

RATP
ÉTUDES · PROJETS

87

janvier - février - mars

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

RATP

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

Abonnement pour l'année 1987
FRANCE et ÉTRANGER : 120 F

SOMMAIRE



LA RATP EN 1986

Le traditionnel tour d'horizon sur l'activité de l'entreprise au cours de l'exercice écoulé : les résultats et faits marquants 5



LE CHANTIER SACEM DU MATÉRIEL MS 61

L'ensemble des matériels roulant sur la ligne A seront bientôt équipés du système SACEM permettant, entre autres, une réduction de l'intervalle entre trains. Le matériel MS 61 nécessite, avant implantation des nouveaux équipements propres à ce système, d'importants travaux de modification, ainsi qu'une adaptation de ses caractéristiques et performances aux exigences de l'exploitation envisagées 10



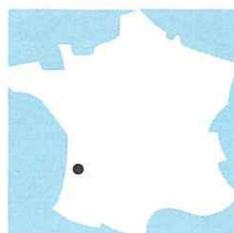
LES TRAVAUX DE CONSTRUCTION DE LA GARE « SAINT-MICHEL »

Description complète et détaillée du projet, des ouvrages et du chantier relatifs à la construction de la future gare « Saint-Michel » de la ligne B qui assurera la correspondance avec la ligne C SNCF et la ligne 10 du métro 17



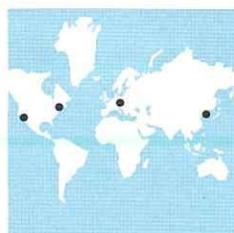
NOUVELLES DIVERSES DE LA RATP

- *Rénovation des caisses du matériel MS 61* 43
- *Création d'accès supplémentaires à la gare de Noisy-Champs* 44
- *Création d'un service d'accompagnement des personnes handicapées* 45
- *Exploitation du réseau d'autobus* 46
- *Trafic et service de l'année 1987* 47
- *Vues des travaux en cours* 48



NOUVELLES DIVERSES DE FRANCE

- *Bordeaux : exploitation expérimentale du Mégabus* 50



NOUVELLES DIVERSES DE L'ÉTRANGER

- *Stuttgart : mise en place du métro léger* 51
- *Los Angeles : le métro et le métro léger régional en construction* 52
- *Portland : le MAX en service* 53
- *Pyongyang : extension du métro* 54



LA RATP EN 1986

Comme chaque année, nous présentons à nos lecteurs un bilan de l'année écoulée : le point sur les réseaux, les résultats d'exploitation, la progression des travaux et les activités de l'entreprise.

Exploitation

Contexture des réseaux (tableau A).

Aucune modification n'est intervenue en 1986 dans la contexture des réseaux du métro et du RER.

Sur le réseau d'autobus, par contre, en banlieue, quatre nouvelles lignes ont été créées (lignes 306, 308, 410 et 641), et plusieurs autres existantes ont été prolongées (lignes 101 N, 122, 129, 161, 166, 181, 285 A, 419, 420 et 613).

D'autre part, comme les années précédentes, se sont poursuivies les actions destinées à favoriser la circulation des autobus (création ou prolongement de couloirs ou sites propres), notamment à Paris et en banlieue nord.

Rappelons également, toujours sur le réseau d'autobus, une opération d'un type nouveau, réalisée le 24 février : le



RATP - Minoli



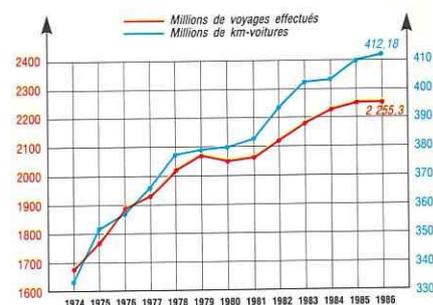
RATP - Chabrol

lancement de SERVAL, service d'autobus à la demande dans le Val-de-Marne, destiné aux handicapés se déplaçant en fauteuil roulant.

Services - Trafic - Recettes (tableaux B, C et graphique).

Le nombre total de voyages effectués au cours de l'année écoulée s'est élevé à 2 255,3 millions d'unités, ce qui représente une situation stable dans l'utilisation des réseaux par rapport à 1985, pour une offre de services en très légère augmentation (+ 3,7 millions de km-voitures, soit + 0,9 %).

Cette stabilité globale du nombre des voyages effectués laisse pourtant paraître, en seconde analyse, une légère



A. Contexture des réseaux au 31-12-1986

Réseaux ferrés	Nombre de lignes	Longueur (en km)	Stations ouvertes (points d'arrêt)
Métro	15	198,0	365
RER	2	102,7	64
Funiculaire de Montmartre	1	0,1	2
Réseaux d'autobus	Nombre de lignes	Longueur (en km)	Nombre et longueur des aménagements (couloirs réservés et sites propres) (4)
Lignes de Paris (1)	56	514,2	318
Lignes de banlieue (2)	164	1 939,4	128
Services urbains communaux	11	64,2	—
Services affrétés à tarification spéciale (3)	29	318,8	15
Ensemble	260	2 836,6	461

(1) Non compris les 10 services de nuit (« Noctambus ») : 74,5 km.
 (2) Y compris les lignes affrétées ou associées à tarification RATP, ainsi que SERVAL.
 (3) Antony, Cergy-Pontoise, Évry et Saint-Quentin-en-Yvelines.
 (4) Les sites propres bidirectionnels sont doublés en nombre et en longueur.

B. Services (en millions de km-voitures)

Réseaux	1985	1986	Variation en %
Métro	195,5	196,2	+ 0,4
RER	62,9	65,6	+ 4,3
	258,4	261,8	soit + 1,3 pour le réseau ferré
Funiculaire de Montmartre	0,0162	0,0164	+ 1,2
Autobus de Paris (y compris les services de nuit)	42,2	42,3	+ 0,2
Autobus de banlieue (y compris les lignes affrétées à tarification RATP dont les TRA et les services communaux)	99,6	99,3	- 0,3
	141,8	141,6	soit - 0,1 pour l'ensemble des lignes d'autobus à tarification RATP
Lignes affrétées à tarification spéciale	6,80	7,35	+ 8,1
Services touristiques et locations (*)	1,48	1,42	- 4,1

C. Trafic (en millions de voyages effectués)

Réseaux	1985	1986	Variation en %
Métro	1 188,6	1 166,3	- 1,9
RER	288,8	291,1	+ 0,8
	1 477,4	1 457,4	soit - 1,4 pour le réseau ferré
Funiculaire de Montmartre	1,92	1,70	- 11,4
Autobus de Paris (y compris les services de nuit)	312,2	319,4	+ 2,3
Autobus de banlieue (y compris les lignes affrétées à tarification RATP dont les TRA et les services communaux)	437,2	447,7	+ 2,4
	749,4	767,1	soit + 2,4 pour l'ensemble des lignes d'autobus à tarification RATP
Lignes affrétées à tarification spéciale	23,2	25,6	+ 10,3
Services touristiques et locations (*)	3,75	3,54	- 5,6

(*) Service de remplacement de la ligne SNCF « Auteuil-Pont Cardinet » exclu (km-voitures : 0,34 million ; voyages effectués : 1,17 million).

baisse de fréquentation du métro (- 1,9 %) au profit du réseau d'autobus (+ 2,4 %) et du RER (+ 0,8 %).

Compte tenu de l'augmentation générale des tarifs de près de 8 % en moyenne appliquée le 1^{er} mai et modulée selon les titres de transport (le prix du billet vendu en carnet est passé de 2,65 à 2,75 F, soit + 3,8 %, et les cartes orange ont, elles, subi une hausse plus sensible de l'ordre de 10,5 %) les recettes se sont établies pour l'exercice écoulé à 5 234 millions de francs, ce qui représente, par rapport à l'exercice précédent, une progression de 322 millions, soit + 6,6 %.

Signalons enfin que, depuis le début avril dernier, les cartes de paiement sont acceptées dans de nombreux points de vente du métro et du RER.



RATP - Ardillon



RATP - Marguerite

Investissements

Les autorisations de programme se sont élevées à 2 630 millions de francs.

Les crédits de paiement 1986 ont atteint un montant de 2 748 millions de francs, répartis de la façon suivante :

- 479 millions (17,4 %) pour **les extensions du réseau**, l'année ayant été marquée par la pleine activité déployée sur les chantiers suivants : prolongement de la ligne 7 du métro à La Courneuve, interconnexion de la ligne A du RER avec la SNCF à Nanterre, construction de la gare « Saint-Michel » sur la ligne B du RER, préparation de la descente des trains SNCF d'Orry-la-Ville jusqu'à Châtelet-Les Halles, construction des ateliers de

LIGNES

● Prolongement de la ligne 7

Les travaux de gros œuvre restant à réaliser en début d'exercice étaient principalement ceux relatifs aux accès et locaux de la station « La Courneuve - 8 mai 1945 » situés sur le passage souterrain routier construit par la RATP pour le compte de l'État. Ces travaux, dont la réalisation s'est révélée très complexe du fait qu'ils occupent pratiquement toute la surface de la place du 8 mai 1945 ont, à l'exception de l'accès sud, été accomplis dans le courant de l'année.

La pose de la voie, commencée le 2 janvier, a été achevée le 14 novembre.

Les équipements en ligne, entrepris le 6 janvier, et le second œuvre en station, engagé le 2 juin, étaient déjà très avancés en fin d'année.

Enfin, le chantier du passage souterrain routier s'est terminé le 11 décembre.

● Interconnexion à Nanterre

La RATP a la charge de la partie du projet située sur son domaine ferroviaire : construction d'un nouveau tronçon de ligne (environ 1,4 km découpé en deux lots) et aménagement des infrastructures existantes (gare de « Nanterre-Préfecture »).

Les travaux de gros œuvre du lot 1 (partie en tunnel du nouveau tronçon) ont été terminés le 15 juillet ; ceux du lot 2 (partie à l'air libre), fin décembre.

Les travaux de pose de la voie ont commencé fin avril.

L'agencement de la gare de « Nanterre-Préfecture » a débuté le 1^{er} septembre.

L'établissement d'un poste de redressement supplémentaire en gare de « La Dé-

fense », nécessité par l'accroissement prévu du nombre de trains en circulation sur la ligne A, a été mis en chantier le 30 octobre.

● Construction de la gare « Saint-Michel » (*)

Les travaux de gros œuvre de l'ensemble de l'accès sud de la gare ont été achevés fin novembre. Dans la zone centrale, ceux de la salle des échanges ont été achevés fin avril alors que les autres (couloir sous berge de liaison avec la ligne C, gaine profonde de liaison avec les lignes B et C, gaine profonde sous-fluviale de liaison avec la ligne B) se sont terminés fin décembre. En fin d'année, dans cette zone centrale, le seul ouvrage dont le gros œuvre restait à terminer était l'accès pour handicapés physiques dont le permis de construire a été obtenu le 17 juillet et dont les travaux de la partie basse ont débuté en septembre.

Dans la zone nord-ouest, le gros œuvre de l'ouvrage « Marché Neuf » a été réalisé de début avril à fin août.

En ce qui concerne les travaux d'aménagement, ils ont commencé début mars par ceux de la salle des billets de la station « Cluny » et du couloir sous la rue de la Harpe. Les aménagements de l'ouvrage « Marché Neuf » ont débuté à la mi-novembre et ceux de la salle des échanges à la mi-décembre.

Quant à la mécanisation du couloir sous la rue de la Harpe, la fabrication en usine du trottoir roulant a été lancée en octobre.

(*) Nos lecteurs trouveront, dans ce même numéro de notre revue, un article détaillé sur le sujet.

● Descente des trains SNCF d'Orry-la-Ville à Châtelet-Les Halles

L'opération consiste à permettre la circulation de trains en provenance de la banlieue nord SNCF jusqu'à la gare de « Châtelet-Les Halles » et à assurer leur retour, ceci en les intercalant dans la grille des trains MI 79 de la ligne B. Les travaux comprennent les modifications des installations existantes pour permettre, d'une part, l'exploitation de la ligne D SNCF entre Gare du Nord et Châtelet-Les Halles ainsi qu'en arrière-gare de ce dernier ouvrage, d'autre part, l'accueil des voyageurs à Châtelet-Les Halles.

Cette opération a fait l'objet d'actions préliminaires, dont la commande de matériels de voie et d'équipements électriques, en début d'année.

Les travaux d'équipement électrique du poste de redressement « Petites Écuries », nécessités par l'augmentation de la demande en courant traction qui résultera de l'interconnexion projetée, ont commencé début juin.

Les premiers travaux de la voie ont débuté le 29 septembre. Les remaniements systématiques des installations ont été entrepris début octobre sur les installations de signalisation et de caténaires, puis début novembre sur les installations de télécommunications et de la commande centralisée.

Parallèlement à ces travaux, les aménagements et équipements du quai 3 et de la salle des échanges de la gare de « Châtelet-Les Halles » ont commencé début octobre.

Bobigny, rénovation et extension des ateliers de Saint-Ouen et de Boissy-Saint-Léger (voir encadré 1);

- 1 297 millions (47,2 %) pour le **matériel roulant** (tableau D), les livraisons ayant porté, au réseau ferré, sur les matériels MF 77 (sept derniers trains commandés) ainsi que MI 84, et, au réseau d'autobus, pour l'essentiel sur 366 matériels standard (qui sont venus remplacer les véhicules standard anciens réformés) et sur des autobus articulés (équipement des lignes 158 N et 208);

- 964 millions (35,1 %) pour **l'amélioration de l'exploitation, la modernisation et le gros entretien**, plusieurs opérations ayant été effectuées sur les réseaux du métro, du RER et d'autobus (voir encadré 2);

ATELIERS

► Agrandissement des ateliers de Saint-Ouen (métro)

En début d'année, la construction de trois grands bâtiments était terminée : hall du lestage, hall du pont transbordeur, hall de la chaudronnerie, du soudage et du soufflage. De la mi-avril à fin octobre, deux petits bâtiments ont été remaniés : hall réducteurs et hall essieux.

Par ailleurs, les équipements des zones nouvellement construites ou remaniées ont été poursuivis activement.

► Construction des ateliers de Bobigny (métro)

Les premières installations de chantier sont intervenues dès la mi-février et les travaux de construction de l'atelier « tous corps l'état » ont débuté le 15 avril. En fin d'année, les fosses étaient réalisées à 70 %, les portiques de la structure porteuse du bâtiment à 50 %, les façades à 20 % et les murs de soutènement de la voirie située au nord à 30 % ; ce qui donnait un avancement global du chantier de l'ordre de 40 %.

► Extension des ateliers de Boissy-Saint-Léger (RER)

En ce qui concerne la partie « entretien », a seconde phase des travaux, comportant essentiellement la construction d'un hall abritant deux voies sur fosse, s'est poursuivie activement ; l'état d'avancement de cette phase était de 70 % en fin d'exercice.

En ce qui concerne la partie « révision », le réaménagement prévu destiné à augmenter la capacité des installations a pris fin le 3 décembre.

Métro

- Établissement d'un accès supplémentaire à la station « Argentine » (ligne 1), ouvert au public le 22 septembre.
- Mise en service d'un escalier mécanique à la station « Chevaleret » (ligne 6), le 7 mai, ainsi que de trois autres (dont un pour le compte de la ville d'Ivry), à la station « Mairie d'Ivry » (ligne 7), respectivement les 21 février, 21 mars et 6 août.
- Mise en chantier de l'installation d'un escalier mécanique de sortie du quai direction « Mairie de Montreuil » à la station « Robespierre » (ligne 9), le 14 avril.
- Poursuite des travaux de modernisation des ascenseurs de la station « Cité » (ligne 4).
- Démarrage des travaux de rénovation et de réaménagement des ateliers de Vaugrard le 11 avril.

RER - Ligne A

- En gare de « Le Vésinet-Le Pecq », extension du parc de liaison existant pour porter sa capacité de 110 à 250 places, ouverte au public le 27 novembre.
- En gare de « Rueil-Malmaison », création d'un accès supplémentaire en liaison avec la gare routière, mise en chantier le 8 avril.
- En gare de « Noisy-Champs », établissement d'accès supplémentaires, mis en service le 15 décembre (1).
- En gare de « Torcy », extension du parc de liaison existant pour porter sa capacité de 545 à 1 036 places, ouverte au public le 9 avril.

RER - Ligne B

- Remplacement du PN 18 situé près de la gare de « Lozère » par un passage piétons souterrain, ouvert partiellement le 8 avril, puis totalement le 30 mai, et un passage routier inférieur, mis en service le 23 avril.
- Mise en service le 30 juin au PCC de

Denfert-Rochereau, d'un système de suivi identifié des trains et de suivi du matériel dans chacun des huit postes de manœuvre locale.

- En gare de « Cité Universitaire », mécanisation d'un accès situé boulevard Jourdan, mise en service le 8 avril.
- En gare de « Le Guichet », construction d'un accès supplémentaire au quai direction « Saint-Rémy-lès-Chevreuse », mis en service le 3 février.
- En gare de « Palaiseau-Villebon », construction d'un accès supplémentaire, mis en chantier le 22 septembre.
- Mise en chantier des travaux d'aménagement des ateliers de « Massy-Palaiseau » : le 1^{er} octobre pour l'allongement de la voie ZT, le 3 novembre pour l'agrandissement du bâtiment des services de la voie et des magasins.
- Poursuite du remaniement et de la rénovation de la gare de « Port-Royal » avec, notamment, l'achèvement de la nouvelle salle des billets le 30 octobre et de la restauration de l'édicule fin décembre (2).

Autobus

- Poursuite des travaux de modernisation de l'atelier central : achèvement de la démolition du bâtiment M courant avril et avancement de la construction du bâtiment P.
- Démarrage, le 7 avril, des travaux de construction du dépôt d'autobus « Belliard », implanté sur la partie ouest du site de Championnet.
- Démarrage des travaux de réaménagement du terminal bus de « Pont de Sèvres », le 1^{er} novembre.
- Adaptation de dépôts à la réception du matériel articulé (Créteil, Nanterre...).

(1) Voir, dans ce même numéro, en rubrique « Nouvelles diverses de la RATP ».

(2) Cette opération importante est en fait mentionnée ici pour mémoire, car elle n'est pas financée par la RATP, mais à 50 % par la région Ile-de-France, et à 50 % par le Syndicat des transports parisiens.

2. Principales opérations d'amélioration de l'exploitation, de modernisation et de gros entretien effectuées en 1986.

- 8 millions (0,3 %) pour **participations financières**, consacrés au capital de la Société « Transcommunications » constituée le 10 février 1986.

La RATP a, par ailleurs, au cours de l'exercice, amplement fait progresser les travaux qu'elle exécute pour le compte de la SNCF : liaison « Vallée de Montmorency - Ermont - Invalides » (VMI) et ligne TGV-Atlantique (voir encadré 3).

D. Matériel

Réseaux	Nombre de voitures au parc :	
	Fin 1985	Fin 1986
MÉTRO		
• Matériel articulé rénové	100	100
• Matériel fer moderne MF 67	1 483	1 483
• Matériel fer moderne MF 77	948	983
• Matériels sur pneumatiques	927	926
TOTAL ..	3 458	3 492
RER		
• Matériel Z	104	68
• Matériel moderne MS 61	381	381
• Matériel interconnexion MI 79	276	276
• Matériel interconnexion MI 84	100	180
TOTAL ..	861	905
AUTOBUS		
• Matériel standard	3 615	3 598
• Matériel articulé	210	255
• Matériel à petit gabarit	12	18
• Matériel à moteur arrière	107	104
• Minibus	28	21
TOTAL ..	3 972	3 996

Autres activités

Il nous est naturellement impossible dans le cadre de cet article de citer de façon exhaustive l'ensemble des activités qui ont régné au sein des différents services de la RATP en 1986. Nous nous bornerons à décrire certaines de ces activités selon les trois axes ci-après :

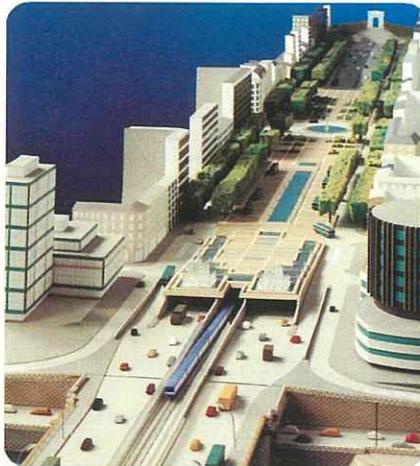
Études et recherches orientées vers le développement du transport

- Mise au point du projet de prolongement de la ligne 1 du métro à « La Défense » et établissement du dossier d'enquête d'utilité publique en vue de sa transmission aux autorités compétentes courant 1987.
- Mise au point et approbation par le Conseil d'administration, le 27 mars, du projet de site propre pour autobus « Saint-Maur/Rungis » dit « Trans-Val-de-Marne ».
- Étude de la desserte du futur parc d'attractions « Disneyland » de Marne-la-Vallée par la ligne A du RER.
- Participation à la mise au point et étude de la fiabilité du système de transport hectométrique « SK » mis en place au parc des expositions de Villepinte.

• En ce qui concerne la **liaison VMI**, la SNCF a réceptionné le 3 juillet les installations de passage de sa ligne sous l'avenue de Clichy et la ligne 13 du métro ; le gros œuvre de la construction de la correspondance prévue entre la gare VMI de « Péreire-Levallois » et la station « Péreire » de la ligne 3 du métro a pris fin le 17 novembre ; les travaux de réalisation d'une correspondance entre la future gare VMI de « Neuilly-Porte Maillot » et la station « Porte Maillot » de la ligne 1 du métro ont débuté le 8 avril ; enfin, ceux de la correspondance entre la future gare VMI de « Boulaivilliers » et la station « La Muette » de la ligne 9 du métro ont commencé le 20 avril.

• Quant à la **ligne TGV-Atlantique**, le souterrain de franchissement de la ligne B du RER à Fontenay-aux-Roses a été remis à la SNCF le 28 novembre ; il ne reste plus qu'à rétablir le tracé normal de la ligne B dans ce secteur.

3. Travaux exécutés pour le compte de la SNCF.



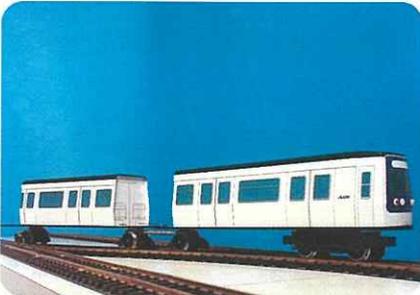
RATP - Marguerite



RATP - Thibaut



RATP - N/Audiovisuel



RATP - Marguerite



RATP - Chabrol

- Réalisation, sur le centre d'expérimentation technique de Balard, des premiers essais du système « ARAMIS » et engagement d'études sur les possibilités d'application du système à la Petite ceinture.
- Achèvement du développement du système d'aide à la conduite, à l'exploitation et à la maintenance, appelé « SACEM » destiné à la ligne A du RER, expérimentation d'un prototype à Torcy et début de sa réalisation en ligne en vue d'une mise en service opérationnelle en septembre prochain.
- Avancement des études de nouveaux matériels roulants (« Métro 2000 »).
- Arrivée sur la ligne 21, le 17 février, du deuxième autobus probatoire R 312 destiné à la RATP, doté d'un nouveau design (« Archibus »).
- Poursuite de la seconde phase du projet « Réseau 2000 » avec notamment validation, par des recherches appliquées, des premiers acquis issus des réflexions engagées précédemment, approfondissement de certains autres thèmes de recherche, et poursuite des recherches sur « Crise de l'urbain-Futur de la ville » dans le cadre d'un séminaire Université - Recherche - RATP.

Opérations commerciales - Information des voyageurs

Extension du système « TUBE » de diffusion de programmes vidéo sur les quais du réseau ferré, expérimentation de bornes d'information voyageurs « VIDÉOPLAN » à la station « Madeleine » du métro, animations sur les réseaux (telles que la retransmission en direct du 26 mai au 7 juin, dans des gares du RER et stations du métro, des matches de tennis des Internationaux de Roland-Garros puis celle du Tour de France du 4 au 27 juillet, la campagne de promotion de l'autobus intitulée « Félix et le bus » du 10 au 29 novembre, utilisant comme

support la bande dessinée), décoration de stations (« École Militaire », « Sèvres-Babylone », « Richelieu-Drouot », « Javel »), remise du premier prix « L'homme, les transports et la ville » à M. Pierre Bouvier le 20 juin, lancement le 15 novembre de la campagne publicitaire « La ville est saisissante, saisissez-la ! », présentation de plusieurs réalisations et projets de l'entreprise à l'exposition internationale de Vancouver, création de « Voyage accompagné » (*),... la liste pourrait encore être allongée.

Coopération technique

La RATP a, en matière de coopération technique, continué, en 1986, d'assister sa filiale SOFRETU, tant en France (Lille, Marseille, Nantes, Toulouse...) qu'à l'étranger (Alger, Caracas, Jakarta, Le Caire, Pékin, Santiago...). Mentionnons à cette occasion que SOFRETU fêtait en décembre son 25^e anniversaire et profitons-en pour faire un bref rappel historique sur la société.

Créée en 1961 pour répondre à l'appel de la ville de Montréal qui voulait construire un métro avec l'aide de la RATP, SOFRETU s'est développée très rapidement dans le créneau de l'ingénierie des transports urbains et s'est hissée en quelques années dans cette spécialité au premier rang mondial.

Dans les années 60, au métro sur pneu de Montréal succédaient ceux de Mexico et Santiago. Dans les années 70, alors que la concurrence se faisait plus vive, elle étendait son activité vers d'autres régions du monde et réalisait notamment une percée au Moyen-Orient, tout en poursuivant ses activités en Amérique latine, notamment à Rio de Janeiro et Caracas. Enfin, dans les années 80, elle diversifiait ses offres vers d'autres modes de transport (métro léger, autobus) et se tournait encore vers d'autres régions, en particulier l'Afrique,

(*) Pour plus de détails sur ce sujet, voir plus loin, en rubrique « Nouvelles diverses de la RATP ».



RATP - Chabrol



RATP - Marguerite



RATP - Dumax



RATP - Ardailon



RATP - Ardailon



RATP - Marguerite

l'Asie et les États-Unis, où elle créait, en 1985, une filiale : « LSTS ».

Pendant vingt-cinq ans, SOFRETU ne s'est pas contenté d'exporter à l'étranger son savoir-faire ; elle a également participé, entre autres, à l'intérieur de notre pays, aux grands projets développés à Lille, Lyon, Marseille et Nantes, et, plus récemment, à ceux en gestation à Montpellier et Toulouse.

Une telle expansion, soutenue dès l'origine par l'exemple des réseaux de la RATP et marquée par le nombre des contrats passés aux quatre coins du monde, constitue pour elle un succès indéniable. Nous lui souhaitons la même réussite pour les années à venir.

**

Pour clore ce tour d'horizon sur la RATP en 1986, nous rappellerons la nomination de M. Paul Reverdy, le 11 juin, à la Présidence du Conseil d'administration de l'entreprise. ■



RATP - Minoli

LE CHANTIER SACEM DU MATÉRIEL MS 61

par Serge Guibereau,

Ingénieur chef de division à la Direction du réseau ferré.

Introduction

La ligne A est actuellement la ligne de la RATP dont le trafic est le plus important : le nombre de voyageurs à l'heure de pointe sur la voie la plus chargée atteint en effet près de 50 000. La charge dépasse largement les limites du confort ; l'importance de cette charge perturbe les échanges de voyageurs dans les principales gares du centre de Paris et rend le fonctionnement de la ligne plus difficile. Or, il est prévisible que la demande augmentera encore dans les prochaines années.

Parmi les différentes façons d'accroître la capacité de transport, celle qui consiste à réduire l'intervalle entre trains est la moins onéreuse et surtout la plus rapide à mettre en œuvre compte tenu des infrastructures existantes. L'objectif fixé est de réduire l'intervalle minimal de la ligne de 2 minutes 30 secondes à 2 minutes.

SACEM (1) est né de la double volonté de satisfaire les performances exigées par les projets d'interconnexion RATP-SNCF et d'imaginer un système souple, facilement adaptable et intégrant totalement les possibilités de la micro-informatique (2).

