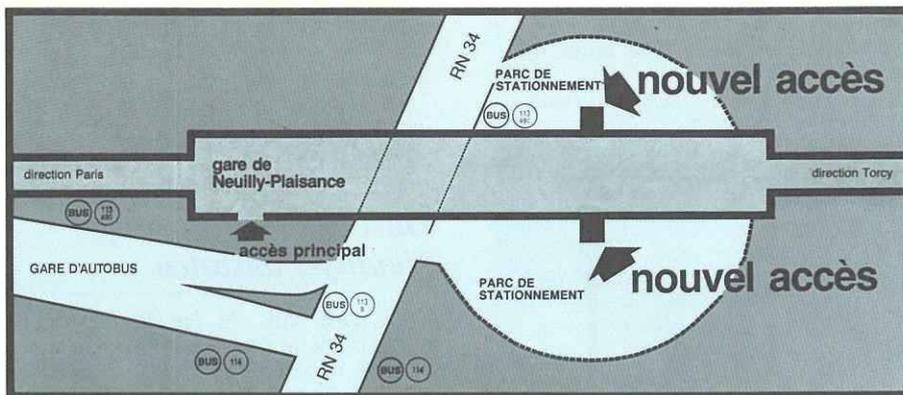


Modification de la station « Bercy » - ligne 6.



RATP - Mimoli

La gare RER de Neuilly-Plaisance : au premier plan, le nouvel accès.



Implantation du nouvel accès à Neuilly-Plaisance.

Compte tenu de ce danger, compte tenu également du fait que le trafic de la ligne s'était beaucoup accru depuis son origine, qu'il allait encore s'accroître, et que le parc de stationnement, devenu complètement saturé, devait subir des travaux d'extension, il a été décidé, à la demande de la Région et de la commune de Neuilly-Plaisance, de construire du côté sud de la RN 34 un accès supplémentaire, accès dont la réalisation n'était pas justifiée lors de l'établissement du RER dans le secteur.

L'ouvrage réalisé comprend pour l'essentiel une salle de contrôle, implantée sous le viaduc supportant la voie et totalement indépendante de celle déjà existante au nord, prolongée, au-delà des péages, par deux batteries d'escaliers fixes disposées perpendiculairement à l'axe du viaduc et donnant accès l'une au quai direction « Paris », l'autre à celui direction « Torcy/Marne-la-Vallée ». L'accès depuis le niveau du sol à cette nouvelle salle de contrôle se fait par un escalier fixe.

Les travaux de construction de cet accès ont débuté en mars 1982. Sa mise en service a eu lieu le 8 septembre 1983. ■

EXPLOITATION DU RÉSEAU D'AUTOBUS

Mise en service du « Clodoald »

Le 1^{er} septembre 1983, afin d'offrir aux habitants de la commune de Saint-Cloud une desserte locale mieux adaptée à leurs besoins, le service « Busphone », service d'autobus à la demande créé en 1975, a été abandonné et remplacé par le « Clodoald ».

Trois véhicules du même type que les précédents – des Citroën Coyotte – circulent donc maintenant à travers la ville, sous l'indice 260, du lundi au vendredi de 8 h 30 à 19 h 10, en suivant un itinéraire de 14 km de longueur formé de deux boucles dites Ouest et Est et centré sur la gare de Saint-Cloud (voir plan). Contrairement à celui du Busphone, l'itinéraire du Clodoald est fixe. Par ailleurs, en tant que service urbain communal, le Clodoald complète bien sans les doubler les autres lignes RATP qui desservent déjà le secteur.

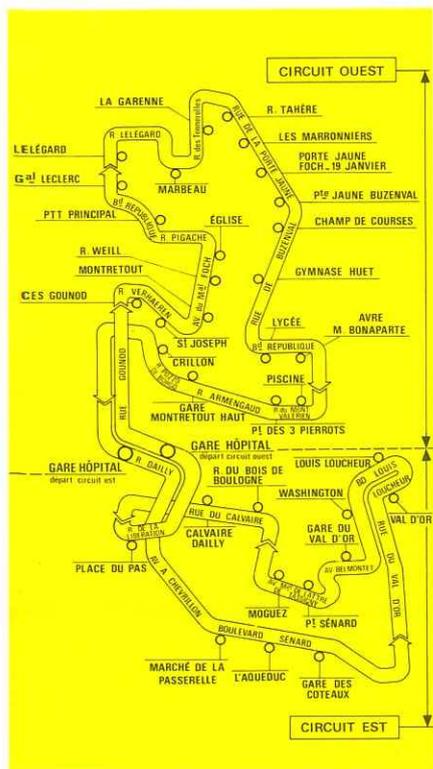
Tout trajet effectué sur la ligne coûte 2 francs, quelle qu'en soit son origine mais à condition qu'il n'excède pas un tour complet, le prix du parcours pou-

vant être acquitté en pièces de 1 ou 2 francs, ou encore avec des jetons vendus 2 francs l'unité ou 17 francs les 10 aux endroits où étaient vendus

auparavant les jetons du Busphone, c'est-à-dire à la Mairie et au Pont de Saint-Cloud. Aucune vente n'est effectuée à bord des voitures.



RATP - Carrier



Itinéraire du « Clodoald ».

Création d'un service urbain à Saint-Ouen

Le 19 septembre 1983, à la suite d'un accord passé entre la RATP et la municipalité, la commune de Saint-Ouen a été dotée à titre d'essai d'une nouvelle ligne d'autobus assurant une desserte interne et portant l'indice 337.

Ce nouveau service urbain, dont



RATP - Minoli



Le service urbain de Saint-Ouen.

l'objet est d'offrir une meilleure liaison entre les différents secteurs de la ville, est exploité du lundi au vendredi aux heures creuses de la journée avec des autobus standard circulant toutes les 45 minutes environ, sur un itinéraire (voir plan) allant de Place Debain/Cité Bourdarias à Place Payret/Quartier Pasteur en passant par la mairie (des départs sont assurés de ces trois points).