(1) Système d'Aide à la Conduite à l'Exploitation et à la Maintenance.

(2) Voir l'article de Christian Galivel : « Le système SACEM » (Forum sur la recherche), paru dans le numéro d'avril-mai-juin 1984 de notre revue.



Motrice MS 61 sur vérins dans un hall à la CIMT.

Le parc total du matériel roulant MS 61 représente 127 éléments répartis en six tranches formant en fait quatre grandes familles de matériels ; outre quelques aspects extérieurs, les différences essentielles entre les tranches concernent certains appareillages électriques et la distribution du câblage sous châssis.

Il comporte essentiellement :
— des équipements basés sur l'utilisation de microprocesseurs répartis entre les installations fixes et le matériel roulant ;
— une transmission voie-trains réalisant des échanges d'informations entre ces deux sous-ensembles d'équipements et utilisant comme support, d'une part les rails, et d'autre part des balises spéciales.

L'objet de cet article est de donner une description des travaux effectués sur le matériel MS 61, qui

constitue la part la plus ancienne du parc de matériel roulant de la ligne A, pour :

- le rendre apte à recevoir les équipements modernes du SACEM ;
- améliorer ses performances de freinage de manière à satisfaire aux nouvelles exigences résultant de la réduction de l'intervalle sur la ligne ;
- harmoniser ses performances avec celles du MI 84, nouveau matériel de la ligne.

Un chantier d'une ampleur considérable

Les différentes modifications à réaliser sur le MS 61 furent étudiées fin 1983 - début 1984. Les travaux occasionnés par la préparation à l'installation du SACEM et des opérations associées apparurent si conséquents que le service du matériel roulant du réseau ferré (FR) exclut immédiatement leur réalisation dans l'un quelconque de ses ateliers.

Le 24 juillet 1984, le service FR lançait un appel d'offres pour la réalisation dans les usines d'un constructeur de matériel ferroviaire d'un chantier de modifications du matériel roulant MS 61 de la ligne A du RER.

L'appel d'offres fut adressé aux seuls constructeurs ferroviaires possédant les moyens industriels appropriés compte tenu des contraintes sévères imposées par la cadence du chantier (127 éléments à modifier en 18 mois).

Le choix s'est porté sur les Sociétés CIMT-LORRAINE et ANF-INDUSTRIE qui proposaient d'agir conjointement pour l'exécution du marché, la CIMT étant chef de file.

Nature de la prestation

A partir des plans de chantier, de montage des appareils de blocs et d'appareillages, de câblage, de tuyauteries pneumatiques, et des prescriptions techniques et descriptives, les constructeurs réalisent dans leurs usines les modifications suivantes :

- prédisposition à l'installation du SACEM ;
- installation d'antienrayeurs performants ;
- installation d'une deuxième électrovalve modérable de défreinage (EMD) sur les motrices ;
- installation d'un système de correction à la charge sur chaque voiture ;
- harmonisation sonore et fonctionnelle du MS 61 avec le MI 84 ;



RATP - Ardillon

Le chantier à la CIMT.

Six éléments à la fois sont immobilisés sur trois rangées de postes à véris.

- installation du système d'inhibition du frein de secours en tunnel ;
- installation de l'écoute d'ambiance, modification de l'indicateur de numéro de rames sur la motrice.

Les travaux sur les caisses des motrices sont exécutés dans les ateliers de la Société CIMT situés à Marly-lez-Valenciennes ; les travaux sur les caisses des remorques et sur les bogies des motrices et remorques sont exécutés dans les ateliers de la Société ANF situés à Crespin et à Marly-lez-Valenciennes.

Les différents ensembles, sous-ensembles et appareils sont soumis sur les trains à tous les essais et tests nécessaires (essais statiques) pour répondre aux impératifs fonctionnels et techniques des spécifications.

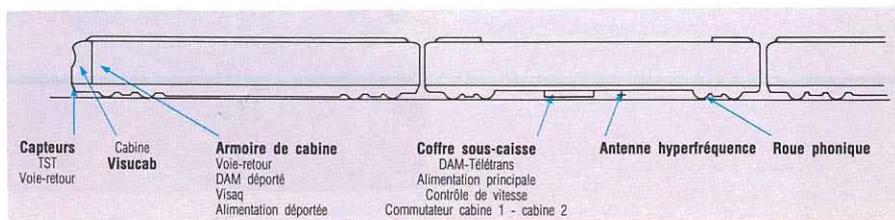
A leur sortie de chantier, avant

leur retour vers Paris, les trains sont essayés (essais dynamiques) sur la voie spéciale de l'usine de Raismes.

La Société CIMT, qui tient le rôle de constructeur pilote, coordonne les opérations de répartition du matériel et des travaux correspondants entre les deux Sociétés (CIMT et ANF), l'acheminement du matériel entre les usines des constructeurs et l'acheminement des éléments MS 61 à la voie d'essais de l'usine ALSTHOM de Raismes.

Les modifications d'adaptation du matériel MS 61 au SACEM

L'adaptation du MS 61 au SACEM impose l'implantation de nombreux appareils de technologie

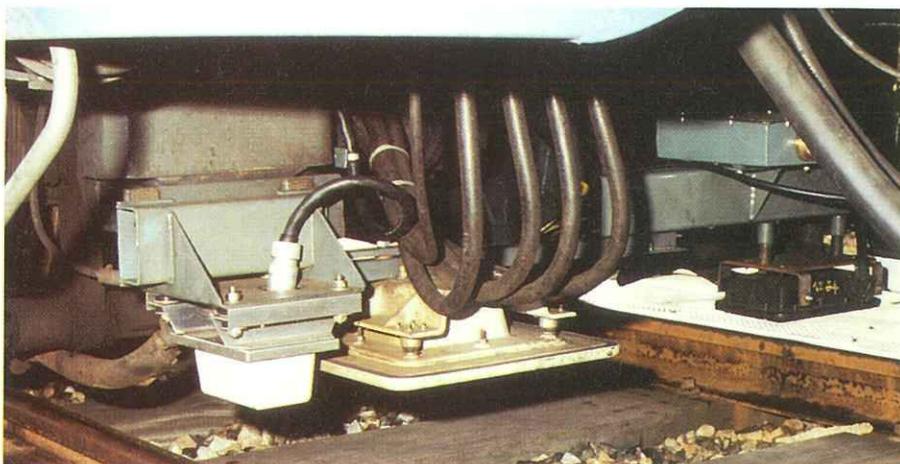


Équipement SACEM MS 61.

très différente pour assurer les différentes fonctions :

- contrôle de vitesse ;
- modes de conduite ;
- signalisation en cabine ;
- enregistrement des paramètres d'exploitation.

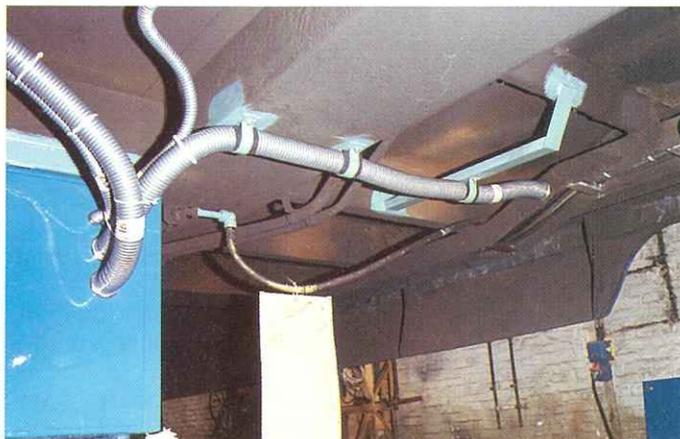
Le matériel embarqué à bord des trains est composé principalement de l'électronique de réception des messages et de calculateurs réalisant les différentes fonctions.



RATP - Ardailion

Capteurs sur poutre : de gauche à droite, capteur TST (transmission-sol-train), voie-retour, capteur RPS (répétition ponctuelle des signaux).

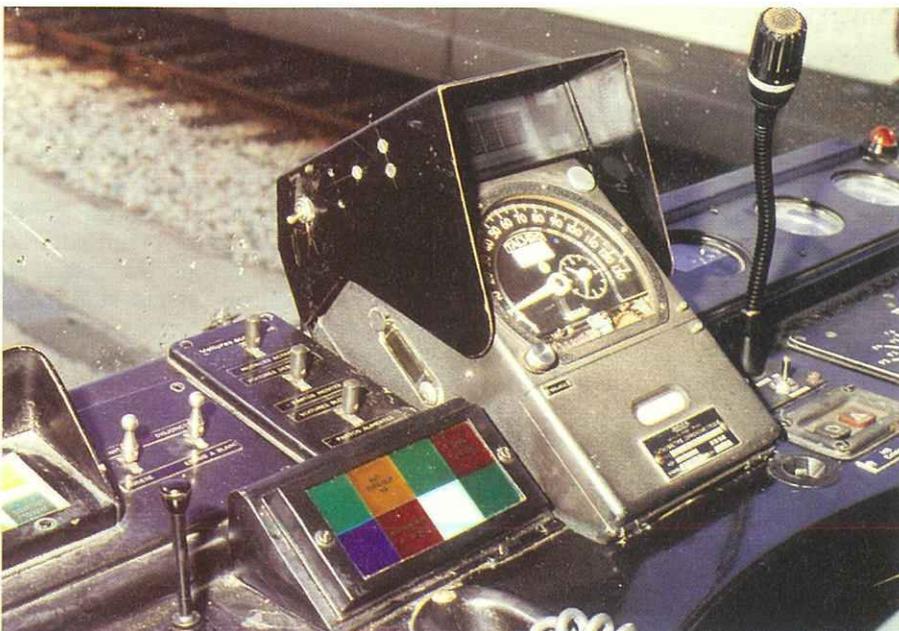
La captation des informations venant du sol est réalisée par deux capteurs et une antenne montés sur une poutre à l'avant du bogie avant de chaque motrice, ainsi que par une antenne implantée en sous-châssis remorque. Sur la nouvelle poutre, sont réutilisés les capteurs de l'actuelle signalisation (RPS).



RATP - Ardailion

Câblage en sous-châssis de remorque.

Les raccordements électriques entre le coffre-remorque et l'armoire du compartiment à bagages, soit dix-huit paires blindées et quarante-huit fils, sont passés en sous-châssis de voiture ; deux câblots permettent de faire la liaison entre remorque et motrice. En plus de ces câblots, il existe en remorque un raccordement électrique entre la roue phonique, l'antenne et le coffre, et en motrice entre la poutre-capteurs et l'armoire électronique.



RATP - Ardailion

Le visucab.

Le visucab est placé sur le pupitre au-dessus du chronotachymètre enregistreur. Un boîtier de voyants lumineux remplace les voyants actuels de répétition continue des signaux (RCS).

RATP - Ardailion



Armoire électronique à l'arrière de la cloison de loge de motrice.

L'armoire est située dans le compartiment à bagages. Elle contient quatre tiroirs 3 U10 assurant les interfaces entre le train et le SACEM.

TRAVAUX SUR MOTRICE

Travaux dans la cabine de conduite :

- sur pupitre :
 - montage et câblage des voyants de signalisation et d'un nouveau commutateur de conduite ;
 - reprise du câblage du chronotachymètre enregistreur, de commutateurs d'isolement.
- sous pupitre : passage d'environ 100 nouveaux fils unitaires en kapton et câblage sur borniers.
- en cloison de loge : pose et câblage de nouveaux commutateurs, d'un voyant témoin de la présence du contrôle de vitesse.
- en pavillon : passage d'une paire blindée entre le bloc d'affichage et l'armoire électronique.

Travaux en caisse :

- en bout arrière : câblage de nouvelles lignes d'éléments SACEM.
- en cloison de loge : reprise de la boucle de sécurité.
- dans l'armoire électronique :
 - câblage du fond de l'armoire et des interfaces train-armoire ;
 - pose de la platine de relayage d'alimentation du contrôle de vitesse.

Travaux en sous-châssis :

- raccordement du nouveau câble du coupleur électrique de l'attelage intégral ;
- passage de nouvelles lignes d'éléments propres à SACEM (18 paires blindées de 48 unifilaires) ;
- pose de deux embases de 61 contacts de coupleurs en bout arrière et raccordement ;
- modification de boîtes de raccordement sous-caisses.

Travaux sur bogies :

- dépose de l'ancienne poutre support de capteurs ;
- fabrication et montage de la nouvelle poutre support de capteurs.



RATP - Arcadillon

Coffre SACEM sous remorque.

L'équipement SACEM est composé d'un ensemble de tiroirs électroniques implanté en sous-châssis de remorque. Sa mise en place a été assurée par la création d'un nouveau coffre latéral.

TRAVAUX SUR REMORQUE

Travaux en caisse :

- reprise de la boucle de sécurité ;
- câblage des nouvelles lignes d'éléments SACEM en bout arrière et avant des remorques.

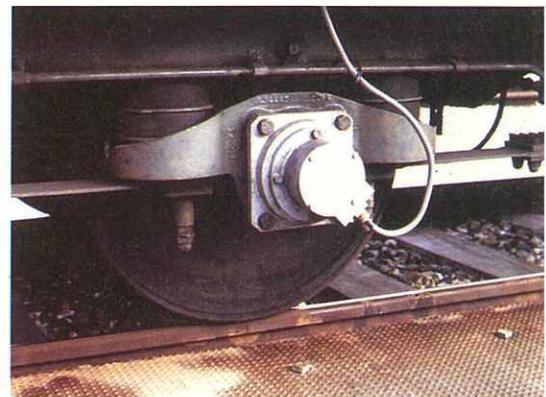
Travaux en sous-châssis :

- fabrication et pose d'un coffre SACEM et de son aménagement ;
- pose du support de l'antenne hyperfréquence ;
- raccordement de l'antenne hyperfréquence par un câble constitué de quatre paires blindées ;
- passage de nouvelles lignes d'éléments (12 paires blindées et 48 unifilaires) entre les bouts de voiture et le coffre SACEM ;
- pose de deux embases 61 contacts de coupleurs en bout de voiture et raccordement.

Travaux sur bogies :

- pose de la roue phonique en bout du troisième essieu et raccordement au coffre SACEM par un câble blindé 19 conducteurs ;
- défreinage de l'essieu de référence supportant la roue phonique.

RATP - Arcadillon



Roue phonique montée en bout de l'essieu défreiné de la remorque.

La vitesse du train est donnée par une roue phonique montée en bout de l'essieu intérieur du bogie arrière de la remorque.

Les modifications d'amélioration du freinage

Dans le cadre de l'opération SACEM, le système de freinage du matériel MS 61 subit d'import-

tantes modifications dans le but d'accroître les performances et la sécurité du freinage d'urgence ; en particulier, il est réalisé :

- une augmentation notable de la pression aux cylindres des freins en freinage d'urgence (4,5 bars quelle que soit la charge) ;
- l'installation d'un dispositif antientrayeur permettant d'utiliser au mieux l'adhérence disponible et d'éviter la perte d'effort retardateur consécutive à un blocage d'essieux ;
- le doublement des EMD sur les motrices (amélioration de la disponibilité du freinage pneumatique) ;
- la modification du système de correction à la charge (meilleures fiabilité et précision).

TRAVAUX SUR MOTRICE

Travaux sur caisse :

- installation d'un équipement de freinage propre au bogie avant (électrovalve modérable de défreinage, valve de purge, manocontacts, etc.) dans l'armoire électronique du compartiment à bagages ;
- montage et câblage dans l'armoire d'un tiroir de commande de freinage ;
- reprise du bloc de régulation traction-freinage ;
- montage sous caisse de deux réservoirs auxiliaires pour l'alimentation du bogie avant ;
- montage et câblage d'un tiroir de commande à microprocesseurs antienrayeur dans l'armoire électronique ;
- montage et câblage de deux électrovalves en sous-châssis.

Travaux en cabine :

- reprise de la signalisation et du comptage.

Travaux sur bogies :

- montage et câblage de capteurs à réluctance variable sur les deux bogies et dépose de l'ancien système de mesure de charge ;
- implantation de capteurs de vitesse sur réducteurs et câblage.

TRAVAUX SUR REMORQUE

Travaux sous caisse :

- montage de deux électrovalves et des liaisons pneumatiques entre les divers éléments ;
- implantation du tiroir de commande à microprocesseur de l'antienrayeur dans le nouveau coffre sous-châssis.

Travaux en caisse :

- installation de manocontacts supplémentaire en bout de voiture.

Travaux sur bogies :

- montage de capteurs de vitesse en bout de trois essieux (information de vitesse pour l'antienrayeur et câblage).

Les modifications d'harmonisation du MS 61 au MI 84



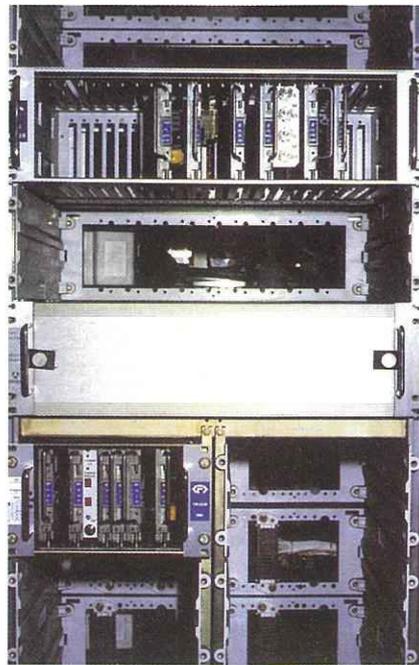
Indicateur de numéro de rame.

Le nouvel indicateur de numéro de rame possède, comme le MI, six modules (quatre modules lettres et deux modules chiffres).

Dans la perspective de l'interconnexion ouest avec la SNCF à Nanterre, la ligne A du RER sera dotée dès 1987 du matériel MI 84 répondant aux normes des deux réseaux.

Bien que la circulation du MS 61 ne puisse se faire qu'en zone RATP, certaines modifications sont apportées au matériel :

- modification de l'indicateur du numéro de rame pour pouvoir y inscrire un code mission ;
- adaptation à l'avant des motrices de projecteurs répondant aux normes UIC en remplacement des fanaux blancs actuels (chantier réalisé à la RATP) ;
- reprise de la répétition sonore des signaux pour la rendre identique à celle du MI ;
- inhibition des freins de secours dans les zones sous tunnel avec écoute d'ambiance dans les voitures.



Le tiroir de commande de freinage et le tiroir de l'antienrayeur performant (AEN) dans l'armoire électronique (respectivement en haut et en bas).

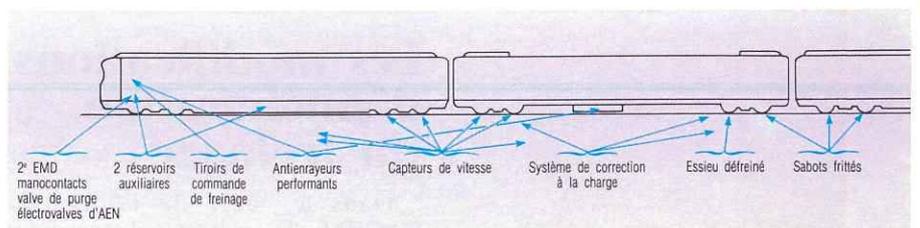
Le tiroir de l'AEN est un tiroir à microprocesseur de format 3 U10 implanté dans l'armoire électronique sur les motrices et dans le coffre SACEM sur les remorques.

RATP - Arcailon

RATP - Arcailon

Équipement pneumatique de commande du bogie avant sur motrice.

La deuxième EMD (électrovalve modérable de défreinage), l'EVP (électrovalve à palier modérable de l'antienrayeur), les manocontacts, le capteur de pression, sont montés en partie inférieure de l'armoire électronique.



Équipements nouveaux du système de freinage du MS 61.

TRAVAUX SUR L'ÉLÉMENT

- montage et câblage d'une platine de relayage de l'inhibition des freins de secours en armoire du compartiment à bagages ;
- implantation et câblage d'un bouton-poussoir d'arrêt sonnerie ;
- modification du câblage de la boucle de sécurité ;
- implantation et câblage d'un bloc d'écoute d'ambiance en armoire du compartiment à bagages motrice, en bout arrière motrice, en bouts avant et arrière remorque ;
- remplacement du numérateur de rames à quatre chiffres par un indicateur de code mission à quatre modules alpha-numériques et deux modules numériques avec platine et alimentation logique.

La participation du service du matériel roulant

Les ateliers de Boissy effectuent préalablement à l'expédition des éléments MS 61 chez les constructeurs tous les travaux préparatoires nécessités par les contraintes d'acheminement du matériel sur les voies SNCF (respect du gabarit, continuité du frein...) ainsi que ceux exigés pour assurer la compatibilité en exploitation entre les éléments modifiés de retour de chantier et ceux encore non modifiés circulant en ligne (reprises de lignes de trains, modification des coupleurs électriques des attelages intégraux, disposition transitoire de câblage des manipulateurs, etc.).

Le service FR prend en outre à sa charge en accord avec les constructeurs toutes les interventions sur les appareils dont les reprises de réglage ou modifications nécessitent un outillage spécifique (réglages de relais, blocs, manocontacts, électrovalves, chronotachygraphes, confection de câblots entre caisses).

A leur arrivée à Paris, les éléments de retour de chantier font l'objet à l'atelier de Boissy d'un contrôle final avant d'être récep-

tionnés en ligne par l'Inspection du matériel roulant.

Nota : Le service FR a été saisi du dossier SACEM en 1983. Il va sans dire qu'avant le début du chantier proprement dit, le département Études et les ateliers de Boissy ont dû consacrer une grande partie de leur temps à l'établissement du dossier d'étude d'aménagement des véhicules ainsi qu'à la rédaction du cahier des charges et du dossier d'appel d'offres pour le choix des constructeurs. Ces travaux ont été facilités par la réalisation, en 1984, aux ateliers de Boissy, des principales modifications sur deux éléments prototypes (180-19 et 180-29) du MS 61.

Les transports et les immobilisations

Les acheminements aller et retour entre les ateliers de Boissy et les usines du Valenciennois sont confiés à la SNCF. Ils s'effectuent en convoi de régime ordinaire à raison d'un convoi tous les deux jours.

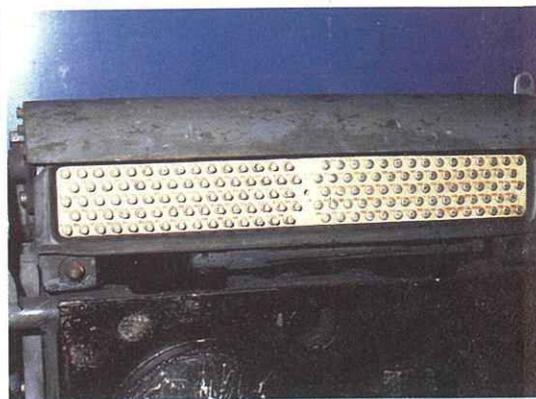
Chaque élément acheminé est accouplé avec une masse freinée pour sécurité de dérive de 43 tonnes. L'élément est muni à ses deux extrémités d'un attelage de transition permettant son accouplement avec l'attelage SNCF.

Au départ des ateliers de Boissy, les éléments font l'objet d'un contrôle contradictoire effectué par la RATP et la SNCF. Tous les défauts apparents extérieurs et intérieurs sont identifiés par zones et consignés sur un procès-verbal. A l'arrivée à Marly, un nouveau constat est effectué par la RATP et la SNCF.

Le premier élément (présérie) a été acheminé chez les constructeurs en juillet 1985 ; le second est parti en novembre 1985 ; fin décembre 1985, quatre éléments avaient quitté la RATP ; fin février 1986, c'étaient déjà dix éléments MS 61 qui rejoignaient le Valenciennois. La montée en cadence a été progressive : en mars 1986, six nouveaux éléments quittaient les ateliers de Boissy puis sept en avril et huit en mai. C'est finalement en mai 1986 que la cadence de croisière était atteinte. Depuis, elle est maintenue de façon rigoureuse.

Pour modifier huit éléments par

RATP - Ardailon



Attelage intégral.

Pour permettre le passage de lignes de trains SACEM, le coupleur électrique de l'attelage intégral est modifié.

mois, soit deux éléments par semaine, ce sont en fait seize à dix-sept éléments qui sont immobilisés en permanence pendant environ un an (huit éléments sur le chantier proprement dit, quatre éléments en essai ou en manœuvre dans l'usine et quatre éléments en préparation ou en cours de transport).

Dans l'enceinte des usines des constructeurs, la durée de séjour d'un élément est en moyenne de vingt-six jours.

Conclusion

L'adaptation du SACEM (avec les autres modifications associées) aux cent-vingt-sept éléments du matériel roulant MS 61 nécessite au total la pose de 1 000 km de câbles unifilaires, de 380 km de paires blindées, de 30 km de câbles coaxiaux, de 15 000 prises et embases soit 635 000 points de connexions nouveaux, de 900 capteurs, de 5 000 ensembles d'appareillages.

Cette énumération illustre bien la complexité de ce chantier, sans précédent par son importance, dans l'histoire du service du matériel roulant.

Actuellement, ce chantier se déroule sans problème et conformément au planning prévisionnel et, sauf incident ou cas de force majeure, il devrait se terminer dans les délais, c'est-à-dire avant la mi-juillet 1987. ■



LES TRAVAUX DE CONSTRUCTION DE LA GARE « SAINT-MICHEL » SUR LA LIGNE B DU RER

par Claude Selosse,

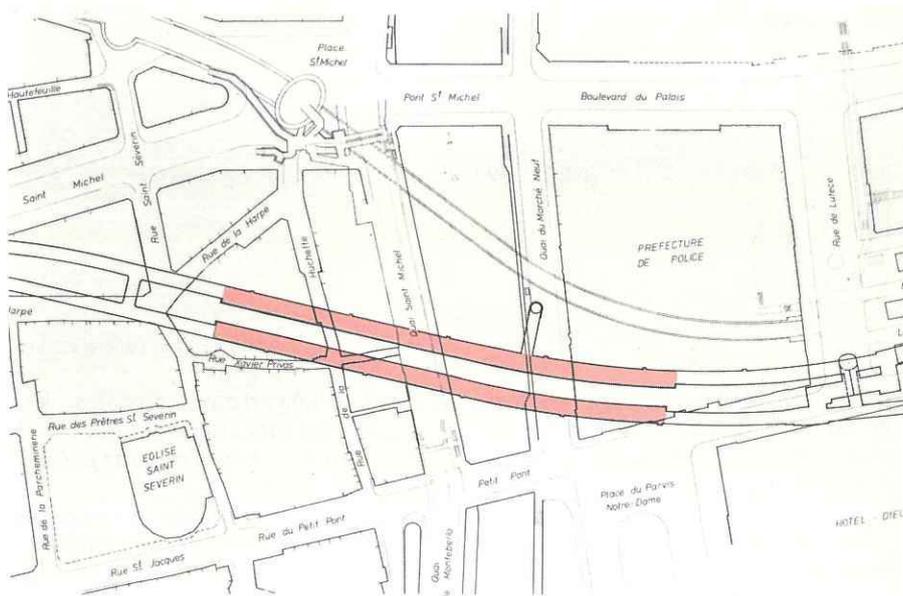
Ingénieur chef de division à la Direction des projets et infrastructures.

LE 9 décembre 1977, la RATP procède à la mise en service du tronçon « Luxembourg - Châtelet-Les Halles » de la ligne B du RER, première étape du prolongement de celle-ci à « Gare du Nord ».

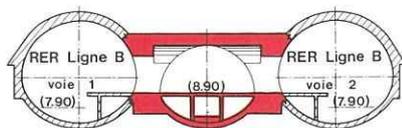
Dès janvier 1973, en complément à l'avant-projet de ces ouvrages, la RATP avait proposé de prendre les mesures conservatoires permettant l'établissement ultérieur d'une gare à Saint-Michel. Dans cet esprit, les deux tunnels à une voie comportaient un alignement droit en palier sur 225 m (*illustration 1*). Lors de l'exécution du génie civil, il a été possible de réaliser, sans augmentation de la charge financière de l'opération, l'élargissement à 8 m des tunnels de 5,70 m permettant la construction de quais latéraux : ces dispositions avaient l'avantage d'éviter tous les problèmes posés par la modification des tunnels en exploitation ; on amorçait l'établissement d'une gare à quai central, la liaison entre les deux ouvrages devant ultérieurement être assurée par des passages transversaux (*illustration 2*).