Cet itinéraire, situé entièrement en zone 2 de la carte orange, est composé de deux sections de tarification.

Prolongement des lignes 148 A, 208 N et 108 A

Ligne 148 A : « Pantin (Église)/Aulnay-sous-Bois (Garonor) »

Depuis le 1^{er} septembre 1983, afin d'améliorer la desserte de la zone industrielle de Garonor, la ligne est prolongée d'un arrêt dans cette zone, sans incidence sur la tarification. Parallèlement à cette opération, le tronçon allant du Rond-Point de la Division Leclerc à Blanc-Mesnil jusqu'au nouveau terminus d'Aulnay-sous-Bois n'est plus exploité que du lundi au vendredi aux heures de pointe, la desserte « Pantin (Église)/Blanc-Mesnil (Rond-Point de la Division Leclerc) » continuant à être assurée tous les jours de la semaine suivant les mêmes horaires.

Ligne 208 N : « Chennevières-sur-Marne (Clément Ader - Les Bordes)/Villiers-sur-Marne (Gare) »

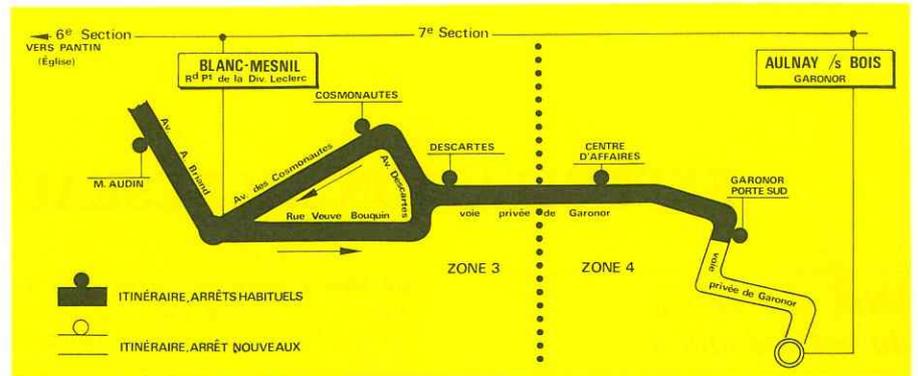
Depuis le 8 septembre 1983, afin d'assurer une desserte de la zone industrielle de Chennevières-sur-Marne, la ligne est prolongée jusqu'à cette zone du lundi au vendredi aux heures de pointe. Le nouveau parcours constitue une section supplémentaire sur la ligne.

Ligne 108 A : « Joinville (Gare RER)/Champigny (Mairie - Rue A. Trait) »

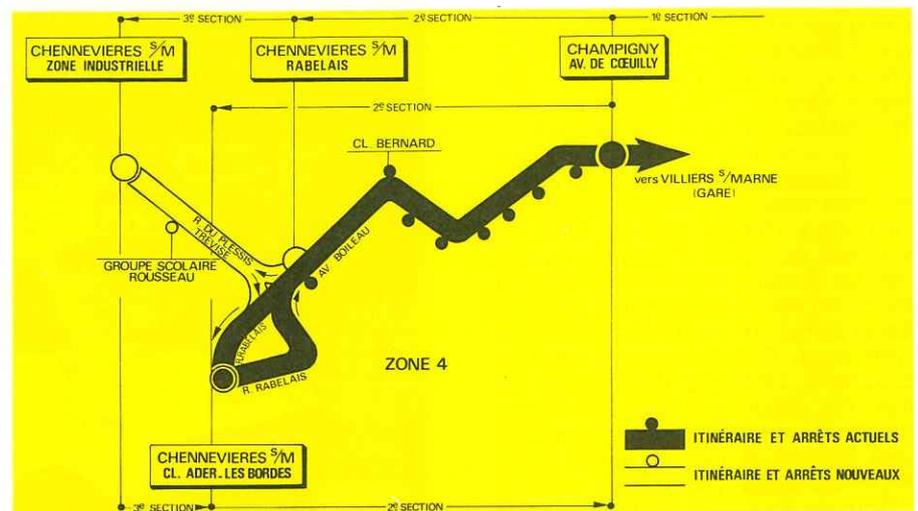
Depuis le 10 octobre 1983, la ligne est prolongée partiellement (une voiture sur deux) de Champigny (Mairie - Rue A. Trait) jusqu'à Champigny (Jeanne Vacher), afin de mieux desservir les ensembles d'habitations situés dans ce secteur. Le prolongement constitue une deuxième section sur la ligne et pénètre en zone 4 de la carte orange

**

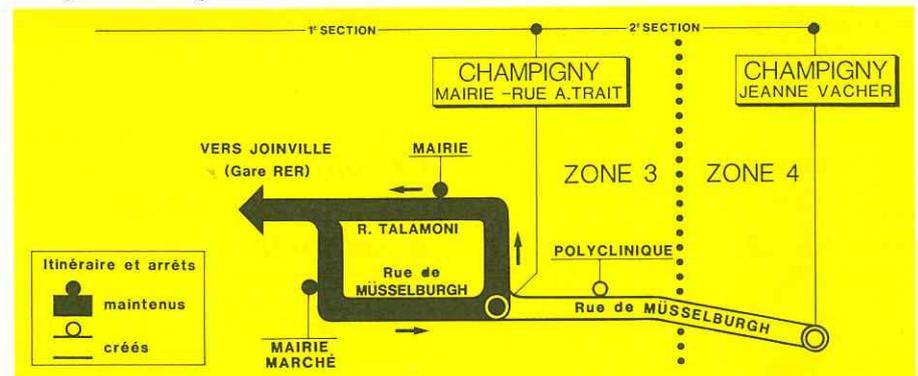
Les itinéraires de ces trois prolongements sont représentés sur les plans ci-contre.



Prolongement de la ligne 148 A.



Prolongement de la ligne 208 N.



Prolongement de la ligne 108 A.

Aménagements réservés à la circulation des autobus

Dans Paris, aucune modification n'a été apportée à ces aménagements.

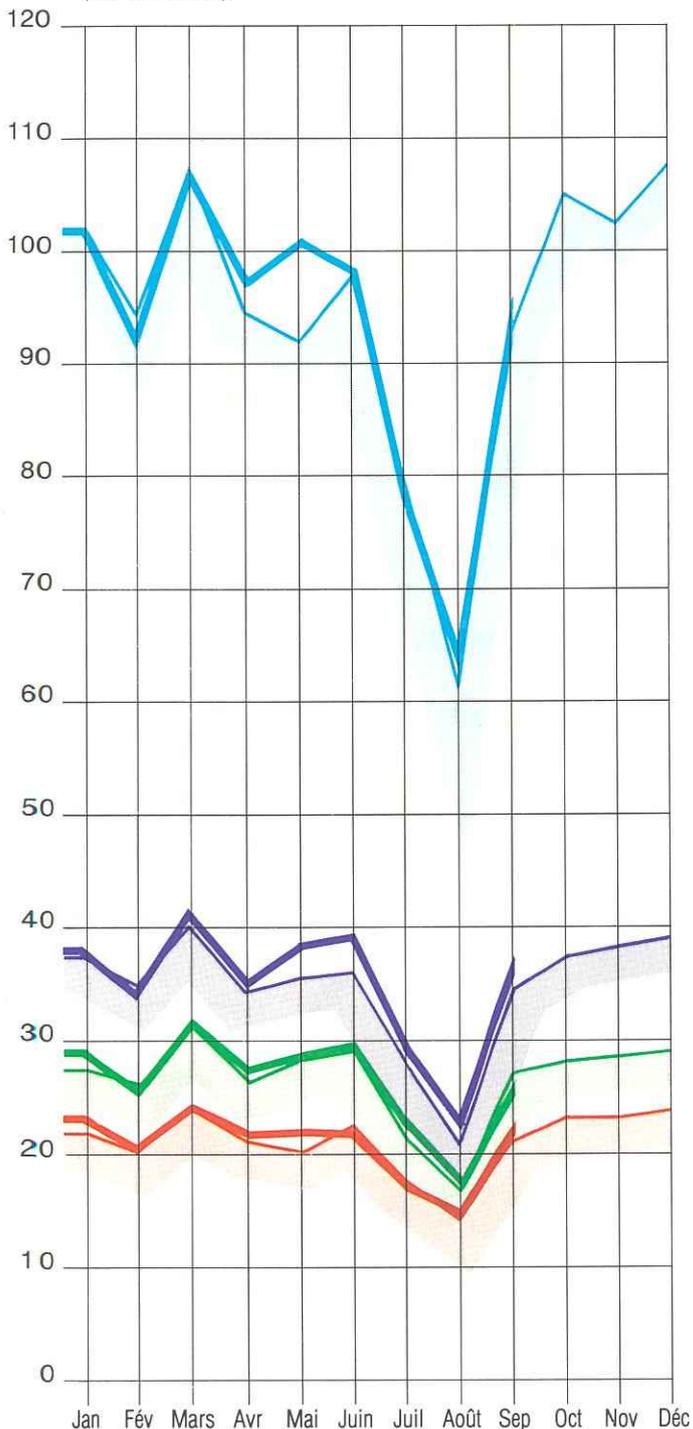
En banlieue, le 18 juillet 1983, à Bourg-la-Reine dans les Hauts-de-Seine, un couloir de 730 mètres de longueur dans le sens de la circulation générale a été créé boulevard du Maréchal Joffre, de la rue de Fontenay à la place de la Libération; il est emprunté en totalité par les lignes 197 et 297, et partiellement par les lignes 192 et 390.

Cette opération porte à 106 le nombre des aménagements réservés à la circulation des autobus en banlieue au 30 septembre 1983, totalisant 55,930 km et utilisés par 9 lignes du réseau de Paris sur 4,670 km et 84 lignes du réseau de banlieue sur 137,140 km de leurs itinéraires.

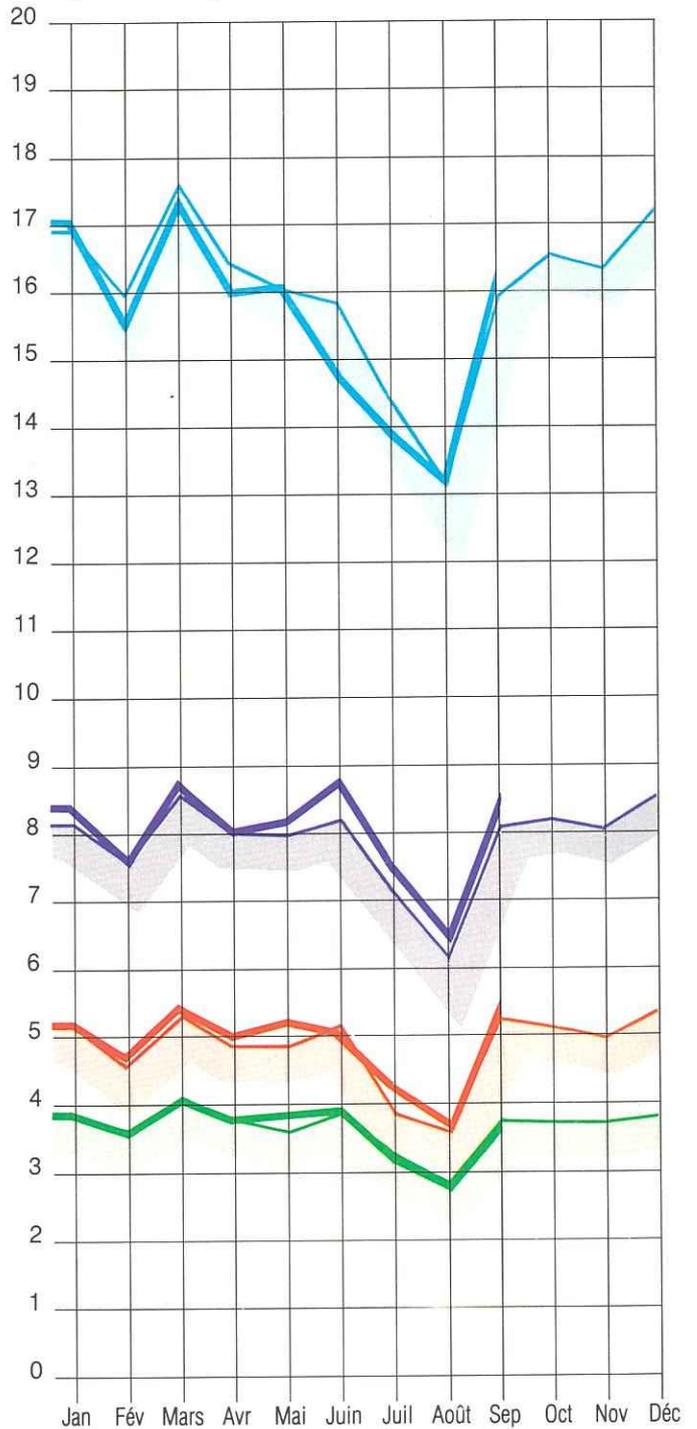
Dans Paris, à la même date, le nombre des aménagements reste de 253, totalisant 106,980 km et utilisés par les 55 lignes du réseau de Paris sur 275,080 km et 23 lignes du réseau de banlieue sur 8,640 km de leurs itinéraires. ■