Intérêt du projet

La ligne C du RER, exploitée par la SNCF, ne comporte aucune intercommunication avec les autres lignes du RER ; ces dernières bénéficient par contre d'un important centre d'échange à « Châtelet-Les Halles ».



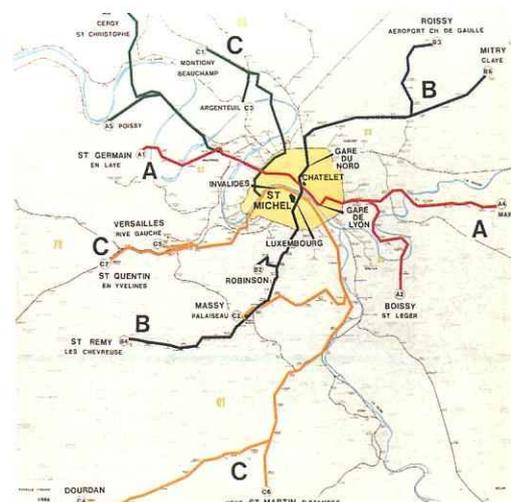
1. Réserve de la future gare « Saint-Michel » par élargissement des tunnels de la ligne B.



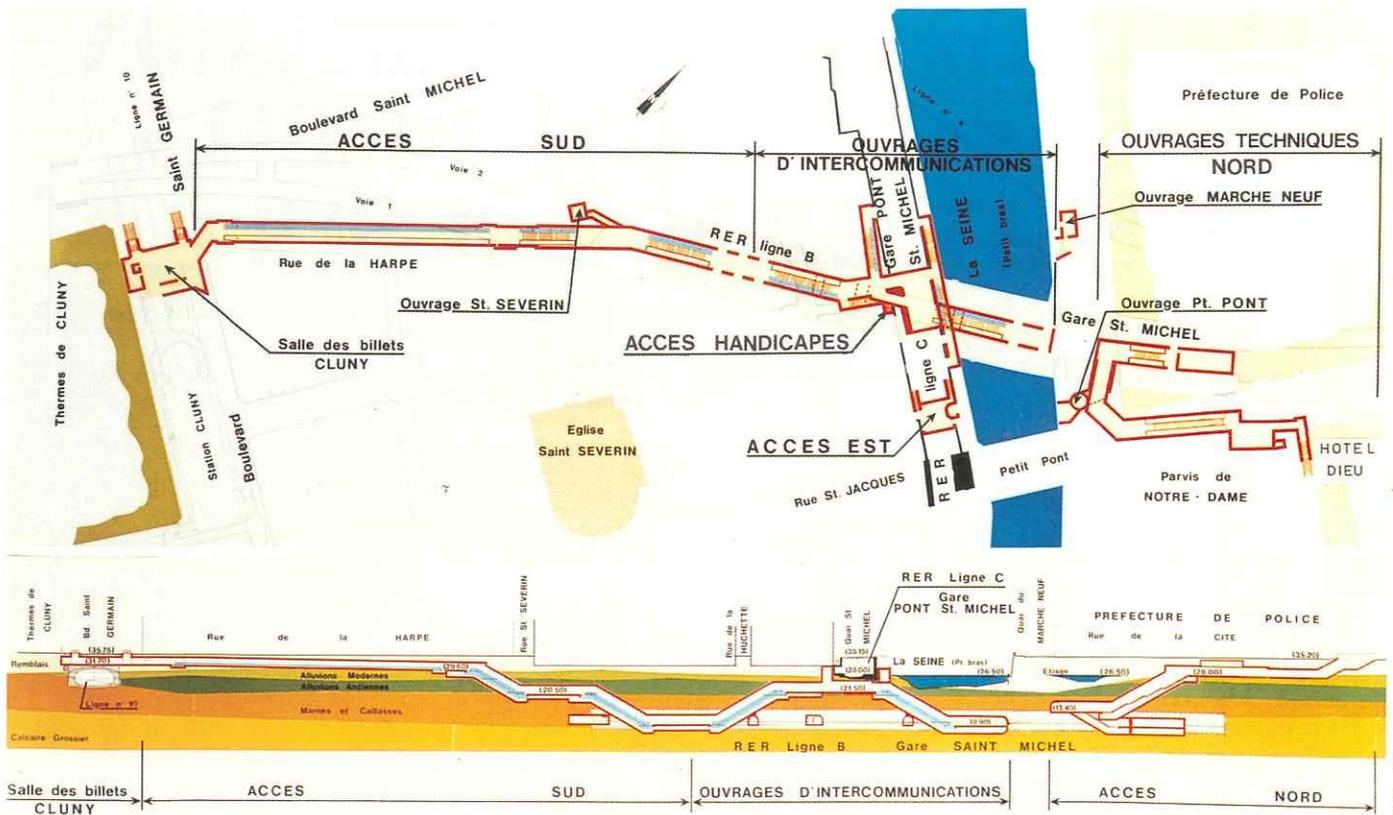
2. Liaison entre les tunnels de la ligne B.

La création d'une gare à Saint-Michel, assurant la correspondance entre les lignes B et C et s'appuyant sur la liaison à « Châtelet-Les Halles » des lignes A et B, achèvera l'intégration des trois lignes en un réseau unique (*illustration 3*).

Sur la ligne C, l'apport de trafic provenant du raccordement de la ligne « Vallée de Montmorency -



3. Le Réseau Express Régional.



4. Le projet Saint-Michel : plan général et profil en long.

Ermont-Invalides viendra renforcer l'intérêt de cette opération.

En outre, la liaison avec la station « Cluny » et la réouverture de cette station, fermée à l'exploitation depuis 1939, permettra l'échange des voyageurs entre la ligne 10 du métro et les lignes B et C.

La nouvelle gare desservira 29 000 habitants et 40 000 emplois dans un rayon de 600 m, et 52 000 habitants et 68 000 emplois dans un rayon de 1 000 m. Avec un trafic de 30,6 millions de voyageurs par an à sa mise en exploitation, le complexe « Saint-Michel » deviendra la plus importante gare du RER dans Paris après « Châtelet », « Auber » et « Étoile ».

Présentation du projet

Le projet comporte essentiellement (illustration 4) :

— l'achèvement de la gare à quai central par la création de neuf pas-

sages transversaux entre les deux quais existants construits lors de la jonction « Luxembourg-Châtelet » ;

- la construction des ouvrages de correspondance entre les lignes B et C ;
- la création de trois débouchés au sol pour la future gare ;
- la réalisation d'ouvrages annexes.

Création de neuf passages transversaux

Il s'agit d'ouvertures voûtées de 3,50 m de largeur dont la dimension a été essentiellement déterminée de façon à ne pas compromettre la stabilité des tunnels lors de la démolition des pénétrations. Elles assureront la circulation vers les quais des voyageurs provenant des accès et des ouvrages de correspondance. Toutefois, trois d'entre elles situées dans la zone centrale permettent seulement une communication entre les deux quais.

Ouvrages de correspondance

Leur rôle est d'assurer les liaisons entre les deux quais centraux de la gare ligne B et les deux quais latéraux de la ligne C. Ils sont organisés à partir d'une salle de correspondance implantée sous la gare SNCF de la ligne C et reliée par des escaliers aux quais de la ligne B d'une part, de la ligne C d'autre part. La densité d'occupation du sous-sol rend très délicate l'insertion physique de ces ouvrages.

Les accès

Au nombre de trois, l'un sera équipé en sortie de secours, les deux autres seront ouverts aux voyageurs en service normal.

Les ouvrages nord

Il s'agit d'une simple issue de secours à l'angle de la rue de la Cité et du parvis Notre-Dame. La



Photo Chany

5. Vue générale de l'îlot Saint-Séverin.

vocation essentielle de ces ouvrages est l'implantation du centre de surveillance de la gare, relié directement aux quais de la ligne B par un ensemble d'escaliers fixes. La conception générale et le dimensionnement des ouvrages nord permettra de convertir ultérieurement cette issue de secours en accès pour les voyageurs avec aménagement d'une salle des billets et d'un accès mécanisé rue de la Cité.

L'accès sud

Il relie les quais de la ligne B à la station « Cluny » par deux séries d'escaliers et un couloir sous la rue de la Harpe, et comporte une salle des billets au-dessus des ouvrages de la ligne 10. Deux escaliers fixes à l'angle des boulevards Saint-Michel et Saint-Germain assurent les débouchés au sol.

L'accès est

Il permet la liaison avec la salle des échanges en utilisant les quais de la gare SNCF. Implanté à

l'angle du Petit Pont, il comporte une salle des billets intégrée à la gare, avec un débouché à l'emplacement de l'accès actuel. Cet ouvrage est le seul construit par la SNCF.

Les ouvrages annexes

Il s'agit essentiellement de la création des ouvrages suivants :

- un accès « Pompiers » implanté à l'angle des rues de la Harpe et Saint-Séverin : il permet l'accès direct des secours à la station en cas d'incident, à partir d'une trappe sur trottoir ;
- deux ouvrages de décompression, l'un créé à l'angle du « Petit Pont », le second étant un puits existant réaménagé quai du Marché Neuf ; les débouchés sont constitués par des baies latérales dans le mur du quai de la Seine ; en cas de crues importantes, ils pourront être obturés par des bardeaux étanches ;
- un poste « éclairage-force » implanté sous le quai du Marché Neuf et assurant l'alimentation de la future gare ;

— un accès direct pour les handicapés depuis le niveau de la voirie jusqu'aux quais de la ligne B qui est implanté dans un immeuble à l'angle du quai Saint-Michel et de la rue Xavier Privas et qui débouche dans cette dernière ; l'accès au quai direction « Orsay » de la ligne C pourra être assuré ultérieurement ainsi que la liaison de la salle des échanges et du quai direction « Austerlitz » par l'intermédiaire d'une nacelle.

L'environnement

Le choix de l'implantation, reposant sur des critères purement fonctionnels d'exploitation, place l'ensemble des ouvrages dans un site qui mérite une attention toute particulière.

Le site urbain (illustration 5)

Les ouvrages sont implantés dans une zone urbaine très dense qui comporte :

— des axes routiers importants et très fréquentés, axés est-ouest (quai Saint-Michel et boulevard Saint-Germain) et nord-sud (rue de la Cité, rue Saint-Jacques et boulevard Saint-Michel) ;

— des zones à forte circulation piétonnière soit pour des raisons touristiques (Notre-Dame de Paris, îlot piétonnier Saint-Séverin), soit du fait de la présence de bâtiments publics importants (préfecture de police, palais de justice, tribunal de commerce, Hôtel-Dieu) ; tout cet ensemble est à proximité immédiate du Quartier Latin ;

— le petit bras de Seine qui, outre un trafic marchand par péniches, reçoit le passage des bateaux assurant la visite de Paris par la Seine, avec plus de trois millions de voyageurs par an.

Cette densité du tissu urbain (voir illustration 5) apporte une première contrainte à la réalisation des ouvrages. Dans ce quartier particulièrement sensibilisé depuis dix ans par la construction de la ligne B et l'aménagement de la gare SNCF de la ligne C, l'insertion d'emprises de chantier importantes s'est révélée délicate. La majorité des installations a été re-

portée soit à la périphérie du chantier dans des rues peu fréquentées mais éloignées, soit sur des quais bas de la Seine, nécessitant des installations sur pilotis.

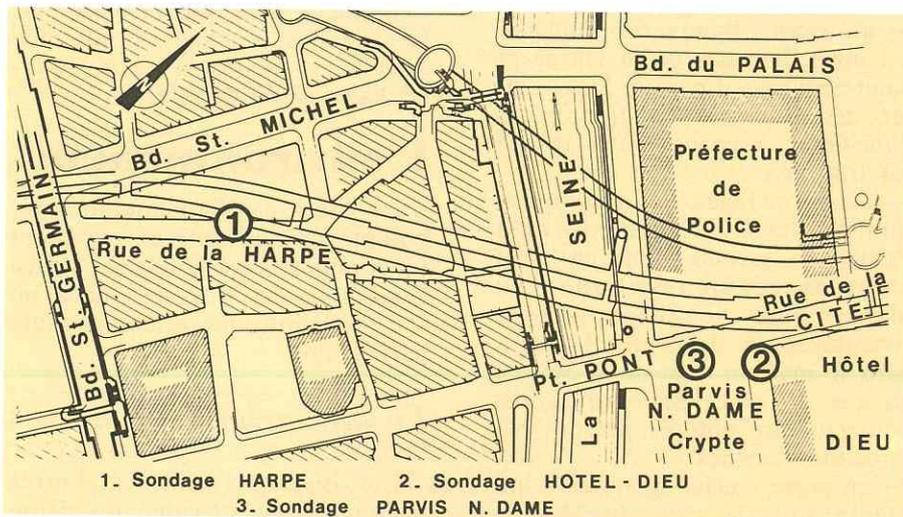
Une importante plate-forme de travail a ainsi dû être établie en Seine pour compenser les insuffisances d'emprises dans la zone des ouvrages d'intercommunications (illustration 6). A l'abri des crues importantes, elle permet d'assurer l'évacuation des déblais par voie pluviale tant que les eaux n'atteignent pas la cote 29,00 NGF, niveau des plus hautes eaux navigables (étiage 26,50 NGF).

Il importe également de signaler le caractère souvent vétuste des immeubles de ce quartier dont beaucoup sont très anciens, particulièrement dans la zone où sont implantés les ouvrages.



RATP - N/Audiovisuel

6. Plate-forme de travail en Seine.



7. Plan de repérage des fouilles de reconnaissance archéologique.

Le site archéologique

Les ouvrages implantés dans l'île de la Cité et sur la rive gauche occupent un site archéologique particulièrement riche ; en particulier, l'accès nord jouxte la crypte archéologique du parvis de Notre-Dame et l'accès sud débouche à proximité des thermes de Cluny.

L'importance historique de la zone et la lourde incidence financière résultant d'arrêts de chantier multiples ont conduit la RATP à rechercher, en accord avec la Direction des antiquités historiques, le compromis le meilleur.

Il s'est agi d'effectuer trois fouilles de reconnaissance, réalisées par des vacataires de la Commission du Vieux Paris (illustration 7). La RATP a assuré le financement et procédé aux mesures nécessaires au blindage et à la stabilité des fouilles :

— la première fouille, de 15 m × 3 m, a été entreprise rue de la Harpe jusqu'au sol vierge, à 7 m de profondeur environ ; elle a permis la mise au jour de deux voies médiévales superposées surmontant une voie romaine du III^e siècle, mais elle a surtout prouvé l'occupation de la rive gauche dans



8. Fouille de reconnaissance archéologique rue de la Harpe.

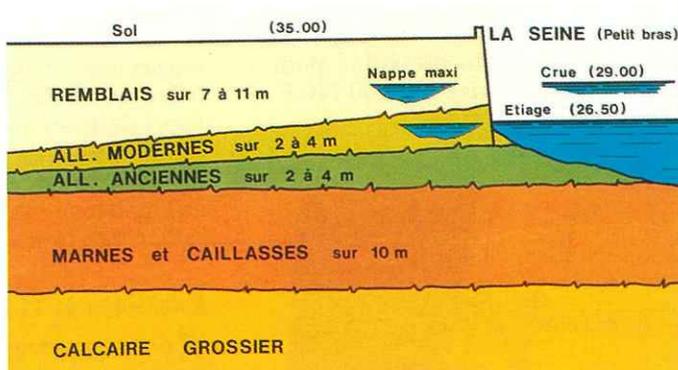
cette zone à l'époque du Bas Empire romain et du Haut Moyen Age (illustration 8) ;

— la seconde, au nord-ouest du parvis Notre-Dame, visait à rechercher la présence éventuelle d'un mur à contreforts repéré lors des travaux de construction de la crypte ; son existence aurait nécessité une adaptation du projet ;

— la troisième fouille a été réalisée dans l'axe de la rue de la Cité, ancien Cardo de la ville romaine ; d'une section de 10 m × 6 m, elle a été conduite jusqu'à 7 m de profondeur, mettant en évidence des niveaux de voirie successifs, du IV^e siècle après J.-C. à nos jours. Tout particulièrement, elle a permis la découverte du rempart romain du Bas Empire (illustration 9) ; cet ouvrage, d'une largeur qu'on peut estimer à 10 m, est constitué de sept assises de gros blocs dont une partie est sculptée et provient de corniches de bâti-



9. Reconnaissances archéologiques : vestiges du rempart romain rue de la Cité.



10. Coupe géologique.

ments plus anciens (I^{er} et II^e siècles après J.-C.).

La réalisation des travaux a justifié la mise en œuvre d'une telle procédure et la bonne collaboration des parties en présence a permis un déroulement normal du chantier sans pour autant léser le patrimoine historique.

Géologie - Hydrogéologie

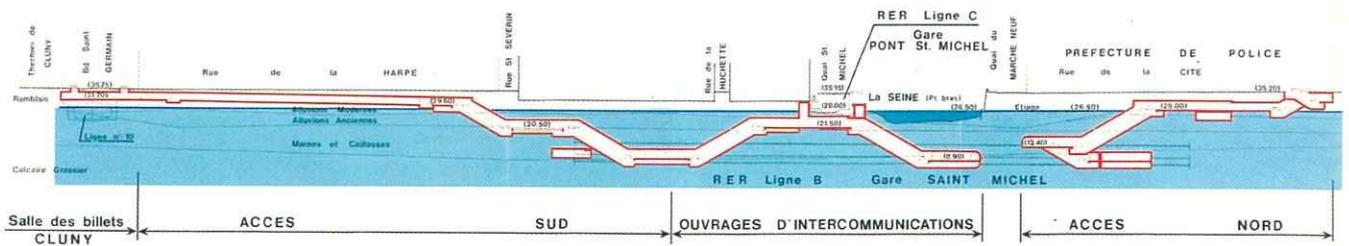
L'implantation de la majorité des ouvrages en tréfonds d'immeubles n'a pas permis la réalisation de sondages préalables à l'aplomb des parties délicates ; les variations importantes de la géologie à proximité du lit de la Seine, dans une zone d'anciens marécages et de bras morts, justifiait une recherche toute particulière de renseignements.

De façon globale (illustration

10), on peut donner le schéma suivant depuis le niveau du sol :

- 7 m de remblais environ, atteignant 11 m dans l'île de la Cité en bord de Seine ;
- 2 à 4 m d'alluvions modernes, souvent limoneuses et dont la perméabilité atteint 10-7 m/s ;
- 2 à 4 m d'alluvions anciennes, par contre très perméables ;
- à partir de la cote 20,00 NGF, les marnes et caillasses d'une épaisseur sensiblement constante et égale à 10 m qui surmontent le calcaire grossier ; celui-ci remonte toutefois très sensiblement sous l'île de la Cité.

Lors des travaux sous l'îlot Saint-Séverin, la zone de contact alluvions modernes/alluvions anciennes s'est révélée très largement polluée par des dépôts organiques (3 % environ), perturbant fortement la réalisation des traitements de terrain et justifiant les



11. Profil en long hydrogéologique.

craintes à l'égard de l'absence de sondages dans cette zone.

La nappe phréatique, en liaison directe avec la Seine, est très sensible aux variations de niveau de celle-ci, en particulier dans l'île de la Cité.

En temps normal, elle s'établit à 26,50 NGF, niveau d'étiage du fleuve mais la cote prévisible pour les travaux est prise à 29,00 NGF.

A titre indicatif, la Seine a atteint, pendant les travaux, la cote 30,50 NGF au cours des mois de décembre 1982 et avril 1984, la nappe atteignant alors sensiblement le même niveau.

A l'exception de l'extrémité des ouvrages nord et du couloir sous la rue de la Harpe, tous les ouvrages sont baignés par la nappe (illustration 11) et sont réalisés à l'abri de traitements de terrain systématiques, de consolidation et d'étanchement. Les charges d'eau atteignent 20 m et plus pour le radier des ouvrages les plus bas.

la montée et un escalier fixe de 4,40 m de largeur. Toutefois, les ouvrages sont conçus de façon à permettre la mise en place d'un second escalier mécanique réservé à la descente, réduisant alors l'escalier fixe, central, à 2,25 m.

Entre la salle des échanges et les quais SNCF de la ligne C :

- deux gaines implantées au sud de la salle des échanges assurent la liaison avec le quai en direction de la gare d'Orsay (hauteur de la dénivelée 6,70 m) ; l'une parallèle au quai SNCF, exécutée en sous-œuvre des caves des immeubles du quai Saint-Michel, de 4 m de largeur, abrite un escalier fixe de 2,10 m de large et un escalier mécanique ; l'autre perpendiculaire au quai, se développe sous la rue Xavier Privas ; elle mesure 3,10 m de large et est équipée d'un escalier fixe ;

- deux gaines implantées sous les berges de la Seine relient la salle des échanges au quai en direction d'Austerlitz et à l'accès « Petit Pont » ; l'une, à l'ouest, de 3,20 m de large, comporte un escalier fixe de 6,60 m de dénivelée ; l'autre, de même largeur et de même dénivelée, équipée d'un escalier fixe de 1,30 m de large et d'un escalier mécanique, est prolongée par un couloir longeant sur 16 mètres le quai vers l'accès « Petit Pont ».

Tous les ouvrages créés en communication directe avec la ligne C sont équipés de réservations pour les batardeaux ou portes étanches destinés à protéger les installations contre d'éventuelles venues d'eau par la gare de la ligne C, en cas de crues importantes de la Seine.

En effet, car la gare SNCF est alors partiellement inondée, afin

Description des ouvrages

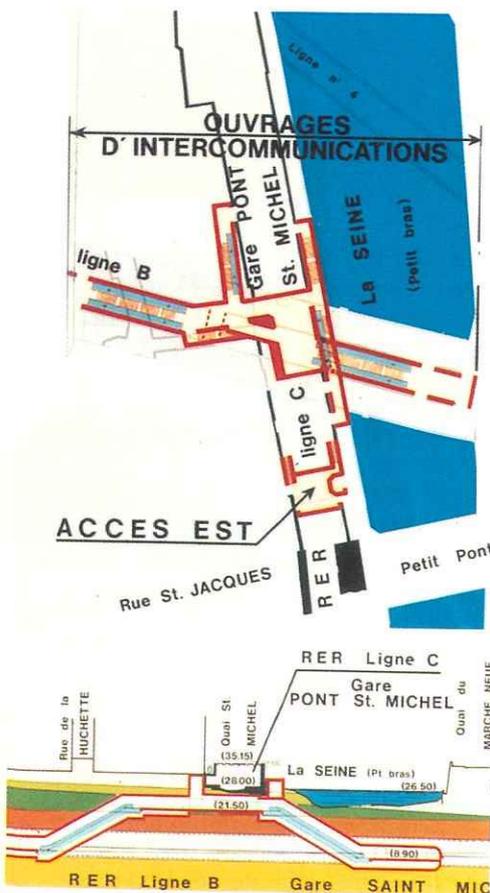
Ouvrages d'intercommunications (illustration 12)

La salle des échanges de 22 m × 10 m, est située directement sous les quais et les voies de la gare SNCF « Pont Saint-Michel ».

Elle communique avec la ligne B par deux gaines de 6,70 m d'ouverture débouchant dans un couloir horizontal relié au niveau des quais par des pénétrations de 3,50 m.

La première gaine est implantée sous les immeubles du quartier Saint-Séverin et se prolonge vers la salle des échanges par un couloir horizontal de 23 m de longueur et de 6 m de largeur.

La seconde se développe sous le petit bras de la Seine et débouche directement dans la salle des échanges. D'une dénivelée de 12,50 m environ, les deux gaines recevront un escalier mécanique à



12. Ouvrages d'intercommunications : plan (avec accès est) et coupe.

d'assurer sa stabilité car son faible poids relatif la conduirait à flotter si la Seine dépassait 31,50 NGF.

Ouvrages techniques nord (illustration 13)

Ils comportent le centre de surveillance et des locaux techniques reliés au niveau de la voirie par une trémie de 4,80 m de dénivelée et de 2 m de largeur, équipée d'un escalier fixe.

La liaison de ces volumes avec l'extrémité nord du quai central de la ligne B comporte :

- une gaine de 6,70 m de large et de 11,40 m de dénivelée abritant un escalier fixe ;

- un couloir en palier de 5 m de large et de 50 m de développement, à partir duquel part une gaine, de 4,80 m de dénivelée et de 6,70 m de large, descendant sur le quai et équipée d'un escalier fixe.

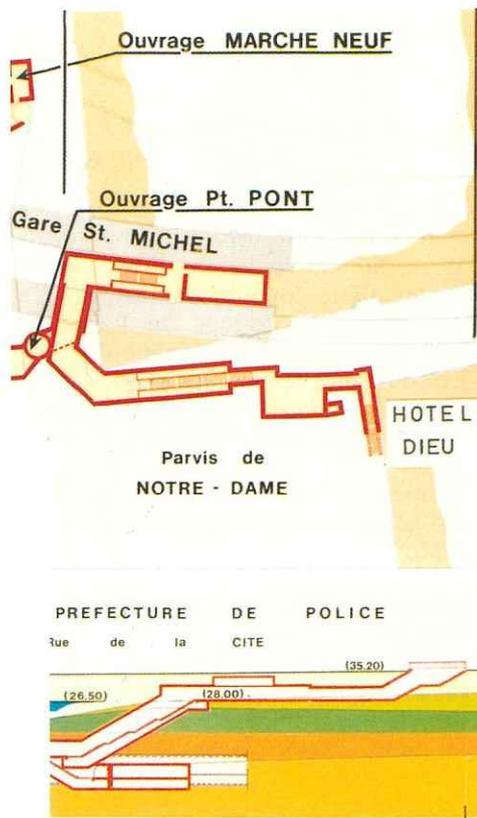
Les volumes de ces deux gaines et du couloir sont prévus pour permettre ultérieurement de les transformer en un accès à la gare, avec mécanisation complète depuis le niveau des quais jusqu'à la surface.

Accès est « Petit Pont » (voir illustration 12)

Situé sous chaussée au-dessus du niveau des voies SNCF et à l'extrémité est de la gare de la ligne C, cet ouvrage remplace une passerelle existante, de dimensions trop réduites pour assurer une nouvelle desserte. Il permet aux usagers provenant du quartier Saint-Séverin d'accéder aux lignes B et C. Ses installations comportent :

- une salle des billets de 10,50 m sur 9,70 m qui abrite des contrôles d'entrée et de sortie, un bureau de billets et des distributeurs automatiques de titre de transport ;

- deux escaliers fixes d'accès aux deux quais, l'un au nord, de 2,30 m de largeur et de 4,60 m de dénivelée, l'autre au sud, de



13. Ouvrages techniques nord : plan et coupe.

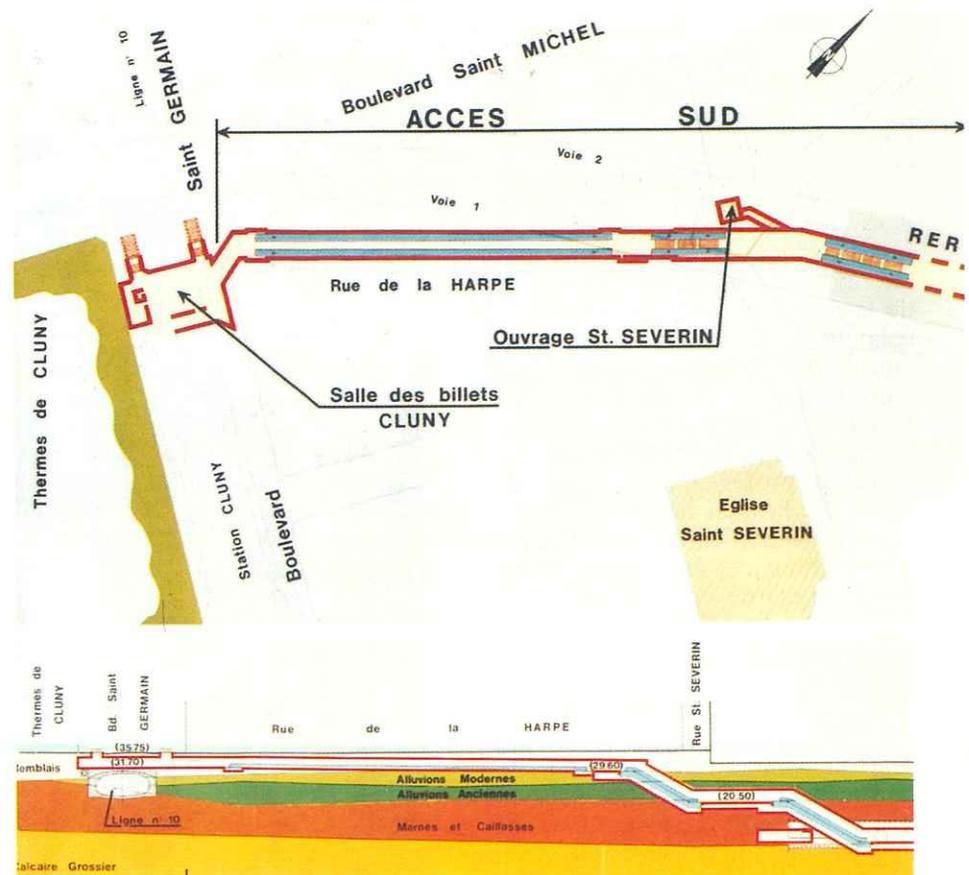
1,50 m de largeur et de 4,80 m de dénivelée.