TRAFIC ET SERVICE DE L'ANNÉE 1983

Nombre de voyages effectués
(en millions)



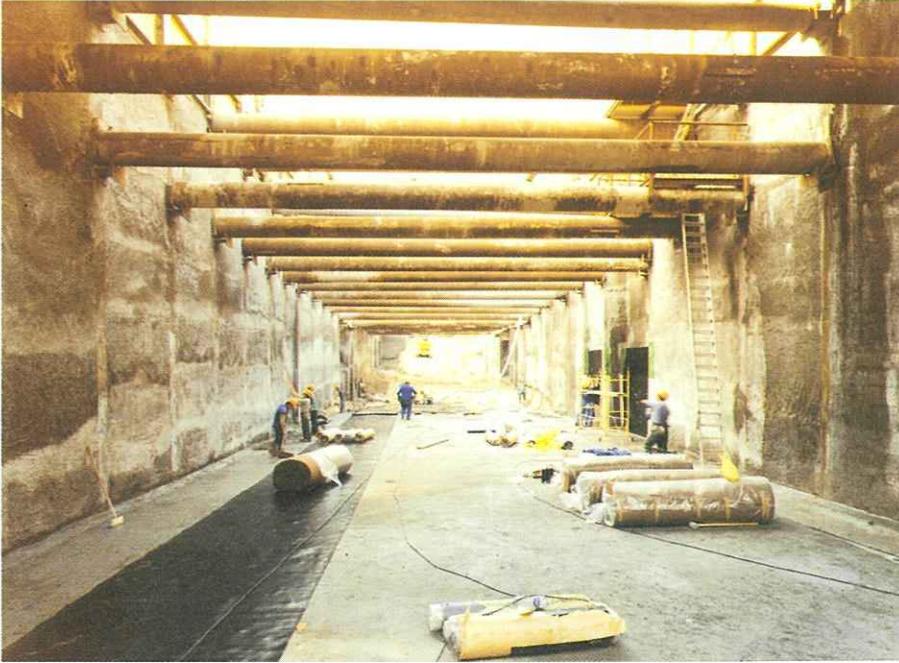
Nombre de km × voitures effectués
(en millions)



- Métro
- Autobus de banlieue
- Autobus urbains
- RER

Les courbes en demi-teintes indiquent les résultats des mêmes mois de 1982.

①



**Méto - Ligne 7 :
Prolongement au nord, à La Courneuve.**

① Vue de la fouille berlinoise (lot 5) :
travaux d'étanchéité.

② Vue du tunnel sens Paris-banlieue (lot 7) :
éclairage mis en place.

**RER - Ligne B :
Construction du PCC de Denfert-Rochereau.**

③ Vue générale du bâtiment côté entrée.

**Transfert de l'École Technique à Noisiel
(Marne-la-Vallée).**

④ Vue d'ensemble du chantier :
au premier plan, le futur bâtiment
« enseignement ».

au second plan, le futur bâtiment « ateliers ».

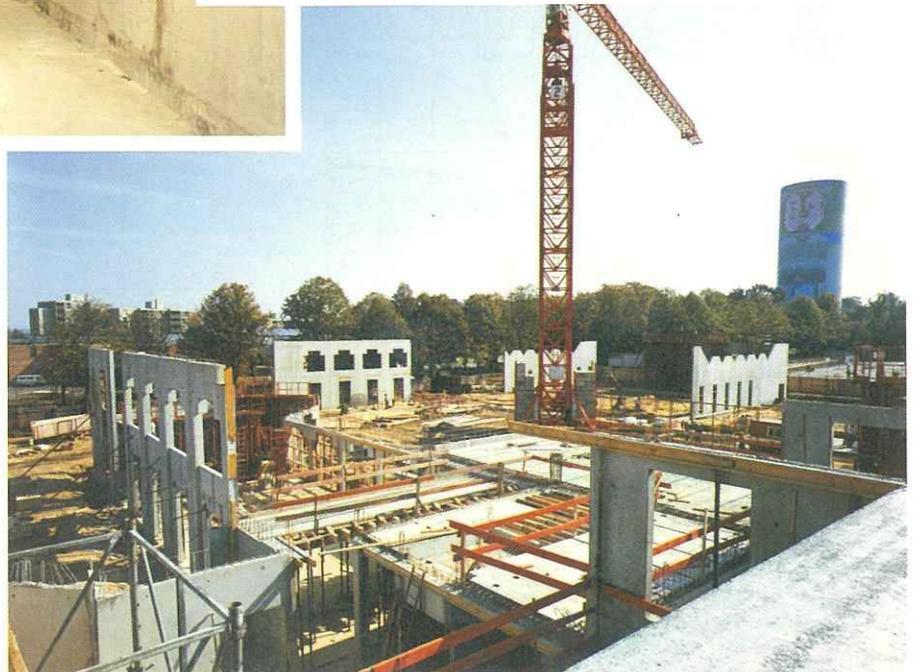
⑤ Le hall du bâtiment « enseignement ».