L'accès à la salle des billets s'effectue depuis le niveau de la voirie par les deux trémies existantes situées sur l'encorbellement du quai Saint-Michel, au-dessus de la berge de la Seine.

Accès sud - Liaison avec la station « Cluny » de la ligne 10 (illustration 14)

L'accès sud reliant l'extrémité sud des quais de la ligne B au boulevard Saint-Germain comporte les ouvrages suivants :

- deux gaines d'escaliers de 6,70 m de large avec une dénivelée de 9 m et 11,30 m séparées par un couloir en palier de même largeur et de 22 m de longueur ; elles sont équipées toutes deux comme les gaines d'intercommunications ;



14. Accès sud : plan et coupe.

— un ouvrage cadre de 6,10 m de largeur qui reçoit les machineries et un trottoir roulant fonctionnant dans le sens du trafic de pointe ; le passage piétonnier restant de 4,30 m pourra recevoir un second trottoir roulant, la partie centrale ayant alors 2,50 m ;

— après un ouvrage cadre de 5 m de largeur au débouché de la rue de la Harpe, une salle des billets de 18,80 m × 8,50 m, implantée sous le boulevard Saint-Germain, au-dessus des ouvrages d'avant-gare de la station Cluny : les deux voies de la ligne 10 encadrent une voie de raccordement avec la ligne 4.

Deux trémies non mécanisées assurent le débouché au sol, de part et d'autre du boulevard Saint-Germain, à proximité immédiate du boulevard Saint-Michel.

Déroulement de l'opération

Dès 1982, les travaux préparatoires ont été engagés. Il s'agit essentiellement :

— de la déviation d'une importante conduite de gaz de diamètre 600 mm, implantée sur la berge de la Seine et qui a été placée dans une souille draguée dans le fond du fleuve ; ces travaux ont été exécutés après préfabrication de la nouvelle conduite en un seul élément de plus de 70 m de long, amené par flottaison et immergé dans la souille préalable (*illustration 15*) ;

— du battage d'un rideau de palplanches protégeant la zone des ouvrages du quai bas ;

— de la modification des réseaux concessionnaires boulevard Saint-Germain et rue de la Harpe ;

— de la campagne de reconnaissance par puits d'essais réalisée au cours de 1983.

A partir de juin 1983, ont été entrepris les travaux de construction du couloir horizontal rue de la Harpe et des ouvrages sous le boulevard Saint-Germain. Ils sont terminés depuis décembre 1984.

Les travaux de confortement préalable des trois immeubles si-

tués 15 à 19 quai Saint-Michel ont été engagés à la même époque et ont duré douze mois.

L'ensemble des travaux de génie civil a été entrepris au début de 1984 par la réalisation des ouvrages d'intercommunications, puis des gaines profondes de l'accès sud en tréfonds des immeubles. Les ouvrages techniques nord, à la suite des délais de mise au point du projet, n'ont été engagés qu'en juillet 1985. A l'exception de ces derniers, l'ensemble des travaux de génie civil a été achevé fin 1986.

L'accès handicapés, dont la construction n'a été définitivement décidée qu'en cours d'opération, a débuté seulement en mai 1986, mais sa mise en service n'est pas, liée de façon impérative à celle de la gare « Saint-Michel », prévue début 1988.

Puits et galeries de reconnaissance

Le caractère très particulier des ouvrages et les difficultés attendues lors du creusement ont justifié une campagne de reconnais-

sance d'une importance toute particulière.

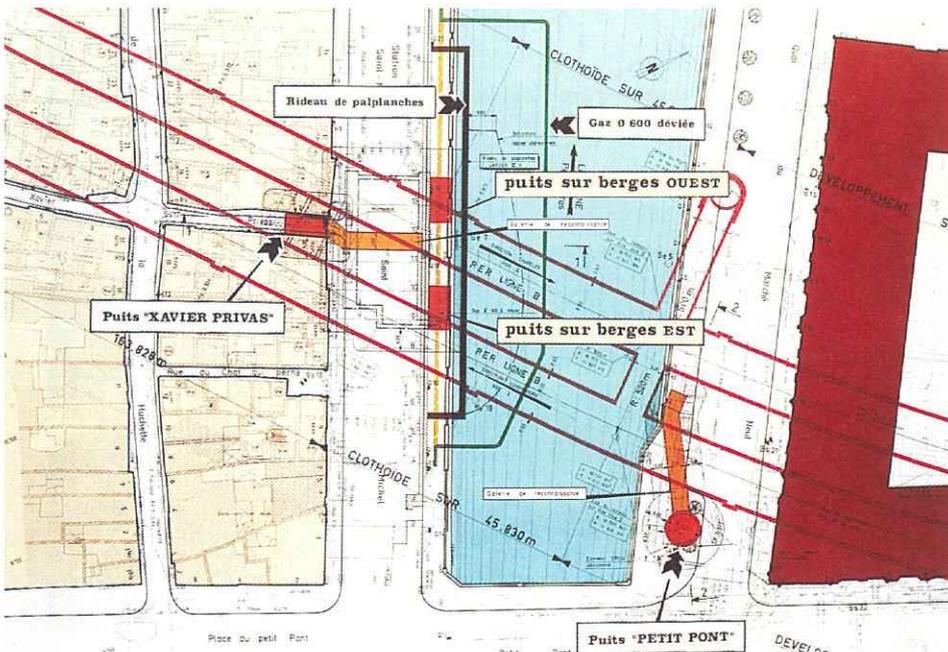
Elle a comporté le creusement de deux puits de reconnaissance de la géologie et l'exécution de plots d'essais de traitement des sols, de consolidation et d'étanchement (*illustration 16*).

Un premier puits, de 32 mètres de profondeur, correspondant à l'emplacement du futur puits de décompression « Petit Pont », a été entrepris à l'abri de traitements de terrain. Un plot d'essai de colonnes injectées par « jet grouting » (injections à très haute pression) a été réalisé essentiellement dans les marnes et caillasses et les alluvions (*illustration 17*). Toutefois, il a été fortement perturbé par la présence de pieux en bois correspondant aux fondations d'immeubles du XIII^e siècle et les renseignements apportés n'ont pu être totalement exploités. On a tout particulièrement procédé à des mesures de pression à proximité des colonnes qui ont mis en évidence une faible surpression, de l'ordre de 0,3 MPa à 1 m de distance.

Le second puits, situé rue Xavier Privas (*illustration 18*), est di-



15. Déviation de la conduite de gaz en Seine : préfabrication et transport.



16. Puits et galeries de reconnaissance : vue en plan.

rectement lié à la décision de traiter, au titre des essais, le volume correspondant à la future salle des échanges.

Le choix de ce plot a été justifié par le nombre important de difficultés présentées par ces travaux, dont la réalisation, très en amont des autres ouvrages, permettait de tirer le maximum de renseignements sans contrainte particulière de délai. Les injections ont été réalisées en tenant compte :

- de la présence de massifs de micropieux supportant les poteaux recevant la couverture de la gare SNCF modifiée pour permettre son élargissement en 1977 ; les caractéristiques de ces micropieux (barres de 25 ou 40 mm scellées au terrain) les rendent particulièrement sensibles aux déplacements latéraux d'une part, aux décompressions supprimant les frottements d'autre part ;
- l'existence d'une couche d'alluvions modernes très importante ;
- les traitements réalisés pour la construction de la ligne B, par injection de bentonite ciment assurant toujours une consolidation d'anneaux autour des tunnels en service ;
- le faible poids relatif de la gare SNCF reposant sur la zone in-

tée et la sensibilité des immeubles voisins.

Sous la gare SNCF, le principe essentiel a été d'envelopper les micropieux dans les enserment entre deux écrans, l'un au sud, l'autre au nord. Deux puits complémentaires est et ouest ont été creusés sur la berge de la Seine après traitement préalable. Ils ont permis le

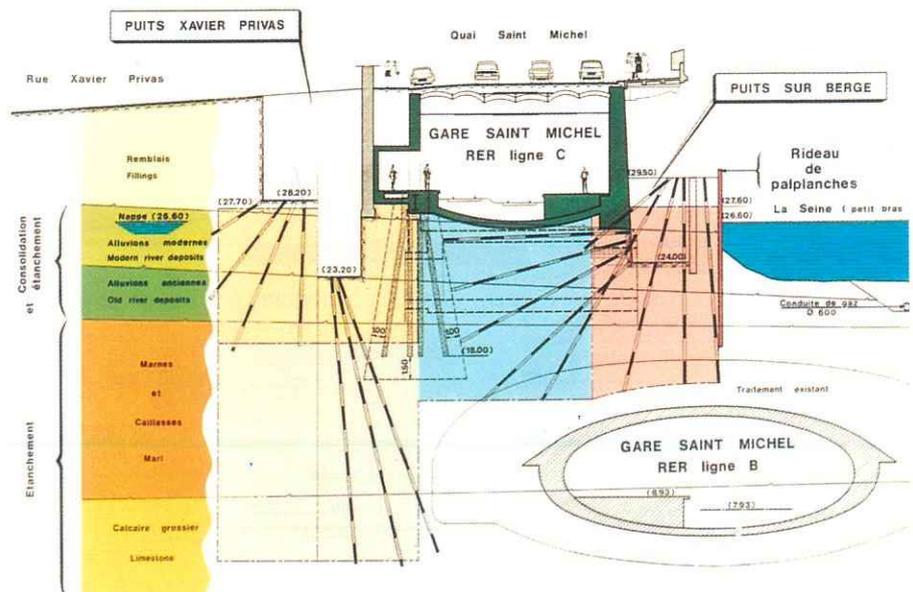


17. Puits « Petit Pont » : découverte de pieux en bois du XIII^e siècle.

traitement de la moitié nord de la future salle d'échanges, la partie sud étant exécutée depuis le puits Xavier Privas approfondi, après des injections préalables, jusqu'à la cote 23,50.

Le respect de toutes ces contraintes a permis de déterminer les conditions optimales d'exécution de même que les rendements prévisibles :

- cadence de forage inférieure à 50 ml/poste ;
- injection à cadence lente, voire très lente, avec une pression très limitée (0,3 MPa en place) sous contrôle topographique très fréquent ;



18. Puits « Xavier Privas » : principe de traitement de la salle des échanges.

— détermination des dosages des coulis de bentonite ciment et de gel de silice utilisés.

Ceci a néanmoins conduit à des arrêts de chantier fréquents pour permettre la relaxation des terrains.

La surveillance des ouvrages par nivellement quotidien a été complétée, pour la gare SNCF, par un ensemble de mesures de convergence réalisées de nuit.

Une galerie, entreprise depuis le puits Xavier Privas sous le radier de la ligne C, a permis le contrôle de la qualité des traitements obtenus (illustration 19).

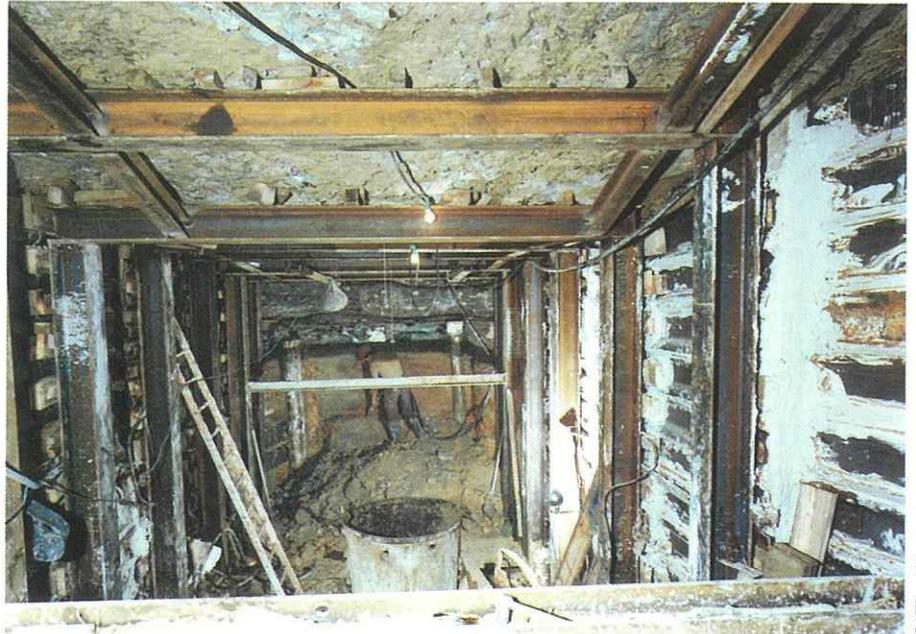
Construction des ouvrages

Ouvrages d'intercommunications (voir illustration 12)

Ces ouvrages ont nécessité la mise en œuvre d'une très large panoplie de procédés de construction, à l'abri de traitements de terrains systématiques.

Salle des échanges

Ses dimensions ont conduit à la réaliser par moitié. En effet, le maintien du trafic SNCF nécessitait la pose des voies sur tabliers provisoires ; la hauteur disponible sous le rail ne permettait pas la

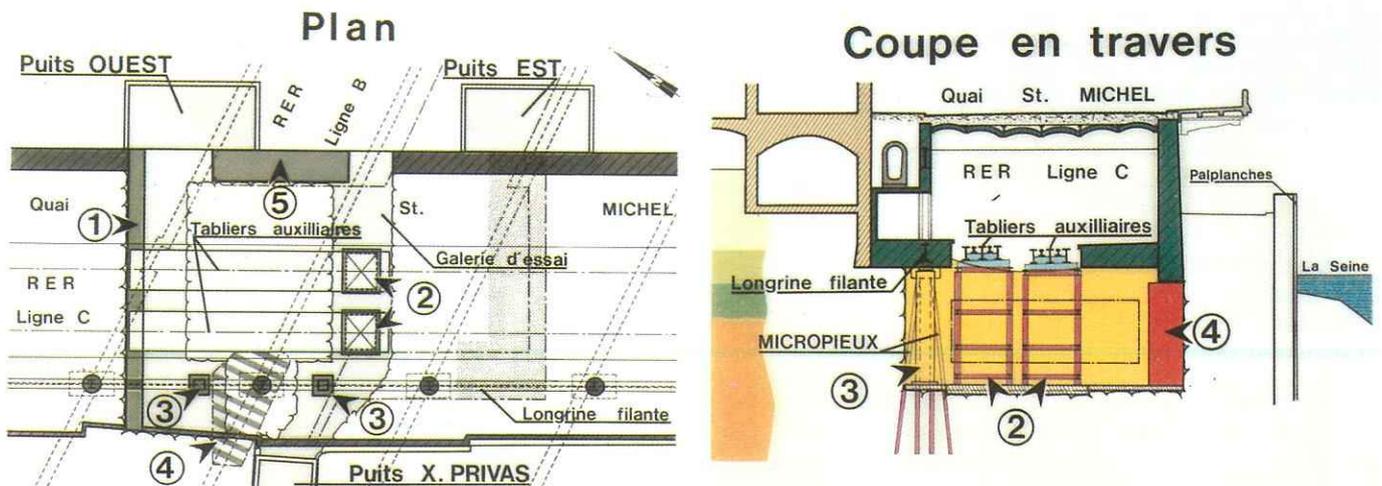


19. Puits « Xavier Privas » : galerie de reconnaissance sous la gare SNCF.

mise en place d'un tablier de grande longueur, dont la hauteur aurait impliqué la démolition du radier de nuit, par tranche de 3 heures maximum (illustration 20). La seconde contrainte majeure était le respect de la stabilité des massifs de micropieux : une étude préalable du bureau d'études SIMECSOL a interdit tout terrassement à moins de 2,50 m de leur axe tant qu'ils sont en charge.

Une galerie a été entreprise depuis le puits sur berge ouest sur

3 mètres de hauteur, au contact des ouvrages SNCF dont seul le radier a été démoli, la continuité des voies étant assurée dans cette phase par des raidisseurs type S 4. Après reprise en sous-œuvre de la galerie pour porter sa hauteur à 6 mètres, on a construit le tympan ouest de la salle des échanges (voir illustration 20, index 1) qui sert d'appui à des tabliers auxiliaires de 15 mètres de longueur (illustration 21). Le second appui a été obtenu par la mise en place de deux palées métalliques dans la



20. Gare SNCF - Ligne C - schéma de principe des tabliers auxiliaires et de reprise des micropieux.

galerie Xavier Privas approfondie jusqu'à l'extrados du futur radier, également à l'abri de raidisseurs (voir illustration 20, index 2).

A partir des deux galeries, le terrassement a été élargi vers les micropieux, permettant la construction de deux poteaux provisoires en béton clavés au contact du radier (voir illustration 20, index 3). La présence, en longrine filante sous poteaux, d'une poutre métallique continue, a permis de ponter entre les deux appuis pen-



RATP - N/Audiovisuel

23. Terrassement de la salle des échanges sous tabliers auxiliaires.



Photo Chany

21. Gare SNCF : mise en place des tabliers auxiliaires.

dant la suppression du massif de micropieux (illustration 22). Lors du terrassement de ce dernier, la mise en charge des appuis provisoires a été suivie par auscultations topographiques de précision. Le tassement, de l'ordre de 1 mm maximum, s'est révélé inférieur à celui prévu dans l'étude et a compensé partiellement les soulèvements consécutifs aux traitements de terrain. On a procédé alors au bétonnage du massif définitif d'appui, élément de la structure de la salle (voir illustration 20, index 4). La mise en charge s'est effectuée à l'aide d'un vérin plat Freyssinet, en fonction de la charge du poteau : 280 tonnes pour le poteau

ouest, 370 tonnes pour le poteau est.

Le taux de travail du terrain d'appui est resté limité à 0,25 MPa, largement admissible pour des marnes consolidées par injection.

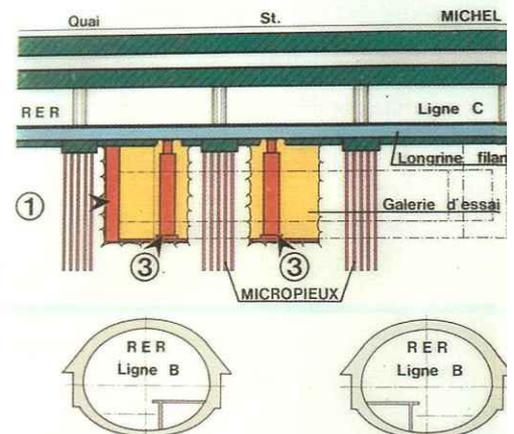
Pendant ce temps, la reprise en sous-œuvre, depuis le puits ouest, du mur nord de la gare SNCF, a été entreprise en vue de constituer le piédroit de la salle des échanges (voir illustration 20, index 5). Afin d'éviter tout mouvement des ouvrages susjaccents, une recompression systématique a été réalisée à l'aide de vérins Ferromatic sur semelles en béton armé préfabriqué. Un coulis sans retrait a permis

d'assurer le clavage définitif entre les deux structures. A noter que tous les blindages des galeries sous la gare SNCF sont isolés par interposition de « Permalin », matériau isolant, pour éviter la propagation des courants vagabonds.

On a procédé alors au terrassement d'ensemble du volume de la première moitié de la salle, avec démolition du radier SNCF, les quais étant conservés (illustration 23). Ce travail a été rendu particulièrement difficile par la présence, sous le quai nord, des fondations de l'ancien quai de Seine constitué par 2 mètres de maçonneries reposant sur un platelage en chêne stabilisé par un ensemble de pieux en bois de 2 mètres environ.

Après ferrailage et bétonnage de la dalle, la reconstruction du radier SNCF a été réalisée par bétonnage de jour grâce à un cof-

Coupe sur micropieux



22. Reprise des micropieux de la gare SNCF : schéma de principe.

frage supérieur mis en place de nuit.

Une troisième galerie, exécutée depuis le puits est, a permis la construction du tympan est de la salle qui sert d'appui aux tabliers auxiliaires après ripage, le second appui étant la dalle réalisée en première phase. La construction de la seconde moitié de la salle a été conduite comme précédemment.

Seules les opérations de mise en place et de ripage des tabliers ont nécessité une coupure de trafic allongée, qui a été systématiquement placée un dimanche matin, avec service de remplacement assuré par les autobus de la RATP.

Gaine sous la Seine

Cet ouvrage était l'un des plus délicats à construire, en raison de la proximité du lit du fleuve qui ne permet pas de garantir une qualité parfaite des traitements de terrain : la couverture, de 2,50 m seulement en partie haute, ne favorisait pas leur exécution à cause des risques de fuite des coulis. Afin d'assurer la sécurité du personnel pendant le creusement, il a été décidé d'associer la congélation aux injections (*illustration 24*).

Les travaux ont été entrepris depuis un batardeau en palplanches, contre le rideau existant, à l'aplomb de l'ouvrage à construire.

Dans la zone où la couverture est la plus faible, après dragage



25. Exécution du terrassement sous congélation.

des alluvions jusqu'aux marnes, une dalle de 2 mètres d'épaisseur et de 18 mètres de longueur a été bétonnée jusqu'à 2 mètres de la conduite de gaz ; elle a reçu un remblai servant de lest complémentaire. Les traitements de terrains correspondant à l'approfondissement du puits et à la partie inclinée de la gaine ont alors été entrepris depuis la plate-forme de travail.

A partir de la base du batardeau (*voir illustration 24*), à la cote 18,50 NGF, on a alors réalisé les forages permettant l'exécution

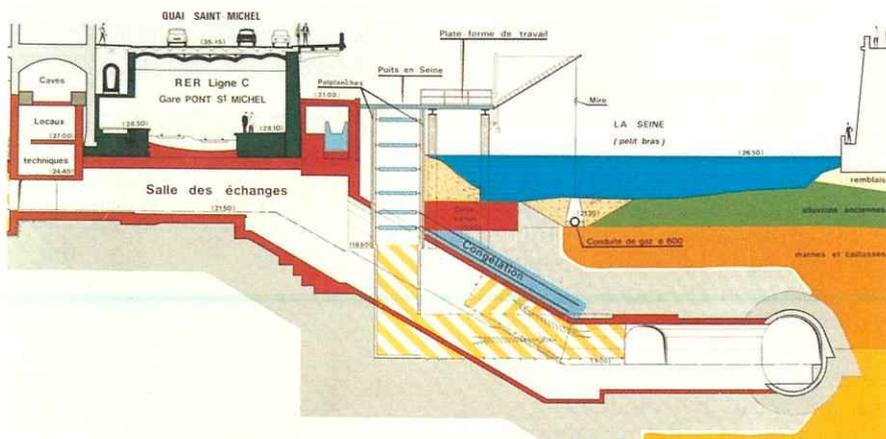
d'une voûte de protection par congélation, puis on a procédé au creusement du puits jusqu'à la cote 9,00 environ. Une galerie horizontale de 10 m² de section a été foncée sur 12 mètres environ, entre les tunnels. Les traitements de terrains protégeant le couloir horizontal prolongeant la gaine ont été entrepris depuis son extrémité.

La demi-section supérieure de la gaine inclinée a été réalisée « en remontant » à l'abri de la congélation qui n'a été mise en service qu'à partir de ce moment. Le dimensionnement de la voûte de terrain congelé permettait le terrassement à pleine section, sans aucun soutènement, avec une longueur décousue limitée à 4 mètres (*illustration 25*). La structure a été réalisée avec un ciment à forte chaleur d'hydratation (CLC 45) pour limiter l'épaisseur de béton neutralisée au contact du froid.

Exécution de la congélation

La congélation a été réalisée en utilisant l'azote liquide comme fluide réfrigérant pour trois raisons :

- rapidité de mise à froid garantissant la prise en glace malgré les pertes de frigories dues à la présence de la Seine ;
- emprises au sol réduites com-



24. Gaine sous-fluviale : schéma de principe.

patibles avec la faible surface disponible ;
— procédé concurrentiel compte tenu de la faible durée de l'opération.

Les forages, en deux lits constituant une voûte (illustration 26), ont été groupés en série et reliés à un réseau de vannes de sortie permettant le contrôle de la température de sortie du gaz (-60°C environ) et le réglage du débit sur chaque circuit (illustration 27).

Une étude théorique préalable, visant à étudier l'évolution du front froid en fonction des conditions de mise en œuvre, a servi de référence pour le suivi pendant les travaux, assuré grâce à vingt et un thermocouples implantés dans le terrain. Elle a permis de réduire notablement les opérations d'entretien.

Une surveillance systématique des gonflements provoqués a été assurée sur la conduite de gaz immergée en Seine et sur la plate-forme. Le soulèvement maximal de la conduite de gaz — 3,5 cm — s'est résorbé presque totalement lors de la décongélation.

Mille mètres cubes d'azote ont été nécessaires pour cette opération.



27. Congélation : collecteur et vannes de sortie d'azote sur la plate-forme en Seine.

Après réalisation de la demi-section supérieure, la construction du couloir horizontal a été entreprise, entre les deux tunnels en exploitation. Le terrassement de la voûte a été réalisé avec un découpsu maximal de 4,50 m afin de garantir la stabilité de ces ouvrages. Des mesures de convergence, effectuées de nuit hors exploitation, ont permis le contrôle de leur déformation (7 mm en fin d'opération), y compris pendant la réalisation de la partie inférieure conduite avec les mêmes contraintes de limitation de la longueur terrassée.

Le radier de la gaine a été réalisé en continuité, puis les reprises d'étanchéité et les aménagements principaux (galeries techniques, escalier fixe) ont été construits, avant l'obturation du puits conservé provisoirement dans la voûte, en partie basse du batardeau.

Gaine sous immeuble du quai Saint-Michel

Elle s'établit sous les trois immeubles des n^{os} 15, 17 et 19 du quai Saint-Michel. L'hôtel occupant le n^o 15 a dû être fermé pendant deux ans et demi pour permettre l'exécution des travaux.

La vétusté des immeubles et la proximité de leurs fondations nécessitaient des précautions toutes particulières pour assurer le creusement des ouvrages sans dommage. La solution retenue a consisté à placer les trois immeubles sur un réseau stable, indépendant du creusement, constitué d'un ensemble de poutres liées aux murs porteurs et reposant sur des appuis profonds (illustration 28, page suivante).