②

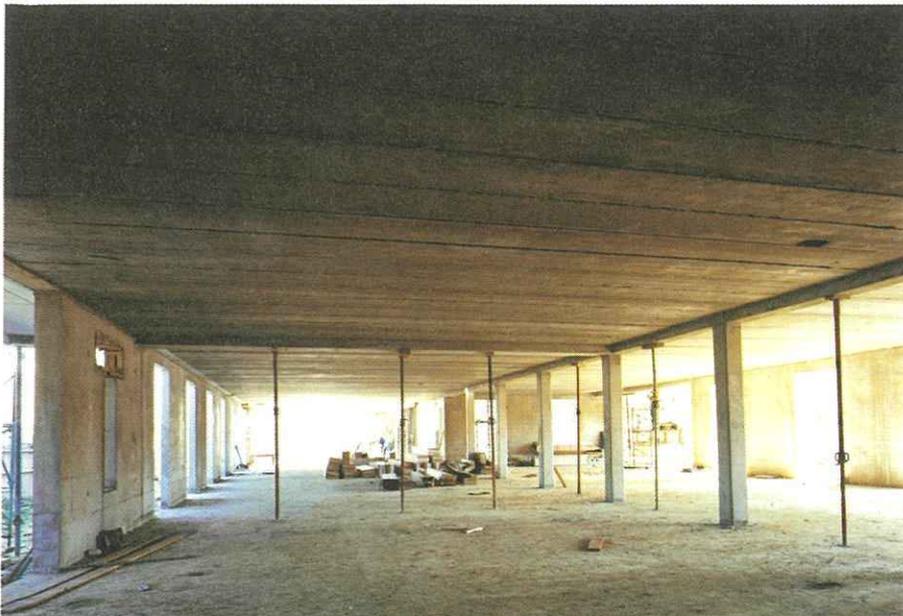


③



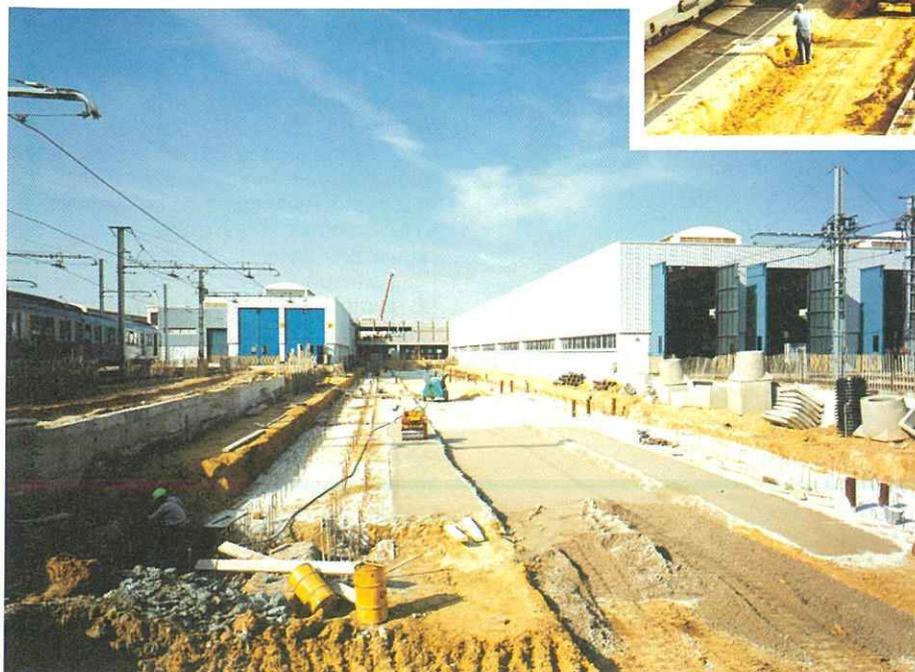
④

⑤



VUES DES TRAVAUX EN COURS

⑦



Métro - Ligne 7 bis : Station « Pré-Saint-Gervais ».

⑥ Mise en place de nouveaux ascenseurs.

Extension de l'aire de lavage de Massy-Palaiseau

⑦ Construction de quatre voies
supplémentaires au faisceau sud.

Extension des ateliers de Boissy-Saint-Léger.

⑧ Les emprises du futur hall trois voies
destiné à l'entretien des matériels
« interconnexion ».

NOUVELLES DIVERSES DE FRANCE



LYON

Un réseau de transmissions par fibres optiques pour la ligne C du métro

Après trois années d'études, la SEMALY (Société d'économie mixte du métropolitain de l'agglomération lyonnaise) a décidé, dans le cadre de l'extension de la ligne C, la réalisation d'un réseau de transmissions par fibres optiques intégrant les informations relatives à la télésurveillance, la sonorisation, la transmission de données et aux liaisons téléphoniques des cinq stations de cette ligne.

Ce réseau n'est pas un réseau expérimental, mais doit permettre effectivement l'exploitation de cette ligne. Par ailleurs, des fibres optiques sont installées pour l'expérimentation d'autres systèmes qui seront intégrés progressivement sur ce type de liaisons (interphonie d'alarme, télé-affichage, gestion de distributeurs, titres de transport, etc.).

Les principales caractéristiques de ce réseau sont les suivantes :

— Toutes les stations de la ligne C sont raccordées à un satellite installé dans la station « Hénon », soit par fibres optiques (pour le réseau de télésurveillance), soit par liaison traditionnelle cuivre (pour les réseaux de téléphonie et de sonorisation). Un tronc commun constitué de 6 fibres actives relie ce satellite au poste de commande centralisée, installé dans la station « Part-Dieu ». Il établit la transmission de toutes les informations vers celui-ci sur 5,5 kilomètres sans répéteur.

— Les câbles destinés à être installés dans le tunnel du métro sont à enveloppe d'aluminium, protégée contre la corrosion par une gaine en matière plastique. Ils sont constitués d'un ou plusieurs joncs rainurés sous ruban et gaine en polyamide.

La mise en service de ce nouveau réseau de transmissions est prévue pour le deuxième semestre 1984. ■

(Transport-Environnement-Circulation, mai-juin 1983)

NICE

Axe prioritaire et automatisation de l'exploitation

La troisième tranche de l'axe prioritaire est-ouest pour transports collectifs, qui reliera le centre de Nice à l'aéroport, vient d'être achevée. D'une longueur de 1 200 mètres (600 mètres dans chaque sens), le nouveau tronçon, construit dans l'axe de la chaussée, a été mis en service le 22 juillet 1983 entre Vallon Barla et Fabron. Il est séparé de la circulation générale par des bordures et comporte des arrêts équipés d'abris. La priorité aux carrefours est modulée en fonction des passages d'autobus. A la fin de 1983, le réseau de Nice comptera 17 kilomètres de couloirs réservés, dont 3,450 kilomètres d'axe prioritaire.

L'aménagement de cet axe prioritaire entre dans le cadre de la politique volontariste de la municipalité niçoise, qui a permis au réseau des transports urbains de connaître un accroissement du trafic au cours de ces dernières années : entre 1975 et 1981, le nombre de voyageurs est passé de 29 millions à 41 millions.

La concrétisation la plus nette de cette volonté est constituée par la décision de la Ville de Nice de doter le réseau d'un système automatisé assurant à la fois l'information des usagers et l'aide à l'exploitation.

Conçu par une entreprise niçoise, ce système, développé avec le concours de la Société des transports urbains de Nice, répond notamment à deux objectifs :

— améliorer le confort de l'usager à l'arrêt, en atténuant autant que possible la pénibilité de l'attente, liée essentiellement à son incertitude ; c'est la fonction du VIDEOBUS, système d'information dynamique des usagers aux arrêts d'autobus ; ce système, matérialisé par des panneaux avec voyants lumineux, donne la position des véhicules qui vont arriver, sur chacune des lignes qui desservent le point d'arrêt ;

— accroître la fiabilité et la régularité du service ; c'est la fonction du CIBUS, système d'aide à l'exploitation qui, à partir d'informations sur la position des autobus, d'une part, permet à l'exploitant de surveiller le service, prévoir et agir sur les situations dégradées pour en atténuer les effets (utilisation en temps réel), mais aussi d'améliorer les tableaux de marche (utilisation en temps différé) et, d'autre part, apporte une aide à la régularité des passages des autobus grâce à un couplage avec les différents systèmes de régulation des feux tricolores au niveau de la macrorégulation et de la microrégulation.

Une première expérimentation du système d'information VIDEOBUS avait débuté en mai 1981, sur l'axe prioritaire. Compte tenu du succès de cette opération, la municipalité a décidé de procéder à l'extension de ce système et à la création d'un poste central de régulation, doté du système d'aide à l'exploitation CIBUS. En 1983, près de 60 points d'arrêt, sur 15 des 18 principales lignes du réseau, seront équipés de panneaux d'information VIDEOBUS et la totalité des 190 autobus standard et articulés recevront l'équipement de détection et d'identification. Parallèlement, les terminus de trois lignes seront équipés de balises afin de mettre au point et tester les programmes de traitement des données et les algorithmes de régulation du système CIBUS. ■

(UITP Revue, n° 1 1983 ; Transport public, septembre 1983)



Photo La Vie du Rail/P. Béjui

Nice : un autobus articulé sur l'axe prioritaire est-ouest.

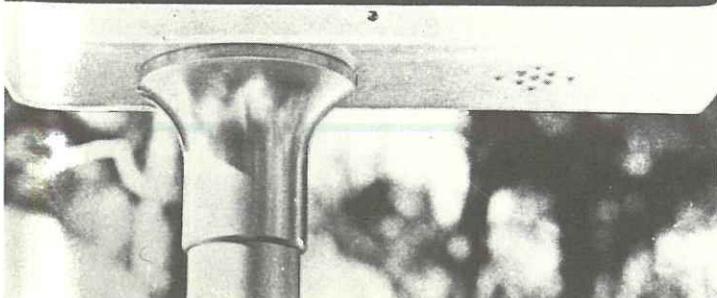
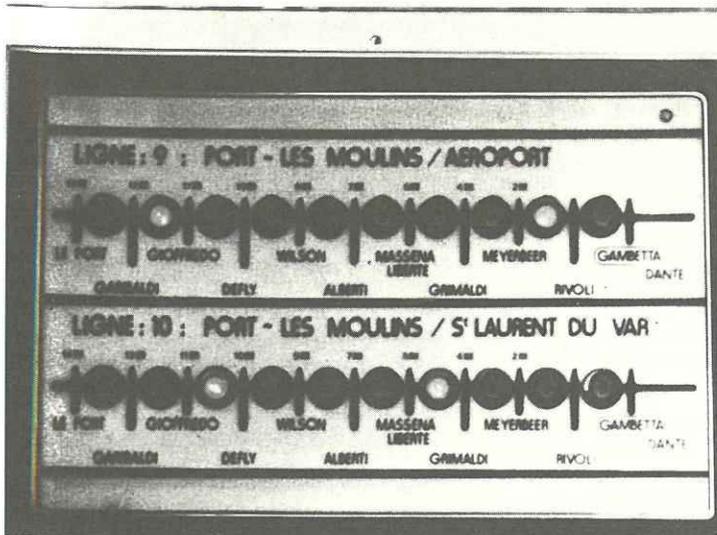


Photo Sere/Industries et techniques

Nice : panneau d'information VIDÉOBUS.