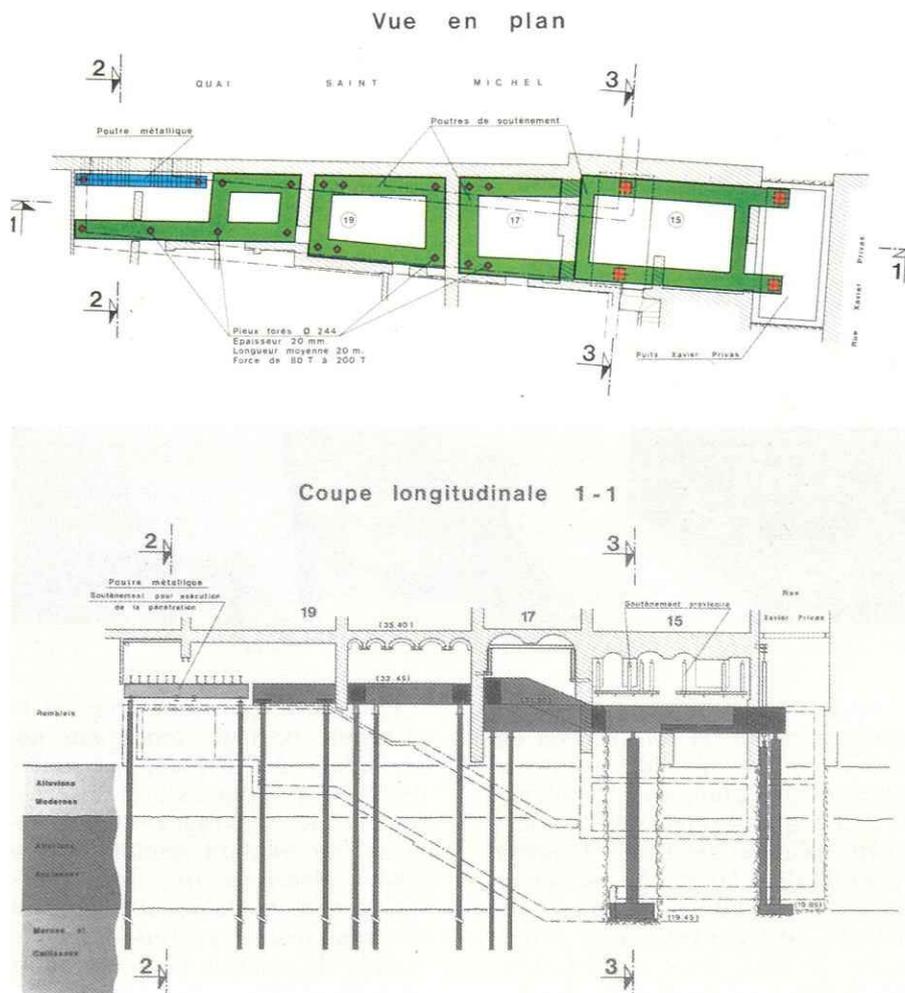
Les appuis sont généralement constitués de tubes de diamètre 244 mm. Après un préterrassement de 1,50 m environ, ils ont été exécutés depuis le niveau des caves, par passes successives de 1 mètre en raison de la faible hauteur disponible. Ils ont une longueur variable en fonction de la charge reçue, de 100 à 200 tonnes suivant les cas. La force portante est assurée essentiellement par le frottement latéral au-dessous du niveau à excaver. Pour les appuis les plus chargés, celui-ci a été amélioré par une injection de coulis de ciment à une pression de 3 MPa au voisinage immédiat de la partie inférieure des tubes.

Dans le puits Xavier Privas creusé préalablement, les appuis ont été réalisés en béton armé sur

Photo Charny

Photo Charny

26. Gaine sous-fluviale : maquette de congélation.



28. Chainage : Schéma de principe.

semelle. Sous le n° 15 quai Saint-Michel, la présence du RER ligne B rendant impossible l'utilisation de pieux profonds, deux poteaux ont également été construits dans un puits de faibles dimensions ; le creusement de ce dernier a été rendu possible grâce à un réseau de pieux provisoires dont la fiche est limitée à 3 mètres.

Les maçonneries existantes des immeubles ont fait l'objet, après le préterrassement, d'une campagne systématique de régénération au ciment puis aux résines afin d'obtenir une résistance moyenne garantie de la maçonnerie de l'ordre de 2 MPa.

Les poutres en béton armé ont alors été construites par éléments, avec utilisation de manchons spéciaux pour le raccordement des ar-

matures, le liaisonnement étant assuré par des barres de 0,40 mm scellées dans la zone régénérée (illustration 29).

La mise en charge des appuis a été assurée par des groupes de vérins ENERPAC de 50 ou 90 tonnes de capacité unitaire, placés sur des platines en tête des poteaux (illustration 30).

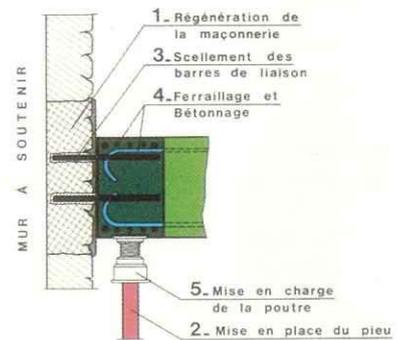
Elle a été effectuée par des paliers successifs permettant d'atteindre la charge théorique représentant le poids de l'immeuble et ses surcharges. En fait, le transfert de charge a été assuré à 75 % environ de cette charge théorique.

Pendant toute l'opération, l'immeuble a été surveillé grâce à des mesures altimétriques de précision, et sa verticalité grâce à un jeu de nivelles ; l'enfoncement des

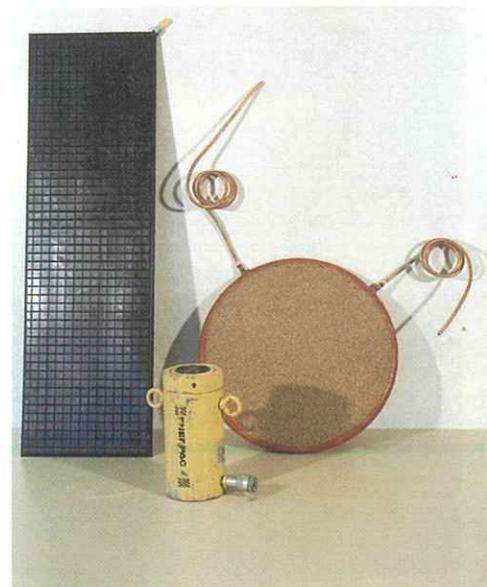
poteaux a été mesurée par comparateurs.

Le creusement a alors été entrepris (illustration 31), la pression des vérins étant contrôlée systématiquement pour éviter tout report des charges, même partiel, sur les anciennes fondations.

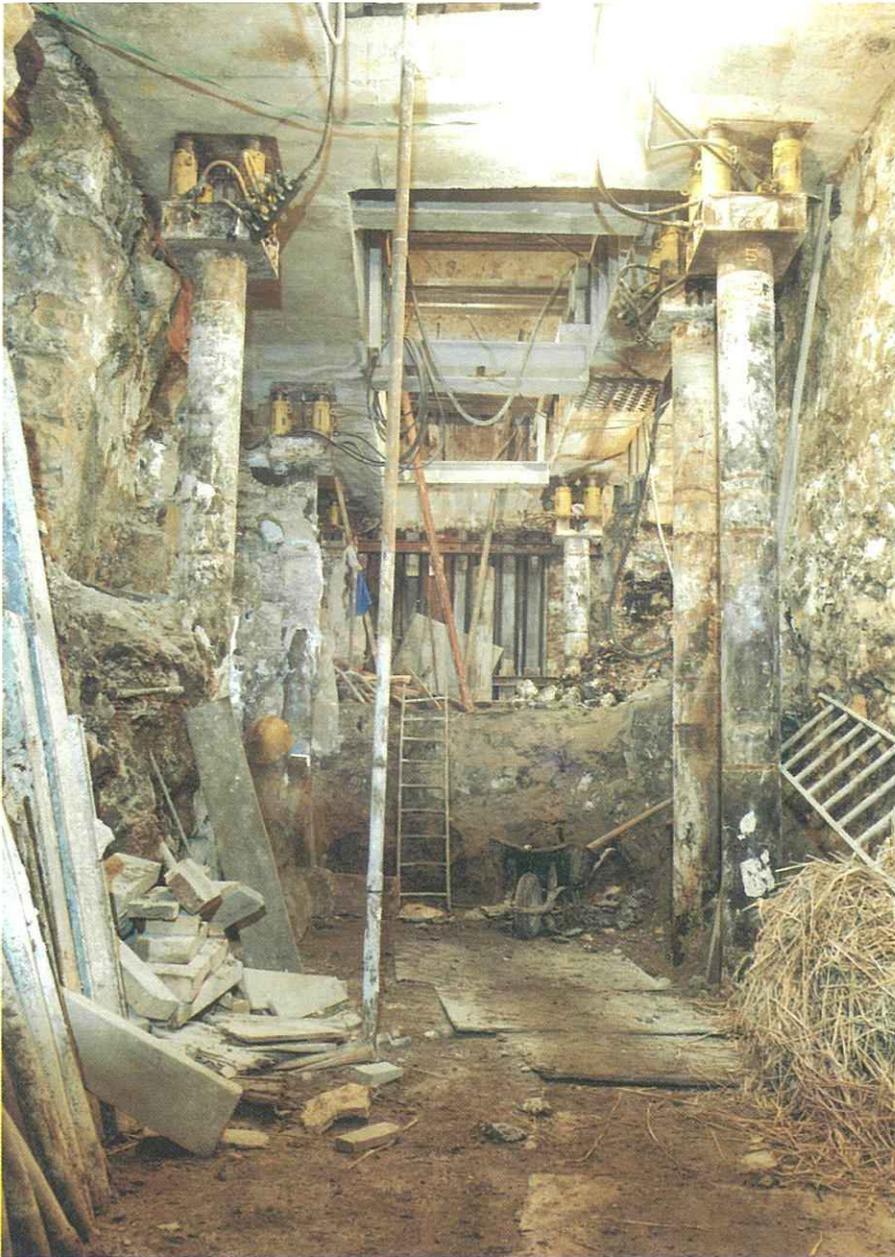
A l'exception du rampant de la gaine, creusé en souterrain « en remontant », tous les terrassements ont été réalisés depuis les caves. Après bétonnage des voiles et des structures, un nouveau transfert de charges a assuré l'immeuble sur les nouveaux ouvrages, permettant la suppression des appuis provisoires dont certains traversaient le futur couloir de liaison. Ce transfert a été assuré grâce à des vérins plats Freyssinet, d'une capacité de 40 tonnes.



29. Chainage : détail des poutres.



30. Vérins utilisés pour les diverses reprises en charge.



RATP - N/Audiovisuel

31. Terrassement en cours sous les immeubles reposant sur chaînage et appuis provisoires.

Au-dessus de la voûte réalisée en souterrain, les terrains ont été recomprimés par injection au ciment de baudruches en caoutchouc Vetter V24L, placées sous les poutres de chaînage lors de leur construction (illustration 30).

Systématiquement, tous les points de contact ont été traités pour éviter la transmission de vibrations grâce à l'interposition de néoprène (charges verticales) ou « Massissol » (pression latérale).

La zone des travaux a fait l'objet de traitements de terrains préalables, depuis le niveau des caves, avec des cadences très réduites et toujours une pression faible afin de limiter le soulèvement des immeubles. Les mouvements sont toujours restés dans la fourchette ± 2 mm.

Gaine sud

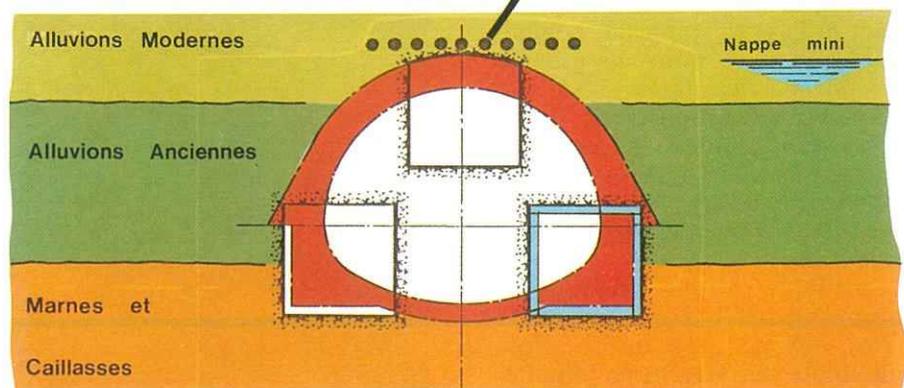
Le creusement de la partie horizontale de cet ouvrage, sous les fondations d'immeubles également très vétustes, a nécessité la recherche d'une technique différente de la précédente pour assurer l'intégrité des bâtiments. En effet, dans cette zone il n'y a pas de contact direct entre les fondations des bâtiments et l'ouvrage à construire, la couche de terrain subsistant entre les deux est de l'ordre de 4 mètres.

L'ouvrage a été entrepris depuis le puits creusé sous l'immeuble n° 15 quai Saint-Michel jusqu'à la cote 20 NGF, avant le bétonnage des structures.

Sa réalisation a débuté par le creusement de deux galeries de pied (illustration 32), à l'emplacement des piédroits : implantées dans les alluvions anciennes, facilement injectables, elles n'ont pas posé de problèmes particuliers et le bétonnage des piédroits a été exécuté en reculant.

Par contre la galerie de tête, située dans des alluvions modernes très limoneuses, a été réalisée sous un présoutènement assuré par dix tubes de 0,20 m de diamètre espacés de 0,50 m d'axe en axe. Les tubes ont été forés depuis le puits

Tubes métalliques de soutènement



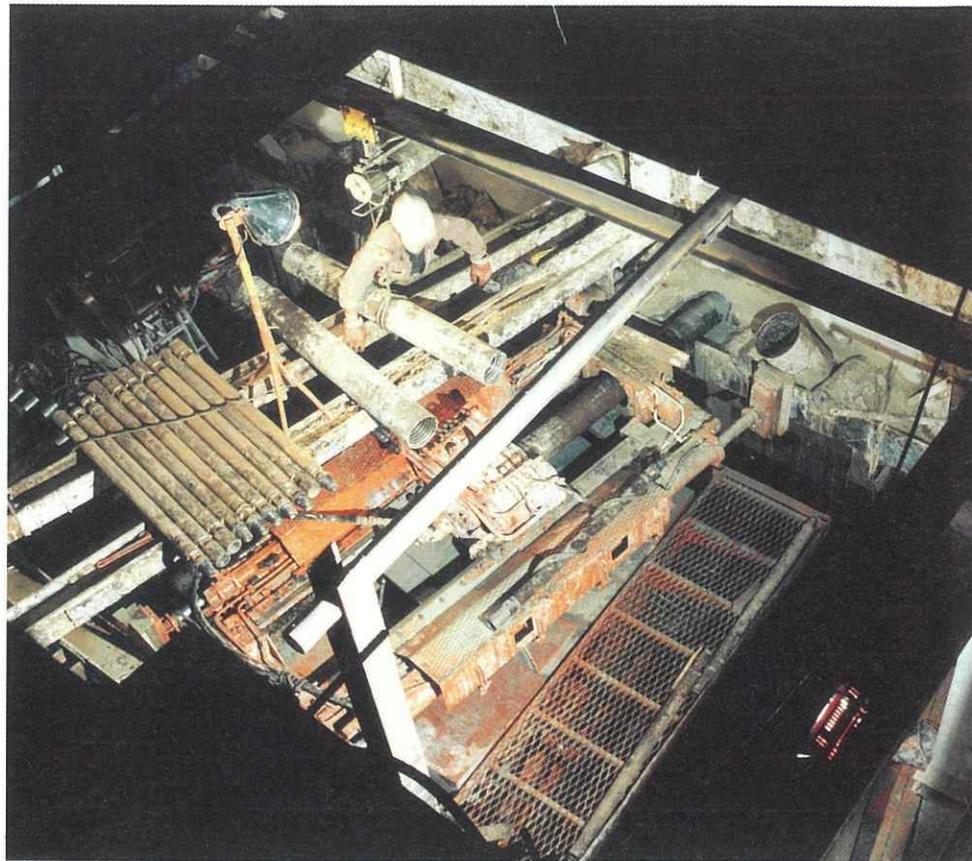
32. Schéma de principe d'exécution de la galerie sud sous présoutènement par tubes.

(illustration 33), par éléments vissés de 1,65 m, la couronne de forage étant perdue.

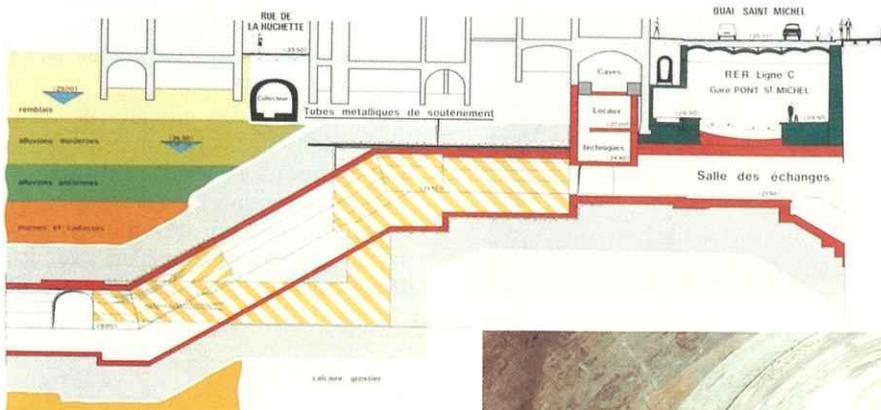
Par précaution supplémentaire, lors des traitements de terrain réalisés depuis le même puits, tous les forages ont été équipés de barres de diamètre 16 mm scellées pour améliorer la cohésion en masse des sols.

Les abattages ont ensuite été réalisés frontalement, le bétonnage suivant au plus près : la longueur décousue a été limitée à deux travées complètes.

L'extrémité de l'ouvrage était obturée par un mur masque qui permet d'entreprendre, à l'avancement, l'ensemble des traitements de terrains nécessaires au creusement de la gaine inclinée ; celle-ci était réalisée « en remontant » grâce au terrassement d'un puits et



33. Exécution du présoutènement par tubes métalliques forés.



34. Schéma de principe d'exécution de la gaine sud.

d'une galerie horizontale rejoignant la base du rampant, comme précédemment pour la galerie sous-fluviale (illustration 34).

Après construction de la demi-section supérieure, le radier et les pénétrations ont été réalisés avec le respect des mêmes précautions vis-à-vis des ouvrages existants (illustration 35).

Les pénétrations assurant la communication avec les quais n'ont été percées qu'une fois l'ensemble des structures terminé. Cette règle a été respectée de façon systématique pour la construction des ouvrages de la gare Saint-Michel afin d'éviter tout incident

d'exploitation du fait de venues d'eau importantes, toujours possibles lors du creusement dans des alluvions fortement baignées par la nappe.

Gaines de liaison sur berge

Elles ont été réalisées « à ciel ouvert », sous l'encorbellement du quai Saint-Michel. Le terrassement



35. Gaine sud : terrassement du stross et reprise en sous-œuvre de la voûte dans le rampant.

a été effectué à l'abri du rideau de palplanches fiché dans les marnes et caillasses pour la partie basse, dans les alluvions anciennes pour les extrémités. Un traitement des terrains systématique du fond de boîte sur 3 mètres d'épaisseur a permis d'éviter tout renard sous le pied du rideau protecteur. La tenue de celui-ci a nécessité un butonnage important reprenant la poussée d'eau, jusqu'à la cote 30,00 NGF, au-delà de laquelle les crues peuvent noyer la fouille (illustration 36).

Après réalisation des structures et mise en place des étanchéités, la réfection du parement du mur de berge a été effectuée à l'abri des palplanches. Le rideau sera enlevé en même temps que la plate-forme en service au printemps 1987, après la période des crues.

Pour les percées vers les quais SNCF, on a attendu que les ouvrages soient à l'abri d'une montée des eaux pour effectuer la démolition du mur, un coffrage de protection sur quais isolant la zone des travaux.

Les ouvrages sont calculés et ancrés de façon à encaisser le choc éventuel d'une péniche à la dérive, sans répercussion du choc (estimé à 200 tonnes) aux structures existantes de la SNCF.

Ouvrages techniques nord

La partie haute des ouvrages sous la rue de la Cité, qui recevra le centre de surveillance et les locaux techniques, a été réalisée entièrement à ciel ouvert, avec pose de platelages permettant le maintien de 9 mètres de circulation sur la rue de la Cité. Le butonnage métallique assure également le soutènement des ouvrages concessionnaires : conduite GDF de diamètre 1 000, caniveau de chauffage urbain, multitubulaire PTT (illustration 37). Les déviations d'égouts ont été réalisées préalablement.

Tous les autres ouvrages ont été construits à partir du puits « Petit Pont ».

Préalablement aux travaux de génie civil et après injection des sols depuis le puits, une galerie de reconnaissance a été creusée à l'emplacement du piédroit sud de la future passerelle de franchissement de la voie 1 du RER ligne B. Depuis son extrémité élargie en chambre de travail, ont été entrepris les traitements de terrains de la gaine descendante vers les quais sur 25 mètres de longueur.

Après creusement d'une galerie de tête sur 20 mètres, en descendant (illustration 38, page suivante), une nouvelle chambre de travail a servi à la réalisation des traitements de terrains à l'emplacement des futurs locaux techniques.

Le terrassement de ceux-ci, dans un calcaire très dur et rendu très homogène par les injections, s'est fait dans des conditions très pénibles, au marteau piqueur et à l'éclateur hydraulique, les possibilités d'accès interdisant l'amenée de matériel lourd pour le déroctage des bancs. L'utilisation de l'explosif, qui avait permis le creusement des tunnels du RER, a été proscrite pour des raisons évidentes de sécurité.

Comme pour les autres ouvrages



36. Couloir sur berge : ferrailage en cours.

de même type, le découps lors de l'exécution de la demi-section supérieure puis de l'ensemble radier-piédroit a été limité à 4,50 m (illustration 39, page suivante).



37. Ouvrages nord : exécution du centre de surveillance.

Le couloir horizontal supérieur et la gaine sous la rue de la Cité ont été entrepris à l'abri de traitements de terrains réalisés depuis la surface. Cette zone s'est révélée la plus délicate, en raison de problèmes géologiques très spécifiques :

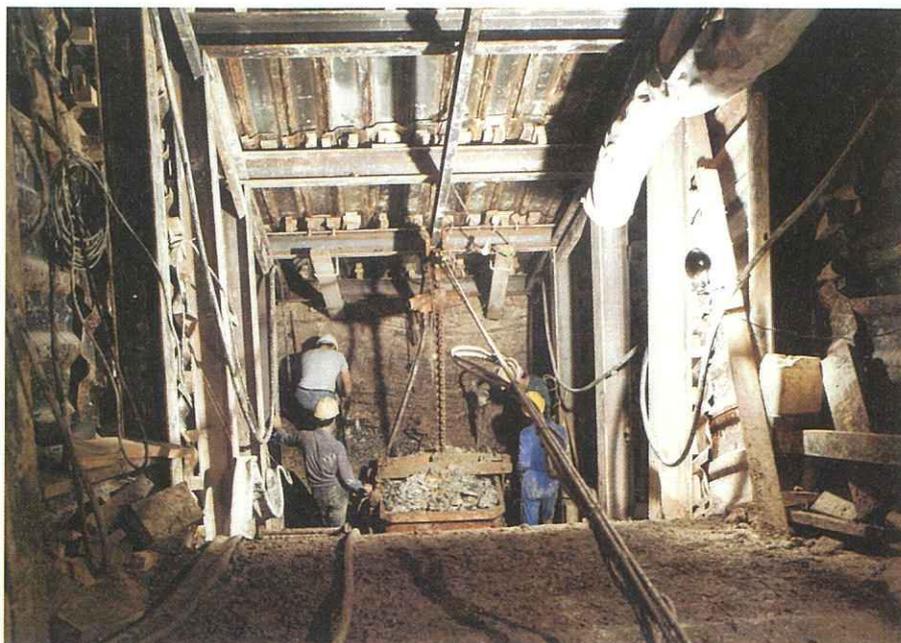
- présence de bancs de calcite qui n'ont pas été totalement obturés par les injections, entraînant des venues d'eau permanentes ;
- existence, dans la zone de contact des alluvions anciennes et modernes, d'un matériau organique en fort pourcentage, qui a perturbé notablement la qualité des injections ; ce produit, de couleur noire, à forte teneur en hydrocarbures, se révèle très avide d'oxygène et modifie les conditions de mise en œuvre ; décelé à temps lors de l'exécution des gaines de l'accès sud, il avait nécessité l'utilisation de procédés spéciaux (voir plus loin, paragraphe « Gains de liaison avec la gare ligne B »).

La réalisation du couloir horizontal, au pied des bâtiments de la Préfecture de Police, par galerie de tête, abattages latéraux, bétonnage de la voûte et reprise en sous-œuvre par plots, s'est effectuée dans d'assez bonnes conditions malgré un ruissellement permanent (illustration 40).

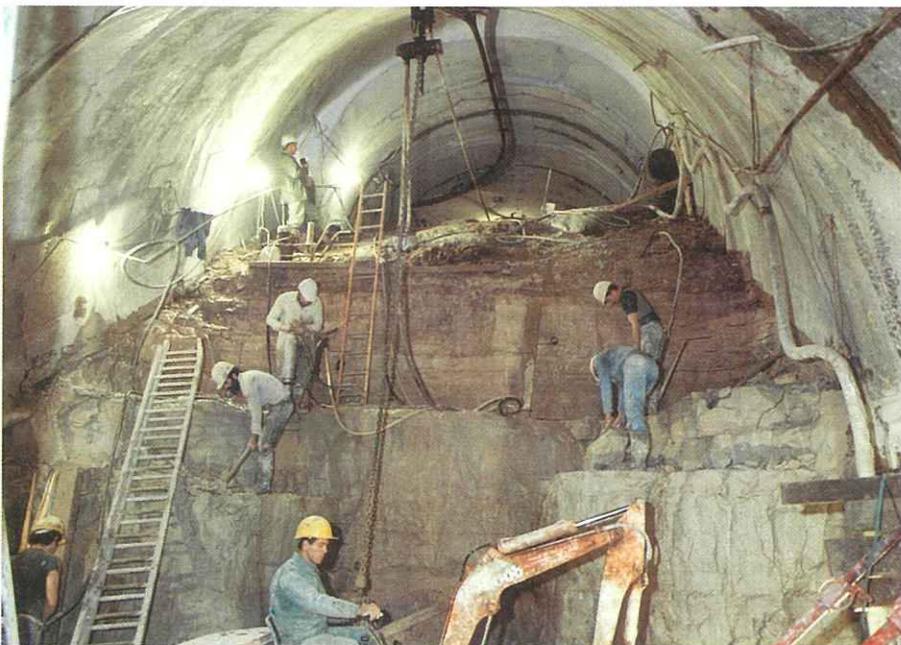
Par contre, le creusement de la galerie de tête a posé de gros problèmes pour le franchissement de la couche de terrains noirs. Après plusieurs déboutrages importants qui ont néanmoins permis le passage de la galerie de tête, la réalisation des abattages latéraux s'est révélée impossible tout en assurant la sécurité du personnel et la stabilité des ouvrages susjacents (illustration 41).

Après étude de différentes solutions, y compris la mise en œuvre de l'air comprimé, le principe retenu est d'entourer la zone litigieuse à l'aide de colonnes réalisées par « jet grouting » depuis la surface.

Ces colonnes recoupent les horizons traités de façon satisfaisante, ceux-ci étant repérés lors du forage d'exécution par enregistrement de paramètres (système Lutz



38. Ouvrages nord : terrassement de la gaine descendante.

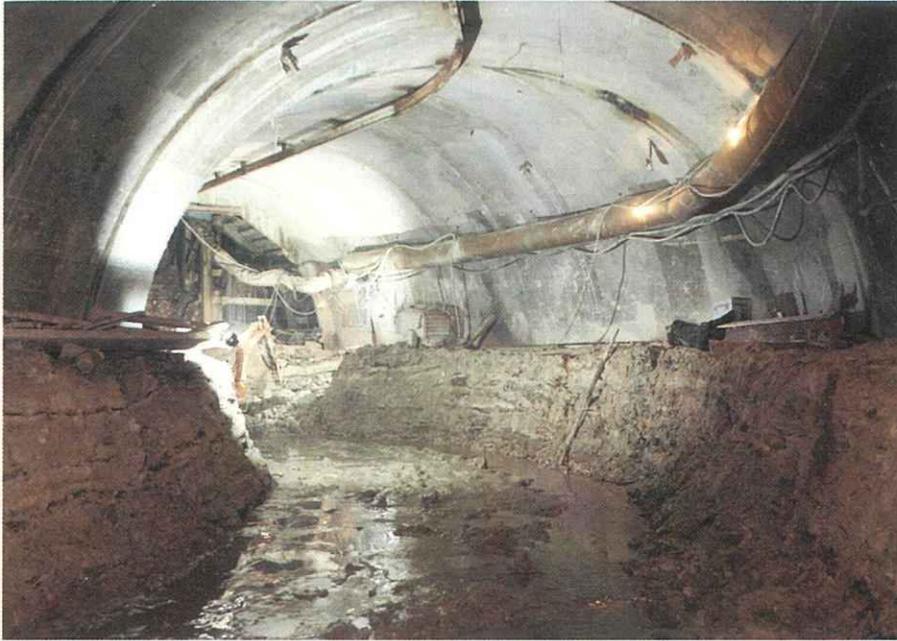


39. Ouvrages nord : terrassement de la demi-section inférieure du rampant.

ou Empasol). Plusieurs sondages carottés ont donné l'étalonnage des mesures.