NOUVELLES DIVERSES DE L'ÉTRANGER

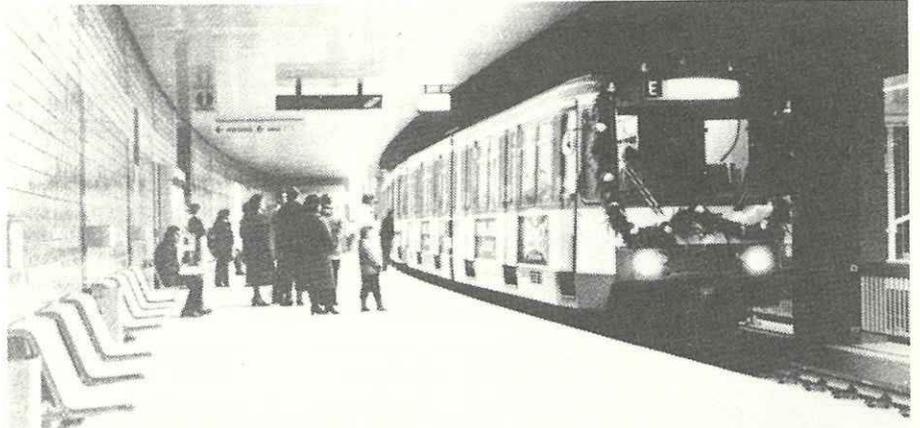


COLOGNE

Mise en service du dixième tronçon de métro léger

Le 10 avril 1983, une nouvelle section de ligne du métro léger de Cologne, d'une longueur de 3 kilomètres environ, a été ouverte à l'exploitation. Ce nouveau tronçon, situé dans la commune de Deutz, sur la rive droite du Rhin, relie au centre de Cologne les communes de banlieue fortement peuplées de Höhenberg et de Vingst, en passant par la zone industrielle de Kalk ; entièrement en site propre, son tracé est souterrain sur une longueur de 2 kilomètres, avec deux stations (« Bahnhof Deutz-Messe » et « Deutz-Kalker Bad »), puis en surface, avec la station « Deutzer Freiheit », jusqu'au pont franchissant le Rhin.

L'inauguration du tronçon de métro léger de Deutz coïncide avec le ving-



Métro léger de Cologne : station souterraine « Deutz Kalker Bad ».

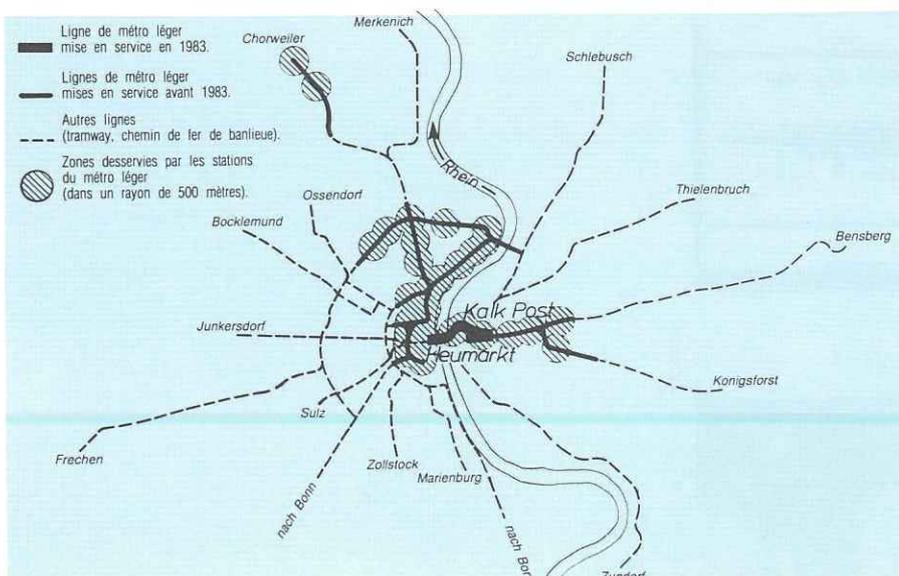


Métro léger de Cologne : station en surface « Deutzer Freiheit ».

tième anniversaire du début de la construction du premier tunnel souterrain pour tramways dans le centre de

Cologne, qui fut mis en service cinq ans plus tard, en octobre 1968. Depuis lors, une conception originale d'intégration des divers types de réseaux ferrés urbains s'est élaborée, qui devait permettre une amélioration des transports en commun dans l'ensemble de l'agglomération de Cologne : lignes de tramway, de métro léger et de chemins de fer de banlieue. C'est dans le cadre de cette politique que, de 1968 à 1983, dix sections de lignes de métro léger ont été progressivement mises en service, et qu'actuellement sur une longueur totale de 153 kilomètres de lignes ferroviaires qui desservent Cologne, 59 % sont en site propre intégral ou en site propre avec passages à niveau protégés. Par ailleurs, 79 % du million d'habitants de l'agglomération de Cologne peuvent atteindre le centre-ville en moins de 30 minutes, et 55 % en moins d'un quart d'heure, la vitesse commerciale des rames s'élevant en moyenne à 23,5 km/heure. ■

(Der Stadtverkehr, mai-juin 1983)



Document Verkehr und Technik

ESSEN

Exploitation mixte d'autobus guidés et de tramways sur une voie de tramway

Depuis septembre 1980, une voie en site propre d'une longueur de 1,3 kilomètre, avec trois points d'arrêt, est exploitée, par la Régie des transports d'Essen, avec des autobus articulés à guidage mécanique latéral. Les résultats satisfaisants obtenus avec cette expérimentation d'autobus guidés en site propre ont permis d'aborder la seconde phase du projet, à savoir l'exploitation mixte d'autobus guidés et de tramways sur une voie de tramway existante, spécialement aménagée à cette fin, les pistes de roulement en béton pour les autobus étant installées de chaque côté de la voie ferrée. La mise en service de cette nouvelle voie de transport en commun de conception originale a eu lieu le 29 mai 1983. La prochaine étape du projet, qui sera réalisée en 1984-1985, consistera à expérimenter la circulation de trolleybus hybrides guidés dans un tunnel de tramway du centre-ville. ■

(Nahverkehrs-Praxis, juin 1983)



Photo Der Stadtverkehr

Essen : voies aménagées pour l'exploitation combinée d'autobus et de tramways.