Cette phase de travaux reste actuellement à terminer, avec une contrainte impérative de respect des délais : la fin de ces ouvrages conditionne en effet la liaison de toutes les installations avec le centre de surveillance, élément indispensable pour la mise en service.

La démolition du tunnel de la ligne B, nécessitée par le débouché de l'ouvrage de décompression et la réalisation du plancher de la passerelle, sera entreprise après mise en place d'une coque de protection en tôles Arval dans le tunnel. Afin d'éviter tout incident lié aux difficultés de terrassement de la gaine rue de la Cité, un masque métallique muni



RATP - N/Audiovisuel

40. Ouvrages nord - Couloir horizontal : terrassement du stross.

de portes d'accès étanches séparera les deux zones de travaux : il est prévu pour résister à une hauteur d'eau en charge de 16 mètres, correspondant à la crue travaux à la cote 29,00 NGF.

Le plancher de la passerelle sera réalisé en poutrelles métalliques enrobées : il devra recevoir quarante fourreaux pour le passage des câbles vers le centre de surveillance.

Sauf nouvel incident majeur, tous les travaux de génie civil de cette partie d'ouvrage seront terminés fin octobre 1987.

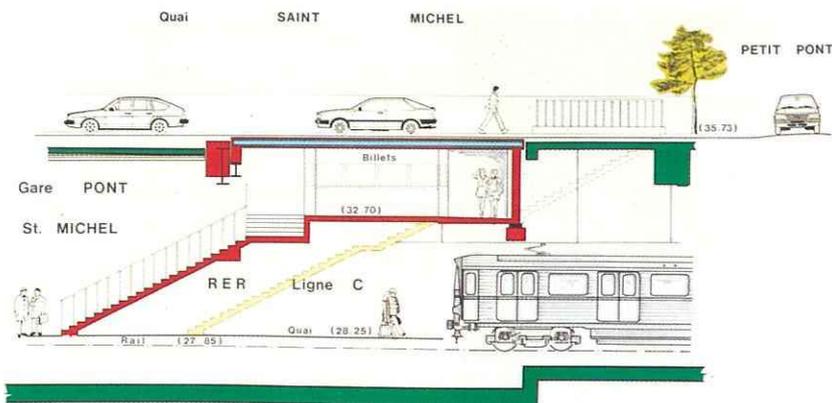
Accès est « Petit Pont »

Réalisé par la SNCF, il pose les problèmes liés à la faible charge au-dessus de l'ouvrage et à la hau-

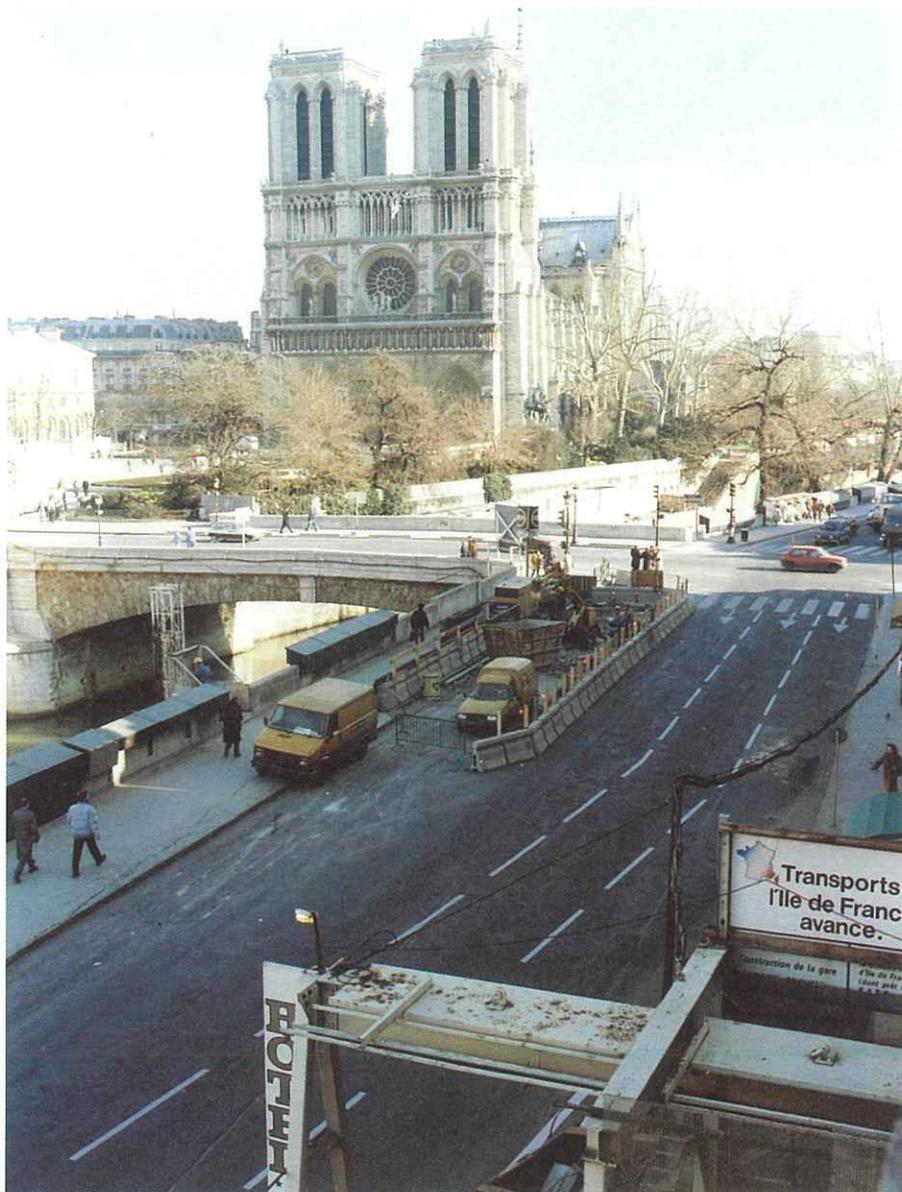


RATP - N/Audiovisuel

41. Ouvrages nord - Gaine sud : terrassement de la galerie de tête en mauvais terrain.



42. Accès est « Petit Pont » : coupe longitudinale.



43. Réalisation de l'accès est « Petit Pont ».

teur limitée rail-caténaire qui doit être impérativement maintenue.

L'ancienne passerelle et les escaliers métalliques ont été déposés de nuit hors exploitation.

Les deux poutres principales supportant le plancher et la future couverture ont été amenées par trains de travaux et mises en place avec coupure d'exploitation de 10 heures, sous le tablier actuel de chaussée (illustration 42). Après pose de poutrelles entre les deux éléments porteurs et bétonnage du plancher, la couverture existante est en cours de démolition et la nouvelle dalle, appuyée sur les poutres principales, sera construite en poutrelles enrobées. Réalisée en trois phases pour assurer le maintien de trois voies sur le quai Saint-Michel (illustration 43), cette opération nécessite le soutènement de l'encorbellement du quai, dont les ancrages sont repris par la nouvelle structure.

Ces travaux, actuellement en cours, seront terminés au mois de juillet 1987 pour le génie civil. L'accès actuel aura été fermé au public pendant douze mois.

Accès sud

(voir illustration 14)

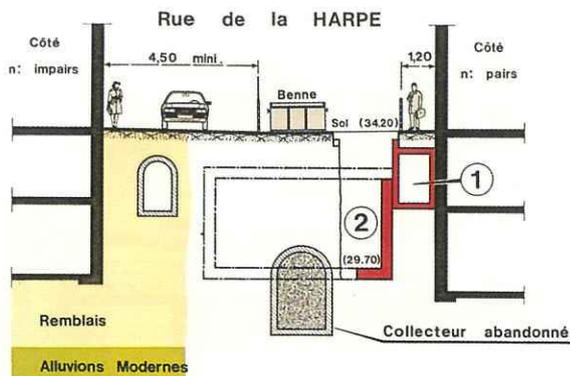
Sa réalisation s'est faite en deux phases distinctes : construction des ouvrages sous la rue de la Harpe et le boulevard Saint-Germain, puis creusement des deux gaines sous immeubles.

Couloir rue de la Harpe et boulevard Saint-Germain

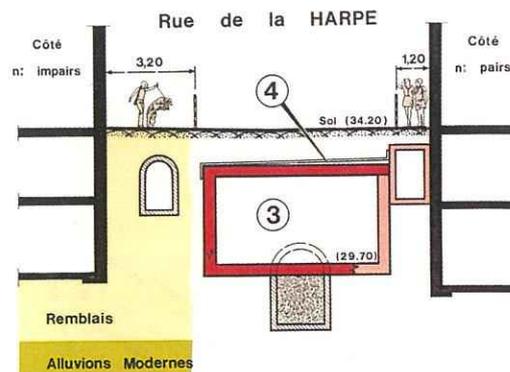
Le terrassement des ouvrages rue de la Harpe était soumis à deux contraintes principales :

- respect des conditions de sécurité pour l'accès des pompiers, entraînant la limitation à 15 mètres de longueur de l'emprise nécessitant le barrage total pour la circulation automobile ; les autres emprises devaient impérativement libérer un passage de 4,50 m minimum ;

- respect de l'engagement pris par la RATP auprès des riverains de terminer les travaux de génie civil dans un délai de treize mois,



- ① Construction de l'égout
Déviation des concessionnaires
- ② Exécution du piédroit en fouille blindée



- ③ Exécution à ciel ouvert du cadre
(Plots de 15 m.)
- ④ Etanchéité — Remblaiement

44. Couloir rue de la Harpe - Schéma de principe : coupes.



45. Couloir rue de la Harpe : terrassement d'un plot de 15 mètres.

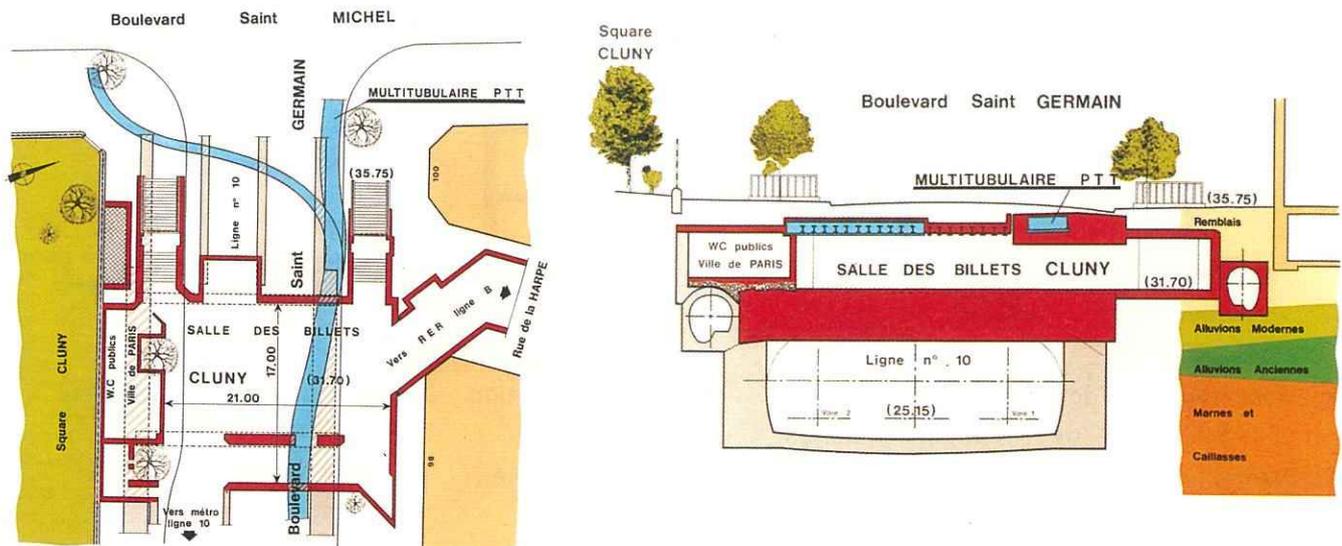
ne comprenant pas les déviations préalables des réseaux concessionnaires et la remise en état de la voirie.

La réalisation préalable des reconnaissances archéologiques a permis l'exécution des travaux sans interruption.

Le doublement de l'égout existant par un nouvel ouvrage desservant le côté pair de la rue, a été entrepris en premier avec modification des réseaux de distribution d'eau et de gaz (illustration 44).

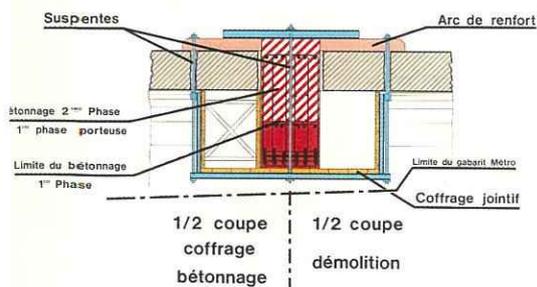
Après construction par plots dans une emprise réduite du premier piédroit du couloir, celui-ci a été réalisé en fouille blindée par éléments de 15 mètres (illustration 45) ; chaque phase comportant le terrassement, le bétonnage successif du radier, du second piédroit et de la dalle de couverture, la mise en œuvre des étanchéités et le remblai, l'ensemble de ces opérations a été réalisé en six semaines.

La salle des billets « Cluny » repose sur deux poutres principales transversales, au-dessus de l'ouvrage à trois voies d'avant-gare (illustration 46, page suivante). Les deux saignées dans la voûte ont été réalisées grâce à un coffrage suspendu (illustration 47, page suivante) reposant sur les éléments latéraux renforcés par des arcs de décharge en béton : mis en place de nuit hors exploitation, ce coffrage servait d'abord de protection pour la démolition, puis de fond



46. Salle des billets « Cluny » - Schéma de principe : plan et coupe.

Exécution des poutres maitresses

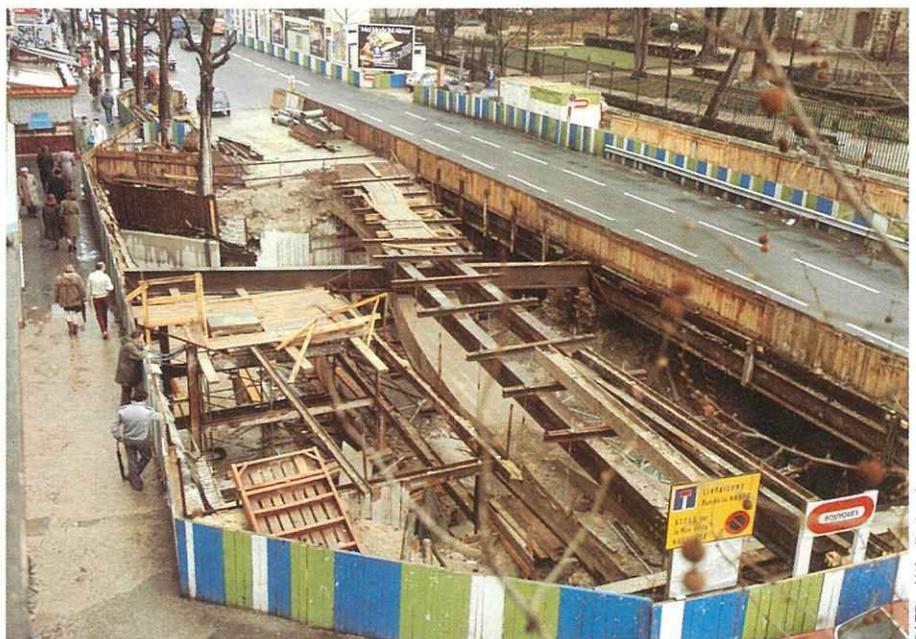


47. Salle des billets « Cluny » : coffrage d'une poutre sur le tunnel en exploitation.

de moule pour la construction des poutres, bétonnées en deux phases successives. La voûte, conservée entre les deux éléments porteurs, supporte le radier de la salle.

Sur la chaussée du boulevard Saint-Germain, le maintien de trois voies de circulation a été assuré grâce à un pont provisoire constitué de poutrelles supportant des platages, d'une longueur totale de 20 mètres (illustration 48).

L'exécution par tranches successives justifie la réalisation de la couverture en poutrelles enrobées. Pour éviter la déviation coûteuse d'une importante multitubulaire PTT, celle-ci a été englobée dans la dalle, nécessitant l'abaissement de la salle de 2,70 m à 2,10 m, à l'emplacement des futures lignes de contrôle.



48. Salle des billets « Cluny » : phasage des travaux boulevard Saint-Germain.

Gaines de liaison avec la gare ligne B

Leur réalisation a été entreprise à partir du puits Saint-Séverin, futur accès pompiers, d'une section après bétonnage de 4 m x 4 m.

L'existence de ce seul point d'attaque et la présence d'immeubles, au-dessus de l'ensemble des ouvrages à construire, a conduit à réaliser l'ouvrage de la façon suivante (illustration 49) :

— depuis l'extrémité du couloir

rue de la Harpe et depuis le puits, exécution des traitements de terrains sur 25 mètres environ, puis creusement d'une chambre de travail à partir de laquelle sont réalisées les voûtes de la gaine montante et le début du couloir horizontal ; cette opération a été conduite par galerie de tête, abatages latéraux, coffrage et bétonnage de la voûte, avec un découpage maximal autorisé de deux longueurs de travées à pleine section

soit 3,20 m, pour assurer la stabilité des ouvrages susjacentes ; des injections de collage des maçonneries aux terrains ont été exécutées au plus près dans le même souci ; — à l'abri d'un bouchon de terrain traité de 3 mètres d'épaisseur et d'un mur de masque en béton, traitement d'un second plot (illustration 50) puis reprise de terrassement comme précédemment ; — pour le troisième plot, ont également été inclus les traitements permettant le creusement d'un puits et d'une galerie horizontale à la base de ce dernier, suivant un processus déjà évoqué pour les autres gaines inclinées.

Le traitement du quatrième plot a été réalisé depuis la galerie basse.

Lors du terrassement du premier plot, sont apparues pour la première fois les poches de terrain noir pollué (illustration 51) de même nature que celles rencontrées plus tard dans l'accès nord. Les difficultés rencontrées lors du terrassement ont conduit à stopper l'avancement une travée plus tôt

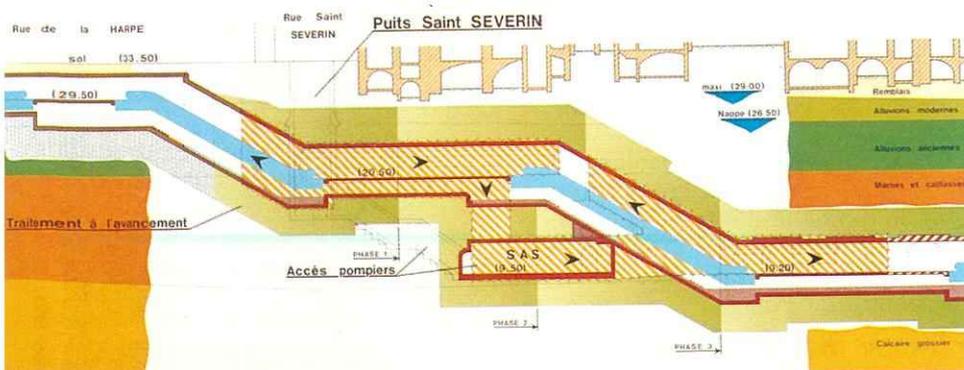
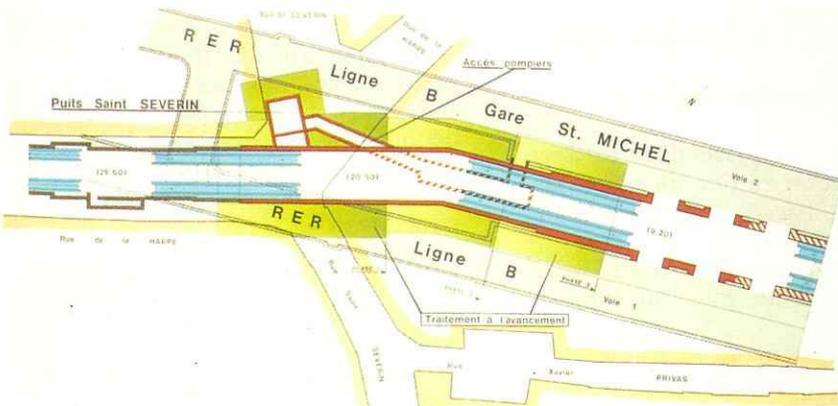


Photos RATP - N/Audiovisuel

50. Gaine sud : injection des terrains avec sas à partir d'un mur de masque.



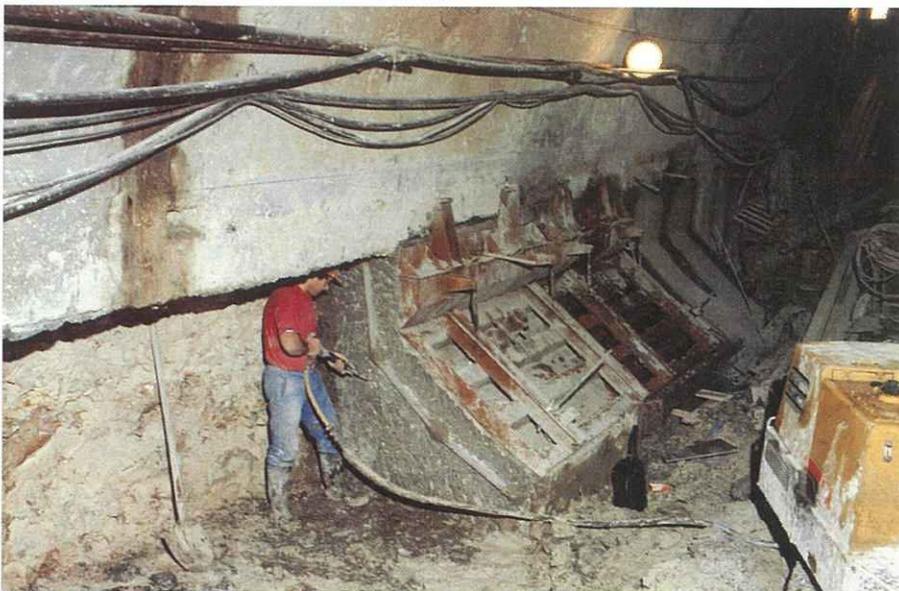
51. Gaine sud : rencontre de terrains pollués non injectable



49. Gaine sud - Schéma de principe : plan et coupe.

que prévu. Le prélèvement d'échantillons, à l'abri de l'air et de la lumière, et leur étude en laboratoire, ont permis de mettre au point une méthode appropriée pour conférer à ces poches une cohésion satisfaisante évitant tout risque pendant le creusement. Basée sur le caractère fortement réducteur du produit polluant, d'origine organique, elle consiste à effectuer en place un pré-lavage du terrain avec un oxydant en solution.

Divers essais de traitement en laboratoire ont confirmé l'intérêt et les possibilités de cette théorie.



RATP - N/Audiovisuel

52. Gaine sud : exécution des piédroits en sous-œuvre de la voûte.

Sur le chantier, le choix s'est porté sur l'utilisation du persulfate de sodium en solution à 1 %, en particulier pour des raisons de coût, de facilité et de délai d'approvisionnement.

Après perforation sous sas et lavage des alluvions par simple injection de la solution, les traitements de terrains ont été conduits normalement. Toutefois, il a été nécessaire de procéder par longueurs successives de 8 à 10 mètres pour réaliser le traitement sur les 25 mètres prévus.

Du fait de ces reprises successives et de la mise en œuvre à cadences lentes, au contact des fondations d'immeubles particulièrement vétustes, la durée totale du traitement du second plot a été de six mois au lieu des trois mois et demi initialement prévus, mais le terrassement a été conduit ensuite dans des conditions parfaitement satisfaisantes.

Un des éléments les plus contraignants du procédé a été l'oxydation rapide de tous les éléments métalliques : conduites, pompes, dont le remplacement systématique et fréquent a atteint la périodicité d'une fois par poste pour les valves de pompe.

Le coût relativement important de l'injection préalable de persulfate a justifié qu'il ne soit pas mis en œuvre systématiquement dans tous les traitements du contact alluvions anciennes et modernes ; la difficulté d'obtenir des échantillons non perturbés rendait délicat le réperage préalable de ces poches.

La construction des piédroits, avec reprise en sous-œuvre de la voûte, et du radier a été réalisée comme il a été décrit pour les

autres gaines montantes, dans le respect des mêmes contraintes de sécurité (illustration 52).

Ouvrages annexes

Outre les deux puits « Petit Pont » et « Saint-Séverin » réalisés dans le cadre des travaux précédemment cités, ils comportaient :

- le remaniement du puits « Marché Neuf » et la construction du poste « éclairage-force » attendant ;
- la construction de l'accès handicapés.

Puits « Marché Neuf » et poste « éclairage-force »

Ces deux ouvrages ont été réalisés en une même phase qui comportait :

- la mise en place d'un coffrage de protection en tête du puits existant dont l'accès a été condamné pendant les travaux ;
- la démolition de la partie haute du puits et du mur du quai de Seine ;
- le terrassement en fouille blindée du poste ;
- le bétonnage de l'ensemble des structures ;
- l'étanchéité et la reconstruction du parement du mur de la berge autour des baies de décompression.

Aucun problème particulier ne s'est posé pour leur réalisation hors la difficulté d'insérer une emprise supplémentaire dans cette zone, directement en face de la Préfecture de Police.

L'accès handicapés

En raison des difficultés pour obtenir l'accès aux caves des im-

meubles, le puits a été réalisé d'abord sans sa partie basse, au-dessous de la cote 22 NGF, dans le tréfonds de l'immeuble, acquise par la RATP pour la réalisation des ouvrages d'intercommunications.

Les traitements de terrains ont été réalisés, avec les précautions déjà décrites, depuis le puits Xavier Privas.

Une chambre de travail, creusée depuis le niveau de la salle des échanges, a permis le terrassement d'un puits jusqu'au niveau des quais, dans les marnes et caillasses et le calcaire.

Dès que l'accès aux caves de l'immeuble a été rendu possible, une reconnaissance par puits a permis de déterminer avec précision le niveau exact des fondations des murs porteurs.

La partie haute du puits est en cours de terrassement depuis le niveau des caves après un ensemble de mesures préalables :

- raidissement des murs porteurs par un chaînage en béton armé, identique dans son principe à celui mis en œuvre dans les immeubles voisins n^{os} 15 à 19 ;
- réalisation d'un rideau de pieux-racines sur les faces nord, sud et est du puits pour éviter la décompression des sols lors du creusement (illustration 53) ;
- terrassement et réalisation des structures.

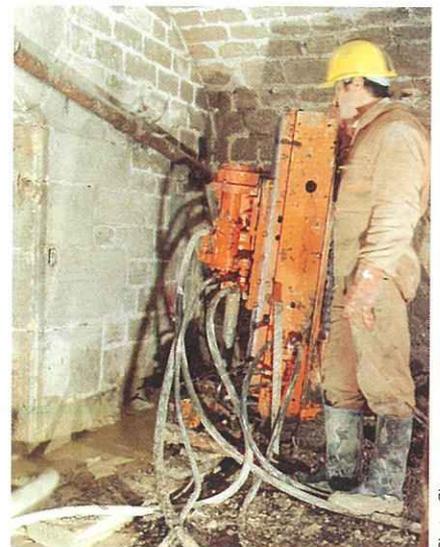


Photo Chany

53. Accès handicapés : exécution de pieux-racines depuis les caves de l'immeuble.



54. Couloir rue de la Harpe en cours de décoration.

Deux niveaux de coupure, avec interposition de néoprène, sont prévus pour éliminer la transmission des vibrations des tunnels à l'immeuble.

La machinerie, implantée en partie haute au même niveau que le débouché, au rez-de-chaussée de l'immeuble, fera l'objet de mesures particulières d'insonorisation et d'isolation du moteur pour éviter toute nuisance dans le bâtiment.

Décoration des ouvrages

A la demande du ministère de la Culture, la décoration de la station « Cluny », rebaptisée « Cluny-La Sorbonne », a été confiée au peintre Jean Bazaine, auteur entre autres de la grande fresque de l'UNESCO et des vitraux de l'église Saint-Séverin.

L'artiste a imaginé d'animer la voûte par deux grands oiseaux symboliques encadrés par deux flammes. Les oiseaux, disposés tête-bêche, occuperont une longueur de 19 m sur 8 m de largeur ; l'un sera à dominante bleue et violette, l'autre à dominante garance et rose. Les flammes, de même couleur que les oiseaux, auront 5 m de large sur 8 m de haut environ. Les formes ainsi dessinées seront prolongées par un halo jaune pâle.

Cette œuvre d'art, unique et originale, s'intitule « Les oiseaux » et sera réalisée en mosaïque de lave émaillée.

Par ailleurs, le caractère régional du complexe Saint-Michel a conduit le Conseil régional à souhaiter une décoration particulière, sur le thème « L'Ile-de-France », pour la salle des échanges et le couloir de la rue de la Harpe.

Claude Maréchal, retenu comme décorateur à l'issue d'un concours,

a choisi de réaliser des fresques en émaux de Murano. L'un des piédroits du couloir de la rue de la Harpe a déjà reçu son revêtement (illustration 54) et le deuxième va être entrepris prochainement.

Coût de l'opération

Le coût total de l'opération Saint-Michel, avec l'option actuelle utilisant les ouvrages nord en issue de secours, s'élève à 410 millions de francs, frais d'études et de surveillance inclus, aux conditions économiques de janvier 1986, auxquels ont été ajoutés 26 millions de francs financés directement par la RATP au titre de l'amélioration des réseaux.

La partie principale de la dépense, soit 410 millions de francs, est financée de la façon suivante :

- 30 % par l'État, essentiellement sur le Fonds spécial de grands travaux ;
- 30 % par la région Ile-de-France.
- 40 % par la RATP, avec un prêt de la Région Ile-de-France.

La dépense totale se décompose ainsi :

— génie civil	326 MF
— aménagements	52 MF
— équipements électriques	40 MF
— télécommunication . . .	13 MF
— acquisitions foncières . .	5 MF
Total	436 MF

Ce montant ne comprend pas la décoration de la station « Cluny » estimée à 6 MF et financée par le ministère de la Culture, ni la part de financement du Conseil régional pour les fresques de la salle des échanges et du couloir rue de la Harpe (2,5 MF).

Compte tenu du faible volume terrassé (40 000 m³), le coût du

génie civil peut paraître élevé. Il faut cependant noter que la majeure partie du chantier a fait appel à des méthodes particulièrement délicates et donc coûteuses, justifiées par l'accumulation des difficultés énumérées plus haut. Il faut également souligner que les précautions prises ont permis l'achèvement des ouvrages sans désordre sur les immeubles ou les ouvrages susjacentes, réduisant d'autant, pour la RATP, les risques de contentieux ultérieurs.

Conclusion

Les difficultés rencontrées pour la construction du génie civil seront prolongées pour la réalisation des aménagements et équipements de l'ouvrage au cours de l'année 1987 :

- les accès sont peu nombreux et de faibles dimensions, souvent éloignés des zones de travail ;
- la remise en état des quais de la station « Cluny » et de la gare ligne B sera en majeure partie réalisée de nuit ;
- les escaliers mécaniques seront approvisionnés par trains de travaux de nuit en éléments de 6,50 m de longueur qui devront être ensuite transportés à leur emplacement définitif pour assemblage.

D'ores et déjà, la station « Cluny » et le couloir rue de la Harpe sont en cours d'aménagement depuis avril 1986 et le trottoir roulant en cours d'installation à partir de mars 1987. A l'exception des ouvrages nord, l'ensemble du génie civil est terminé depuis décembre 1986.

A son ouverture, la gare « Saint-Michel » assurera un important trafic journalier de voyageurs provenant pour 95 % de la banlieue et dont 75 % utiliseront la correspondance. ■



NOUVELLES DE LA RATP

RÉNOVATION DES CAISSES DU MATÉRIEL MS 61

LA RATP a lancé fin 1986 un programme accéléré de rénovation de son matériel MS 61, qui circule sur la ligne A du RER : « Saint-Germain-en-Laye / Boissy-Saint-Léger ou Torcy-Marne-la-Vallée ».

Cette opération de grande envergure est effectuée afin de pouvoir faire face le moment venu aux futurs besoins d'une exploitation renforcée sur la ligne, besoins liés à l'interconnexion à Nanterre-Préfecture avec les lignes SNCF de Cergy et de Poissy et à la mise en place du système SACEM (*) d'aide à la conduite, à l'exploitation et à la maintenance permettant de réduire l'intervalle de passage des trains.

La quasi-totalité du parc devra donc être disponible à temps et répondre ainsi à l'amélioration de l'offre de transport prévue.

**

La partie résistante des caisses du matériel MS 61 a été réalisée en tôle d'acier doux constituant une caisse poutre.

Or, lors de la construction de ces matériels, le décapage des tôles avant première mise en peinture a été effectué par voie chimique ; mais la phase de neutralisation a été inopérante dans certaines zones. Par ailleurs, la circulation et les garages de ce matériel dans une région où la pollution atmosphérique est agressive sont autant de facteurs aggravants qui ont conduit à des destructions localisées dues à la corrosion, laquelle s'observe particulièrement sur les 320 voitures des tranches A à D livrées entre 1967 et 1972 dont l'âge moyen est de 17 ans.

Cette constatation a conduit à entreprendre, dès 1983, une opération de rénovation des caisses à l'atelier de Montrouge complétée par une nouvelle mise en peinture à l'atelier de Boissy.

Mais les capacités de ces deux ate-

liers ne permettant de traiter qu'une trentaine de caisses par an, ce rythme est apparu insuffisant pour remettre le parc de matériel à un bon niveau dans des délais raisonnables et assurer ainsi sa pérennité.

L'anticipation des livraisons du matériel MI 84 nécessaire à l'intercon-



RATP - Arcueil

nexion ayant permis récemment d'immobiliser des éléments MS 61, l'opportunité a été saisie pour conduire un programme accéléré de reprise des caisses de ce matériel.

Ce programme, qui s'achèvera en 1988, est conduit d'une part en exploitant au maximum les possibilités internes des ateliers de Montrouge et de Boissy, et d'autre part en faisant appel au concours d'entreprises extérieures.

Il concerne 246 des 380 voitures au parc, lesquelles ont été jugées à rénover en priorité car atteintes par les problèmes de corrosion évoqués.

Sur ces 246 voitures, la RATP a

décidé d'en traiter 114 par ses propres moyens et de confier les 132 autres à la sous-traitance.

Après un appel d'offres, le choix des partenaires s'est porté sur la SNCF (pour 69 voitures) et sur la Société De Dietrich (pour 63 voitures), le marché ayant été partagé pour tenir compte des capacités que pouvaient absorber les entreprises en respectant les délais impartis.

La rénovation des voitures restantes se poursuivra après 1988 à la cadence normale de production interne.

**

(*) Voir également, dans ce numéro, l'article relatif à l'adaptation du MS 61 au système SACEM.

L'opération de rénovation engagée consiste pour l'essentiel en :

— une révision générale de la structure des caisses qui comporte, en plus des réparations, des travaux plus systématiques comme le remplacement des capots de toiture par des capots inox, l'échange des passerelles sur toitures, la réfection partielle ou totale des planchers ;

— une protection complémentaire du matériel contre l'incendie — car ce matériel n'a pas fait l'objet d'une prévention complète au départ — comprenant en particulier l'échange des panneaux stratifiés sous baies par des matériaux antifeu et le remplacement des portes d'intercirculation par des portes coupe-feu.

S'ajoutent à cela la mise en place de sièges antilacération renforçant la protection contre le vandalisme (et contre l'incendie), ainsi que la réfection des peintures, non plus dans la livrée bleue habituelle du MS 61, mais comme pour le matériel interconnexion, dans les couleurs tricolores de la région Ile-de-France, ceci afin de donner un nouveau design au matériel.

**

Les travaux, qui sont destinés non seulement à garantir le maintien en état du parc MS 61, mais également à donner une image modernisée de ce matériel, sont réalisés :

— à la SNCF dans ses ateliers de Saint-Pierre-des-Corps, près de Tours, les éléments y étant acheminés en marche autonome ;

— Chez De Dietrich dans son usine de Reichsoffen, dans le Bas-Rhin, le matériel y étant transporté en marchandise roulante.

Les deux entreprises doivent livrer les éléments rénovés à partir de la mi-février 1987, à raison de deux par mois chacune.

La RATP, de son côté, a révisé et repeint (sans reprise de l'aménagement intérieur cependant) le premier élément complet, lequel circule sur la ligne A depuis la mi-janvier. ■

CRÉATION D'ACCÈS SUPPLÉMENTAIRES À LA GARE DE NOISY-CHAMPS

LA GARE de Noisy-Champs, sur la branche de Marne-la-Vallée de la ligne A du RER, a été ouverte à l'exploitation en décembre 1980. Implantée en plein centre du quartier de la ZAC du Champy, à la limite des communes de Noisy-le-Grand (Seine-Saint-Denis) et de Champs-sur-Marne (Seine-et-Marne), elle dessert un secteur déjà très urbanisé mais encore en pleine évolution.

A l'origine, seul le bâtiment voyageurs, situé au-dessus des voies ferrées côté ouest de la gare, donnait accès aux quais, construits au niveau du sol.

Ces seuls accès s'étant d'une part révélés insuffisants devant l'importance du trafic constaté aux heures de pointe, et imposant d'autre part des cheminements à pied très longs pour les personnes arrivant ou se rendant du côté est de la gare (Rû de Nesles, Cité Descartes), il a été décidé de construire, de ce côté est, deux accès supplémentaires, pour pallier les inconvénients précités.

L'opération qui a débuté en juin 1986, a consisté en substance en la construction, sur chaque quai, à leur extrémité est, d'un édicule abritant quatre péages antifraude, protégé en dehors des heures de service par une grille à fermeture automatique de type « Mécanéral ».

Chacun des deux édicules est relié au terrain naturel environnant par une rampe, et à la passerelle surplombant les voies côté est par un escalier fixe provisoire, solution d'attente d'aménagements définitifs prévus par l'EPA-MARNE (*) et qui seront réalisés ultérieurement.

Le coût global de l'opération s'est élevé à six millions de francs dont trois financés sur subvention du Syndicat des transports parisiens, les trois autres à la charge de la RATP.

La mise en service des nouvelles installations a eu lieu le 15 décembre 1986. ■

(*) Établissement public d'aménagement de Marne-la-Vallée.



RATP - Mirail

CRÉATION D'UN SERVICE D'ACCOMPAGNEMENT DES PERSONNES HANDICAPÉES

LA RATP s'attache depuis plusieurs années à faciliter l'utilisation de ses réseaux par les personnes handicapées : adaptation et mécanisation des accès, assistance du personnel des gares du RER, installation de dispositifs en relief au bord des quais, mise en place de SERVVAL dans le Val-de-Marne (1), etc.

Dernièrement, elle a décidé d'élargir son action dans ce domaine en créant, le 8 décembre 1986, un nouveau service, baptisé « Voyage accompagné ».

**

Le principe de ce service est simple : il consiste, comme son nom l'indique, à accompagner les personnes « handicapées » tout au long de leurs déplacements sur les réseaux RATP.

« Voyage accompagné » s'adresse à toutes les personnes à mobilité réduite, c'est-à-dire ayant des difficultés à emprunter les transports en commun, que ces difficultés soient d'origine motrice (utilisateurs de cannes, béquilles...), sensorielle (malvoyants, malentendants...), liées à une maladie ou à l'âge (difficultés à gravir des marches par exemple). Le plus souvent, c'est l'appréhension des bousculades et de l'agitation qui fait obstacle pour ces personnes à l'utilisation des transports en commun. « Voyage accompagné » est donc aussi destiné, au-delà de l'aide d'accompagnement, à leur apporter une présence rassurante et à leur faire mieux connaître les possibilités de déplacement offertes par la RATP.

L'accompagnateur est un agent faisant partie des « RATP-Juniors », c'est-à-dire affecté aux Travaux d'Utilité Collective (TUC).

**

Le service fonctionne tous les jours de la semaine, y compris samedis, dimanches et fêtes, de 9 heures à 21 heures. Il s'étend à la totalité des réseaux du métro (ligne 1 à 13) et du RER-RATP (intégralité de la ligne A, ligne B au sud de Gare du Nord) mais, par contre, sur le réseau d'autobus, il est limité aux lignes de Pa-

ris (2) (lignes d'autobus dont l'indice est inférieur à 100 auxquelles s'ajoute la ligne de Petite Ceinture PC), ceci pour lui garder une plus grande efficacité d'intervention.

Toute personne désirant faire appel à « Voyage accompagné » devra au préalable téléphoner au 46.70.88.74 pour réserver ; elle sera, après accord, accueillie et prise en charge dès son entrée dans « l'enceinte RATP » (station de métro, gare du RER ou point d'arrêt d'autobus) et accompagnée jusqu'à son point de destination dans les limites indiquées ci-avant.

Au cours du contact téléphonique, auront été précisées la teneur exacte de la demande (origine et destination du déplacement, heure prévue pour effectuer celui-ci, type d'aide nécessaire...) ainsi que la réponse apportée par la RATP (heure et lieu précis du rendez-vous, nom et prénom de l'accompagnateur prévu).

Si la réponse ne peut être fournie sur-le-champ, la personne sera rappelée dans les plus brefs délais après un examen de sa demande.

Les demandes doivent être effectuées au plus tard la veille du jour du déplacement et, en cas de demande effectuée bien à l'avance, celle-ci doit être confirmée la veille.

Les personnes handicapées se déplaçant en fauteuil roulant bénéficiant déjà d'un service spécifique dans le cadre de l'accessibilité du RER (accompagnement par le personnel de la gare jusqu'au train, appel au chef de la gare de destination pour que celui-ci attende la personne à la descente et l'accompagne jusqu'à la sortie), elles ne sont pas sur le RER concernées par le nouveau service et conservent la même procédure d'accès sans réservation préalable.

(1) Voir dans le numéro d'avril-mai-juin 1986 de notre revue, en rubrique « Nouvelles diverses de la RATP ».

(2) Ces lignes d'autobus sont prises en compte sur la totalité de leur parcours, que celui-ci soit dans Paris intra-muros ou en zone 2, voire en zone 3 de la carte orange.



RATP - Mmoli

**

« Voyage accompagné » est entièrement gratuit. Il va de soi cependant que la personne y faisant appel doit acquitter, comme tout autre voyageur, le prix normal du titre de transport correspondant à son parcours. Mais aucun supplément n'est à prévoir en ce qui concerne le service même.

**

Un premier bilan de l'utilisation de « Voyage accompagné » et portant sur la période du 16 décembre 1986 au 22 janvier 1987 a été réalisé. Les résultats montrent une croissance très sensible de la demande : en effet, sur 119 accompagnements dénombrés pendant la période précitée, 58 ont été effectués dans la seule semaine du 14 au 21 janvier.

C'est pourquoi, aux 35 stagiaires affectés à cette nouvelle mission, vont s'adjoindre de nouveaux « RATP-Juniors » très prochainement formés. ■



EXPLOITATION DU RÉSEAU D'AUTOBUS



Modification de la ligne 215 et création de la ligne 216

Le 2 février 1987, l'exploitation de la ligne 215 (Orlybus) a été modifiée : la ligne a été transformée en une véritable desserte de l'aéroport d'Orly, plus rapide qu'auparavant car directe (durée du trajet égale à 25 minutes en moyenne), et elle a été dotée d'une tarification spéciale (titre de transport spécifique à 16,50 F ou 6 billets de carnet plein tarif ou carte orange valable pour les zones 1 à 4 ; les titres comportant une réduction ne sont désormais plus valables).

Parallèlement, une ligne d'indice 216 a été créée, assurant, du lundi au samedi, la liaison « Denfert-Rochereau/Rungis (Marché d'Intérêt National), avec arrêts intermédiaires (notamment ceux abandonnés par Orlybus) et desserte en boucle du MIN de Rungis.

Cette nouvelle ligne, qui emprunte sur une bonne partie de son itinéraire l'autoroute A6, est équipée d'autobus à moteur arrière de type PR 100. Elle comporte cinq sections, incluses dans les zones 1 à 3 de la carte orange. La tarification appliquée est celle normale de la RATP.

Prolongement des lignes 132 et 186

Le 2 février 1987 également, les deux lignes suivantes ont fait l'objet d'une extension de leur itinéraire :

- la ligne 132 dans Thiais, de l'arrêt « Louis Duperrey » au nouveau terminus « Général Leclerc », le prolongement étant inclus dans la 8^e section ;
- la ligne 186 (sauf services de soirée), de l'Hay-les-Roses (Henri Thirard-Léon Jouhaux) à Chevilly-Larue (Louis Blériot), le prolongement représentant une 5^e section sur la ligne.

Ces prolongements sont tous deux situés en zone 3 de la carte orange.

Report du terminal « Mairie d'Issy »

Depuis le 18 janvier 1987, en raison de l'application d'un nouveau plan de circulation routière dans la commune d'Issy-les-Moulineaux et des travaux de construction d'un parc de stationnement souterrain square Bonaventure Leca, le terminal autobus de la Mairie d'Issy est reporté, pour une période de dix-huit mois environ, de l'avenue de la République à la rue du Général Leclerc.

A l'issue de cette période, un terminal entièrement nouveau sera implanté rue Kléber.

Les itinéraires des lignes d'autobus concernées ont été modifiés en conséquence.

Aménagements réservés à la circulation des autobus

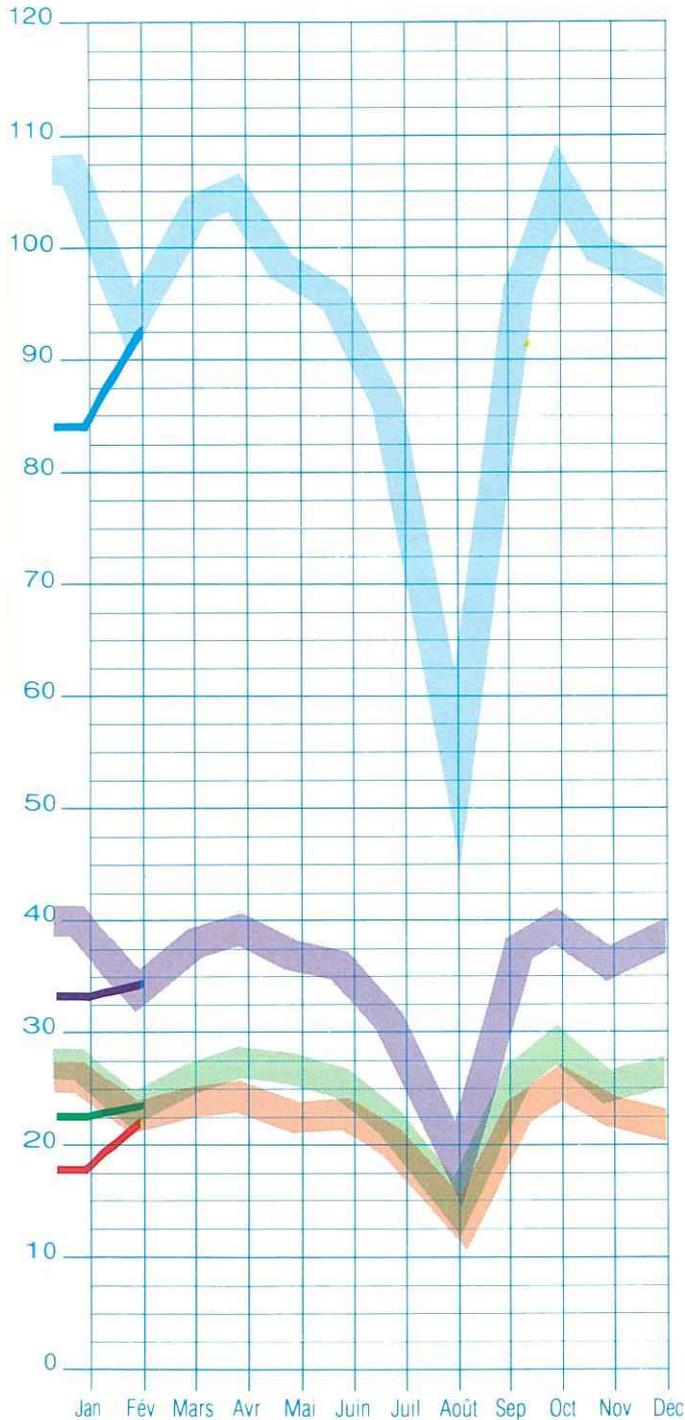
Plusieurs aménagements destinés à faciliter la circulation des autobus ont été réalisés à Paris :

- le 1^{er} août 1986, deux couloirs dans le sens place du 18 Juin 1940 (50 m de longueur chacun), sur le trajet des lignes 48, 89, 94, 95 et 96 ;
- le 20 novembre 1986, deux couloirs dans le sens, l'un rue Bobillot (70 m) sur l'itinéraire des lignes 57 et 67, l'autre boulevard Mortier (210 m), sur le parcours de la ligne PC intérieure ;
- le 13 janvier 1987, six couloirs dans le sens, respectivement rue Chardon-Lagache (70 m), rue de Clignancourt (360 m), avenue de Versailles (50 m), avenue Théophile Gautier (70 m), boulevard Masséna (80 m) et boulevard Raspail en prolongement du couloir existant (60 m), ces six couloirs concernant les lignes 22, 62, 68, 72 et PC ;
- enfin, le 13 janvier 1987 également, une piste en site propre à contresens boulevard Jourdan (80 m), utilisée par la ligne 21, et un couloir dans le sens protégé par des bordures boulevard Masséna (100 m), en prolongement du couloir de 80 mètres précité.

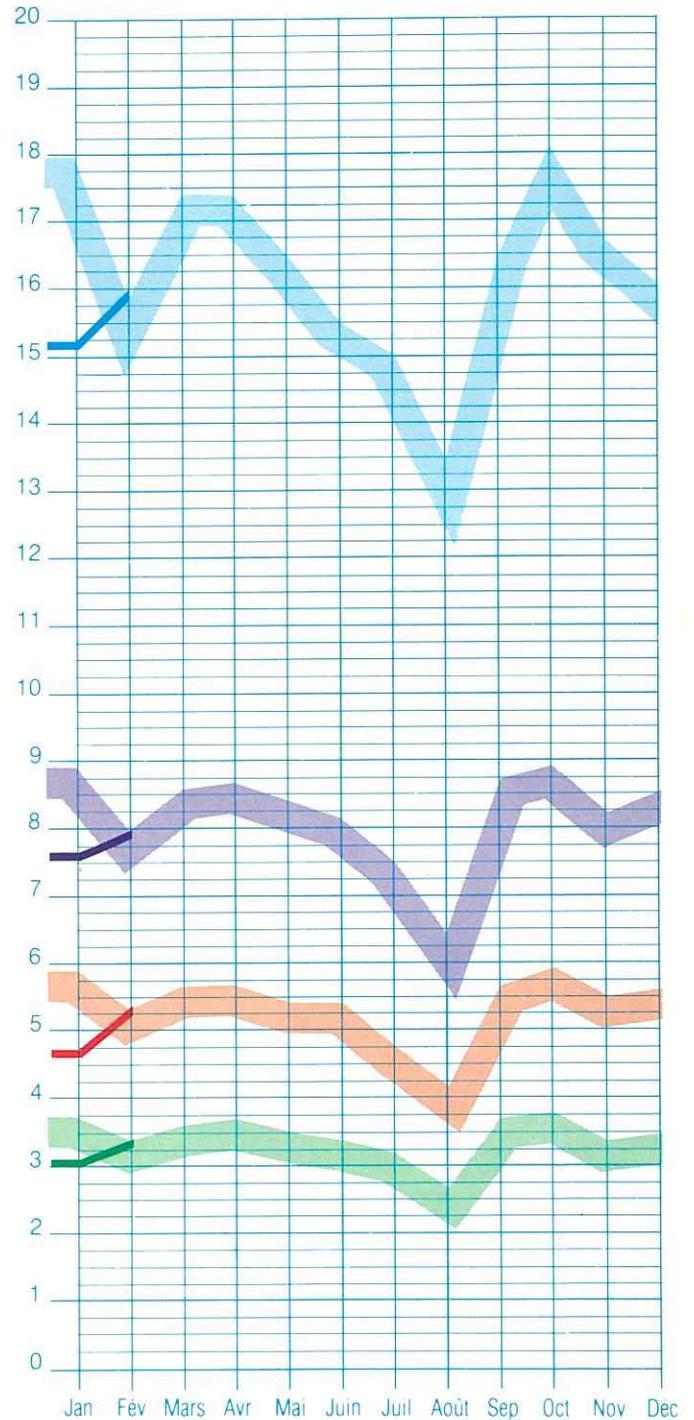
Par ailleurs, le couloir de 350 mètres existant avenue de Versailles entre la rue Chardon-Lagache et le site propre d'accès à la Porte de Saint-Cloud, emprunté par les lignes 22, 62, 72 et PC intérieure, est, depuis le 3 décembre 1986, partiellement protégé par des bordures (sur 50 m), en amont de la Porte de Saint-Cloud. ■

TRAFIC ET SERVICE DE L'ANNÉE 1987

Millions de voyages effectués



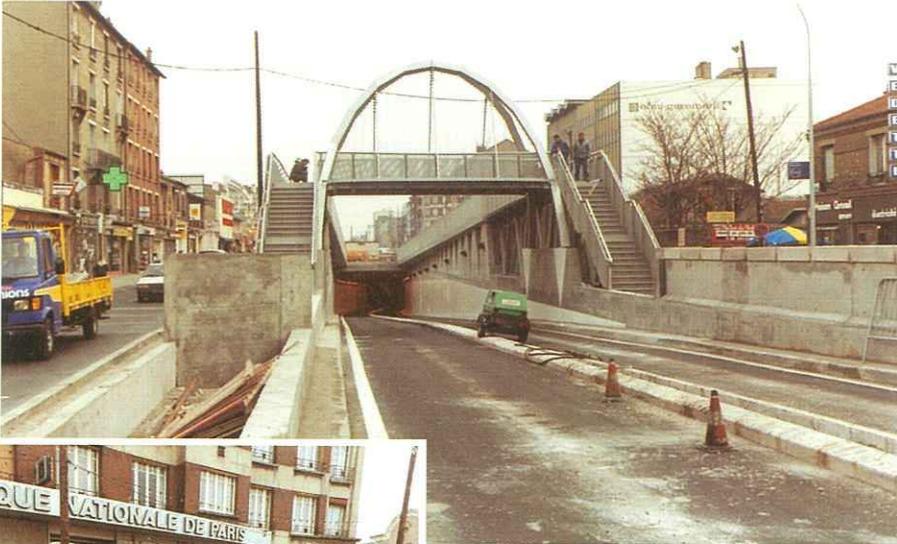
Millions de km-voitures



- Métro
- Autobus de banlieue
- Autobus urbains
- RER

Les courbes en demi-teintes indiquent les résultats des mêmes mois de l'année précédente.