Photo Verkehr und Technik

Essen : pose des pistes de roulement pour autobus guidé le long de la voie de tramway.

LAGOS

Mise en chantier du métro

Le 16 juillet 1983, a eu lieu la cérémonie d'ouverture du chantier du métro de Lagos, dont la conception et la réalisation seront entièrement assurées

par un groupement français, dont le chef de file est Interinfra, composé de dix-neuf sociétés, dont la Sofretu, filiale de la RATP, qui apportera son concours dans les domaines de la conception et de l'assistance à l'exploitation.

Lagos, capitale économique du Nigeria, a connu ces dernières années une croissance importante, qui a porté sa

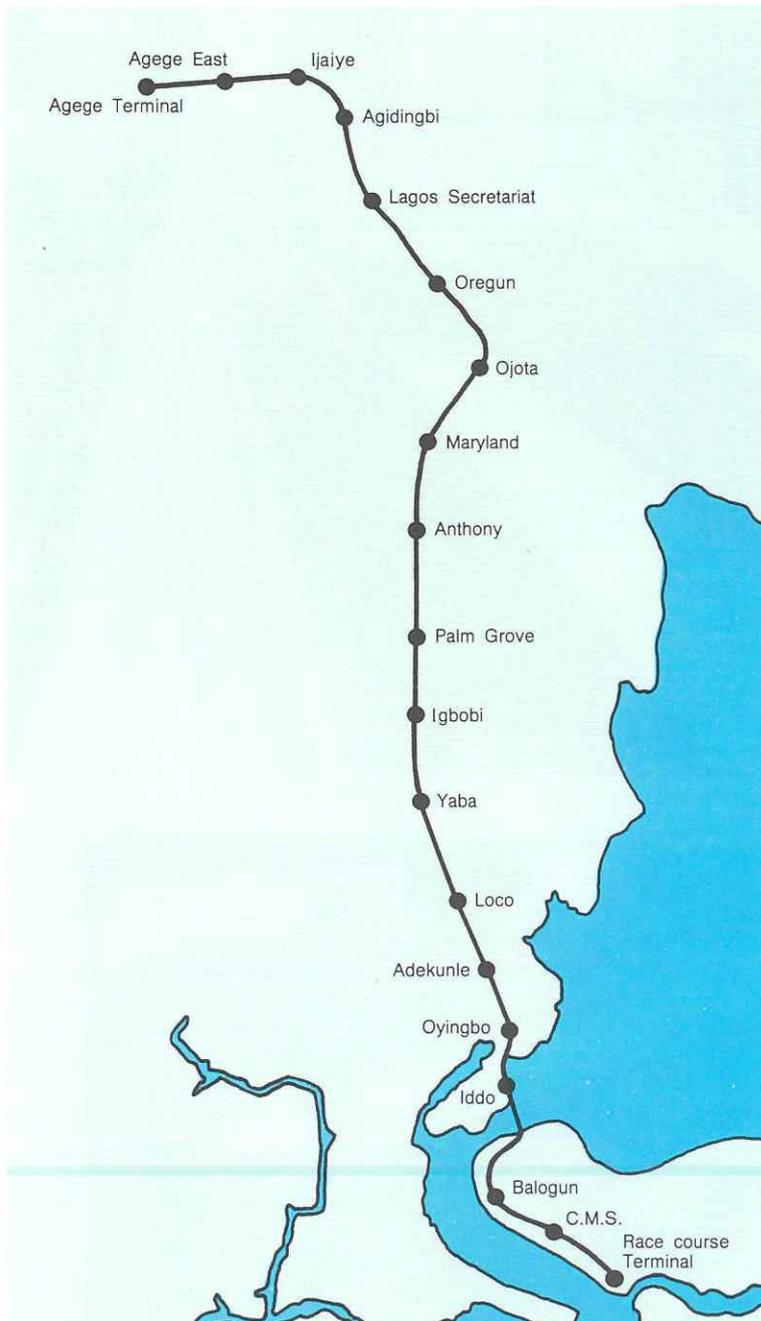
population à près de 4,5 millions d'habitants, et la circulation y est très difficile. La construction d'un métro est alors apparue comme une nécessité pour résoudre les problèmes de croissance de la ville et, en avril 1980, les autorités de Lagos lançaient un appel d'offres international portant sur les études de faisabilité et la réalisation d'une première ligne.

La ligne, orientée nord-sud, sera longue de 28,5 kilomètres et comptera 19 stations aériennes. L'ensemble de son parcours est en viaduc, à l'exception de 1,5 kilomètre, ce qui évite ainsi d'empiéter sur les infrastructures routières actuelles. Elle suit le corridor de développement de la ville et relie les nouvelles zones d'activités, les centres d'activités traditionnelles et les centres d'activités tertiaires.

L'exploitation sera assurée par trente rames de six voitures chacune, ce qui permettra de transporter près de 40 000 voyageurs par heure, aux périodes de pointe.

La mise en service de la ligne, dont le coût global s'élèvera à 7 milliards de francs, est prévue pour 1986. ■

*(Entre les Lignes, mars 1983;
La Vie du Rail, août 1983)*



La première ligne du métro de Lagos.

*Revue éditée par
la Direction des Systèmes d'Information
et de l'Organisation*