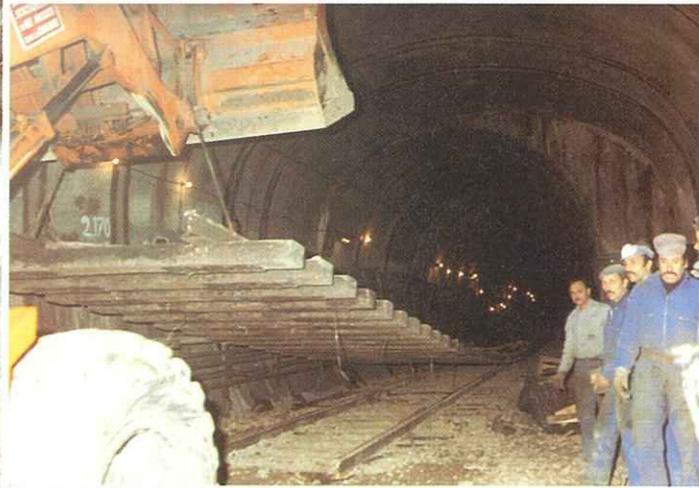
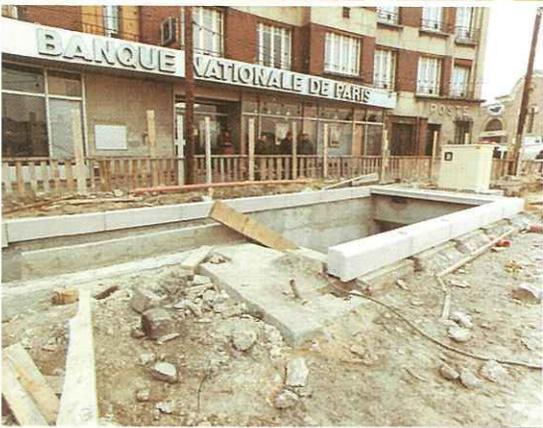
①



③



②



④

Prolongement de la ligne 7 du métro à La Courneuve.

- ① Le passage souterrain à gabarit normal vu côté Paris et la passerelle piétons de franchissement de ce passage.
- ② Construction de l'accès est de la future station, avec entourage en pierre.

Interconnexion de la ligne A du RER avec la SNCF à Nanterre.

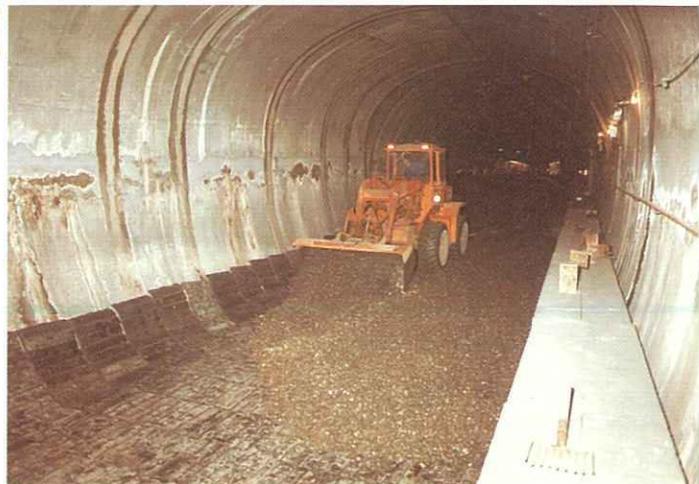
- ③ Vue des deux tabliers à voie unique du viaduc de franchissement des voies RATP.

TGV-Atlantique à Fontenay-aux-Roses.

- ④ Traitement à la chaux de la plate-forme définitive des voies de la ligne B du RER.

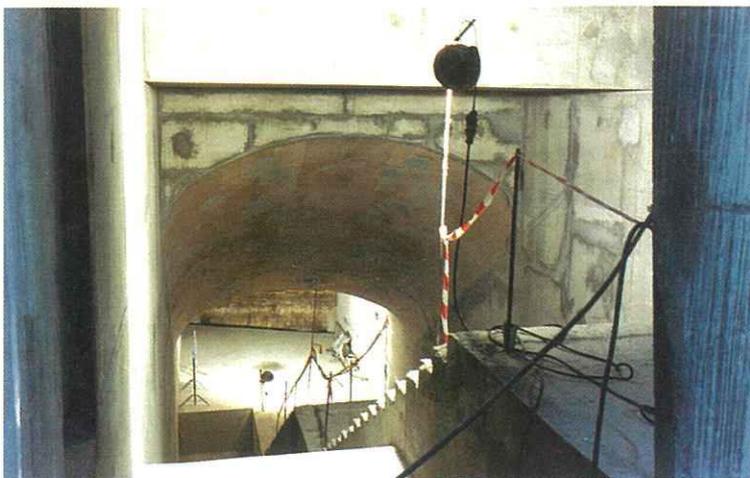
Descente des trains SNCF d'Orry-la-Ville à Châtelet-Les Halles.

- ⑤ Ripage de la voie en arrière-gare pour...
- ⑥ ...mise en place d'un tapis isolant sous ballast.



⑤

⑥



7

8

Liaison « Vallée de Montmorency-Ermont-Invalides ».

7 Gare de Neuilly/Maillot - Ouvrage de correspondance Porte Maillot/Palais des Congrès : gaine escalier mécanique/escalier fixe.

Modernisation de l'Atelier central de Championnet.

8 Reconstruction du bâtiment P : travaux d'étanchéité.



10

VUES DES TRAVAUX EN COURS

9



Photos RATP - N/Audiovisuel

Construction de nouveaux ateliers du métro à Bobigny.

9 Vue générale nord-ouest des structures.

Rénovation et réaménagement des ateliers de Vaugirard.

10 Démolition des locaux attenants au hall chaudiroomnerie (zone A).

NOUVELLE DE FRANCE



BORDEAUX

Exploitation expérimentale du MEGABUS

Le MEGABUS, véhicule routier de grande capacité (VRGC) mis au point par les sociétés Renault-Véhicules Industriels et Heuliez-Bus, est expérimenté sur le réseau de Bordeaux depuis le 15 septembre 1986.

Ce véhicule expérimental a été construit à partir d'éléments mécaniques et de carrosserie existant sur les autobus Renault PR 100-2 et PR 180-2.

L'expérimentation, réalisée en site et d'une durée de deux mois environ, devrait permettre de juger de son impact sur la clientèle et la circulation, en situation d'exploitation commerciale. Le véhicule assure actuellement un service comme les autres autobus du réseau, en supplément de l'offre existante. Pour cela, il est équipé de supports d'information (signalétique de direction, schéma intérieur de ligne...) et dispose de quatre obtérateurs situés près des quatre portes d'accès. Composé de trois caisses reliées par deux articulations, d'une longueur totale de 24,18 m, il doit offrir la possibilité d'assurer des débits de 3 000 personnes par heure et par sens sur le tronçon le plus chargé.

Cette période d'essais du MEGABUS sur les lignes du réseau de Bordeaux doit faire l'objet d'un bilan d'étude technique, commerciale et économique, qui sera communiqué à l'issue de celle-ci.

Les principaux avantages déjà connus du MEGABUS sont les suivants : augmentation de la capacité entre 200 et 220 personnes selon la disposition intérieure, sans modifier l'effectif du personnel de conduite ; utilisation du véhicule en site urbain, sans modification profonde de la voirie existante ; réalisation rapide de la fabrication à partir d'éléments standards ; coûts de maintenance peu supérieurs à ceux des autobus articulés (puisque le MEGABUS est constitué des mêmes éléments) ; peu de transformations nécessaires dans les dépôts ; et enfin, moindre coût par rapport aux systèmes lourds de transport urbain.

A titre expérimental, le MEGABUS devrait poursuivre ses essais à Dijon, Orléans, Nancy, Rouen, Rennes et Nice. ■

(Transport Public, novembre 1986)

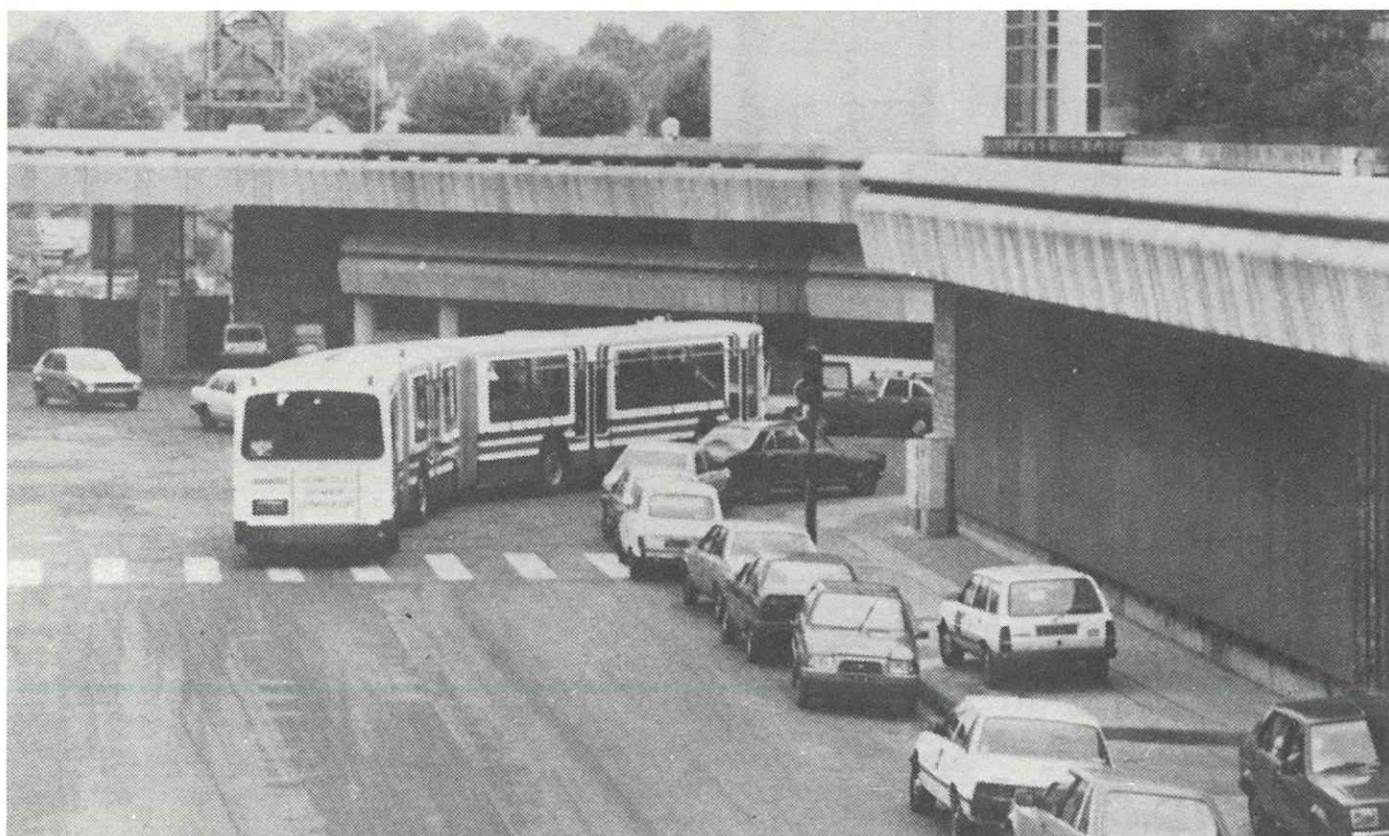


Photo Transport Public/RVI

NOUVELLES DE L'ÉTRANGER

SSB

STUTTGART

Mise en place du métro léger

Le réseau des tramways de Stuttgart est en pleine évolution. Après 95 ans de règne incontesté, la voie métrique cède peu à peu la place à la voie normale, qui avait déjà été utilisée par les tramways hippomobiles entre 1868 et 1890. La première ligne de métro léger (« Stadtbahn ») à voie normale traverse le centre de la ville depuis le 19 avril 1986. Portant le numéro 1, cette ancienne ligne de tramway relie les faubourgs de Vaihingen/Heslach, au sud, à ceux de Bad Cannstadt/Fellbach, au nord. Sur cet important axe de 18 km, les voyageurs disposent, désormais, d'un matériel ultramoderne, à l'accès plus commode, grâce aux larges portes coulissantes.

La mise en service d'un métro léger à voie normale sur le tracé d'un tramway à voie métrique nécessitait



A gauche : le nouveau matériel « Stadtbahn », à voie normale ; à droite : le tramway à voie métrique (noter les trois files de rails).

Photo La Vie du Rail/C. Kosanke

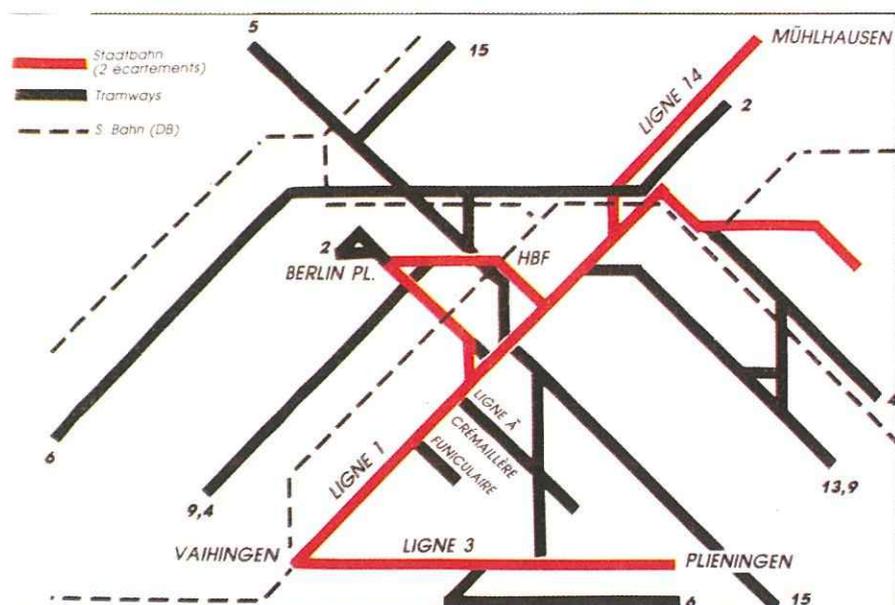
des travaux préliminaires très complexes : pose d'une troisième file de rails sur toute la longueur de la ligne, y compris les appareils de voie ; mise en site propre du tracé, dans la mesure du possible ; réglage des caténaires ; modifications aux sections souterraines du centre-ville, les pre-

mières datant de 1966. De nombreuses stations en tunnel reçurent, en plus des quais bas pour les tramways, des quais supplémentaires hauts de 0,90 m adaptés au nouveau matériel de type métro léger.

A noter que la coexistence des deux écartements avait pu être préalablement expérimentée sur la petite ligne suburbaine n° 3, équipée de trois files de rails depuis 1983 entre Möhringen et Plieningen.

Lorsque les tramways classiques ne seront plus utilisés de bout en bout sur la ligne 1, le rail intérieur et les appareils de voie devenus inutiles seront démontés. Toutefois, dans le centre-ville, son tracé continuera à être emprunté partiellement par d'autres lignes de tramways. Notons qu'afin de desservir les quais bas de certaines stations communes aux deux systèmes, les nouvelles motrices possèdent des marchepieds rétractables. Ainsi, pendant longtemps encore, on pourra voir deux écartements et des matériels aux gabarits différents sur les mêmes sections de lignes. La ligne 14 (« Heslach - Mühlhausen ») est également à trois files de rails depuis le 12 juillet 1986.

Les quarante nouvelles motrices doubles à voie normale, indissociables en service normal, construites par Düwag, sont dotées de quatre moteurs



Plan schématique du réseau de tramway/métro léger de Stuttgart.

Document La Vie du Rail/J.-P. Masse

de 22 kW sous 750 V. Les quatre bogies monomoteurs leur assurent une adhérence totale, très utile non seulement pour les fortes rampes des trémies des stations souterraines mais aussi pour leur assurer un démarrage puissant sur les futures lignes au profil accidenté (jusqu'à 70 ‰).

Larges de 2,65 m et longues de 38 m, ces motrices bidirectionnelles sont climatisées. Elles comportent en

outre des emplacements pour voitures d'enfants ou fauteuils de handicapés. En plus des annonces faites par haut-parleurs, à chaque station, un plan lumineux de la ligne indique à tout moment le prochain point d'arrêt.

Le trafic du réseau urbain de Stuttgart est en progression constante, avec 114 millions de voyageurs transportés en 1981 et plus de 130 millions en 1985. Les recettes directes du trafic ne couvrent que 55 % des

dépenses d'exploitation, la ville apportant un concours de 30 %, les 15 % restants provenant de sources diverses comme la publicité. La modernisation du réseau — et en particulier l'accroissement de la capacité de transport de la ligne 1, l'axe principal, et de ses antennes — s'avérerait donc souhaitable. ■

(La Vie du Rail, 23 octobre 1986)



LOS ANGELES

Le métro et le métro léger régional en construction

Le 27 août 1986, l'UMTA (Urban Mass Transportation Administration) — l'agence fédérale américaine des transports urbains — a signé avec la municipalité de Los Angeles un contrat aux termes duquel elle assurera le financement, à hauteur de 50 %, du coût de construction d'un premier tronçon de 7,1 km du métro, entre le centre-ville (Union Station) et Alvarado Street. Souterrain, son coût est estimé à 1,25 milliard de dollars (*). Le projet total porte sur une ligne de 29 kilomètres qui irait jusqu'à Hollywood.

Les responsables locaux du projet ont obtenu en engagement budgétaire de l'UMTA nettement moins important que prévu, puisque les autorités fédérales devaient, à l'origine, prendre à leur charge 67 % du coût total. Mais la participation fédérale au projet donne à cette opération un caractère quasi irréversible, même s'il faut, pour les autorités locales, trouver le financement des 150 millions de dollars (*) résultant de la réduction de la contribution fédérale. De son côté — et c'est bon signe — le conseil municipal de Los Angeles a approuvé ce projet à une majorité des deux tiers. Au niveau local, une partie des fonds californiens proviendrait de la taxe sur le carburant et de la taxe sur les ventes propres à cet état. Les travaux ont commencé le 29 sep-

tembre et la mise en service des sept premiers kilomètres est prévue pour avril 1992.

La ligne sera à voie normale, électrifiée en 750 V et exploitée grâce à un parc de trente véhicules pour la fourniture desquels le Southern California Rapid Transit District — la Régie des transports de Los Angeles — a déjà procédé à l'envoi de questionnaires aux principaux constructeurs. Une présélection devrait intervenir en février ou mars 1987. Les spécifications et les documents de soumission pour la fourniture des véhicules seront vraisemblablement lancés en mai ou juin et la firme sélectionnée devra obligatoirement sous-traiter les équipements électriques des véhicules à une société américaine. Actuellement, plus de dix constructeurs sont sur les rangs : Hitachi, Kawasaki, Bombardier, Francorail, Alstom, etc. Quant à l'appel d'offres relatif aux équipements de signalisation et de régulation du trafic, aucune date n'est fixée pour le moment.

Par ailleurs, deux lignes de métro léger régional sont également en construction à Los Angeles. La première, longue de 33,8 km, reliera Long Beach au centre de Los Angeles, où elle sera en correspondance avec la ligne de métro. Cette ligne, construite sur une plate-forme ferroviaire existante et dont le coût s'élèvera à 690 millions de dollars, devrait être mise en service à l'automne 1990. L'autre ligne de métro léger, de 26,5 km de longueur, s'étendra entre Norwalk et l'aéroport international de Los Angeles, en empruntant le terre-plein central d'une autoroute actuellement en construction (Century Freeway). D'un coût estimé à 226 millions de dollars (*), elle serait ouverte à

l'exploitation au printemps 1993. Pour l'ensemble des deux lignes, il est prévu d'acquérir quatre-vingt-dix éléments articulés.

La réalisation du métro léger sera financée à partir de la taxe sur l'essence de l'état de Californie et d'une augmentation de 0,5 % de la taxe locale sur les ventes. Le mode de financement sera donc essentiellement régional, aucune participation fédérale n'étant envisagée.

Enfin, il faut rappeler que ces lignes de métro et de métro léger en construction devraient plus tard être intégrées dans un réseau de 240 kilomètres de longueur au total dont la création avait été approuvée par les électeurs du comté de Los Angeles en 1980. ■

(International Railway Journal, décembre 1986
La Vie du Rail, 16 octobre 1986)



Le projet de réseau de métro/métro léger du Comté de Los Angeles.

PORTLAND

Le MAX en service

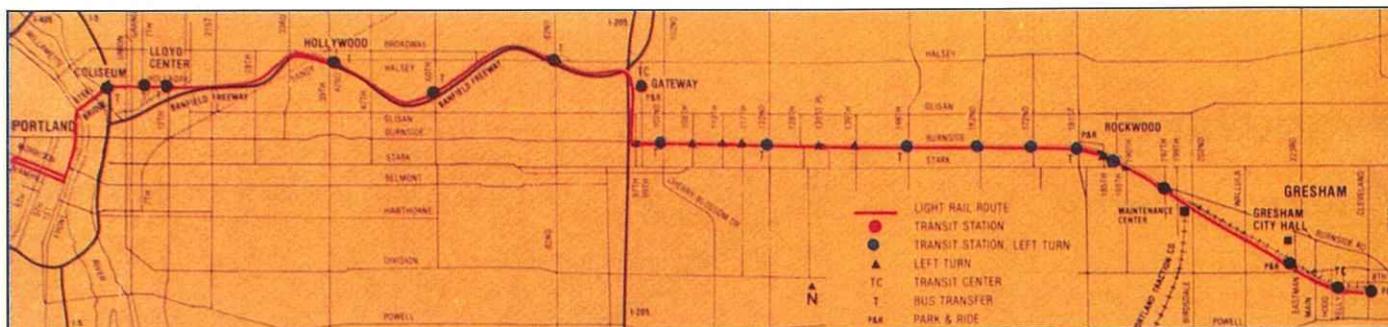
La ligne de métro léger de Portland, baptisée MAX (Metropolitan Area Express), a été inaugurée officiellement le 5 septembre 1986, soit quatre ans et demi après le début des travaux de construction, dont le coût s'est élevé à 212 millions de dollars (*).

D'une longueur de 24 kilomètres, avec 27 points d'arrêt, cette nouvelle ligne relie le centre-ville de Portland à la ville de Gresham, située dans sa banlieue. Entièrement établie en surface, elle est presque totalement en



Photo Railway Gazette International

Rame du métro léger de Portland circulant en site propre.



Document Railway Age

La ligne de métro léger de Portland.

site propre, notamment sur certaines sections implantées soit le long d'une autoroute, soit au milieu d'une route suburbaine, mais dans le centre-ville les rames circulent dans des couloirs réservés, le long des trottoirs. L'alimentation en courant de traction est effectuée par caténaire sous 750 V.

Le parc est constitué de vingt-six voitures articulées à six essieux, groupées en éléments doubles, mais des rames de trois voitures seront utilisées plus tard. Chaque voiture, longue de 26,82 m, peut transporter jusqu'à deux cents voyageurs. Ce matériel a été construit aux États-Unis, sous licence belge, par la société Bombardier. Les rames sont exploitées avec un seul agent, chargé uniquement de la conduite, la vente des billets se faisant à l'aide de distributeurs automatiques installés aux points d'arrêt, qui sont dépourvus d'agents. Le contrôle des billets est effectué par des contrôleurs itinérants, ces contrôles par sondage touchant environ un voyageur sur cinq.

La voie est équipée d'une signalisation automatique là où la ligne est en site propre. En revanche, sur les sec-

Photo Passenger Transport



LE MAX dans le centre ville.



Photo Railway Gazette International

Abri de point d'arrêt MAX.

tions de la ligne où il existe des intersections avec la circulation routière, la protection est assurée par les feux de signalisation classiques. Dès sa mise en service, le métro léger s'est avéré une réussite, en transportant vingt mille voyageurs par jour ouvrable, au lieu des dix-sept mille escomptés. L'intervalle entre les rames s'élève à 15 minutes, et la durée du parcours entre les deux terminus, à 40 minutes.

La qualité du traitement architectural doit être mentionnée, notamment le pavage en briques rouges utilisé pour délimiter les zones réservées aux rames et aux voyageurs ainsi que les abris de point d'arrêt aux structures en fonte de style rétro ■

(Railway Gazette International, décembre 1986)

PYONGYANG

Extension du métro

A Pyongyang, capitale de la Corée du Nord, la création d'une troisième ligne de métro est à l'étude pour la desserte d'un nouveau quartier résidentiel actuellement en construction dans l'est de la ville. Ce métro, dont la première ligne avait été ouverte en 1973, est constitué aujourd'hui de deux lignes qui se croisent dans le centre de la ville et ont une longueur totale de 22 kilomètres, avec quinze stations.

Pyongyang, ville pratiquement détruite pendant la guerre de Corée (1950-1953), a vu sa population passer de 400 000 habitants en 1950 à 650 000, lorsque la première ligne de métro, construite avec l'assistance technique des Soviétiques, a été mise en service entre Bongwha et Bulgun Byol ; aujourd'hui, la population s'élève à 1,5 million d'habitants.

Les deux lignes, qui sont encore en cours de prolongement, sont en correspondance à la station « Chonu-Chonsung ». Les tunnels, qui ont été percés dans un sol rocheux, sont implantés à grande profondeur. Les stations, espacées en moyenne de 1 730 mètres, sont décorées d'une manière somptueuse, chacune d'elles selon un thème particulier. Les installations techniques, telles que les équipements d'alimentation électrique et d'épuisement, sont pour la plupart placées sous les quais.

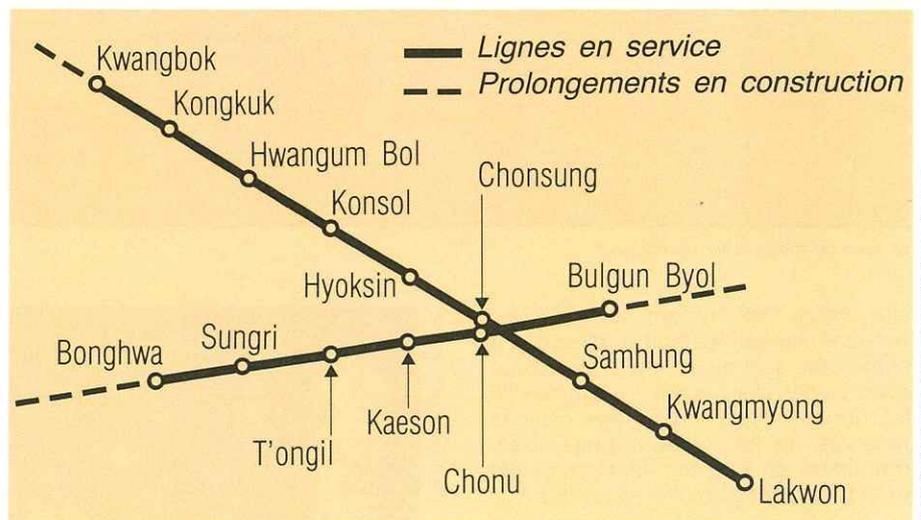


Schéma du métro de Pyongyang.

Toutes les voitures, construites à l'usine Kim Chong Te, sont équipées de quatre moteurs de traction d'une puissance de 66 kW chacun, qui permettent une accélération maximale de 1 m/s² et une décélération maximale en service normal de 1,3 m/s². Leur vitesse maximale s'élève à 90 km/h. Les voitures, à caisse en acier, ont une longueur de 18,8 m, une largeur de 2,7 m et un poids de 32,5 tonnes. Chacune d'elles peut transporter 42 voyageurs assis et 198 debout. Le garage et l'entretien du matériel roulant sont effectués à l'atelier situé près du terminus « Bulgun Byol ».

Normalement, les trains sont constitués de quatre voitures, mais des

trains de six voitures peuvent également être formés. Aux heures d'affluence, les intervalles sont de 2 minutes et durant le reste de la journée, de 5 à 7 minutes. Le trafic s'élève en moyenne à 300 000 voyageurs par jour.

La coordination de l'exploitation est assurée à l'aide d'ordinateurs au poste de commande centralisée qui, en outre, contrôle les stations — dont chacune a un effectif d'une quinzaine d'agents chargés de la surveillance et du nettoyage — et commande les sous-stations électriques. ■

(International Railway Journal, décembre 1986)

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

