





REGIE  
AUTONOME  
DES  
TRANSPORTS  
PARISIENS

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

**Bulletin de documentation et d'information  
édité par la Direction des Études générales**

Abonnement annuel (5 numéros)  
FRANCE : 58,80 F ÉTRANGER : 60 F

# SOMMAIRE

## LA GENÈSE DU RER

- Les objectifs et les principes ..... 5
- L'histoire ..... 6

## LA CONSTRUCTION DU RER

- Introduction ..... 11

### GÉNIE CIVIL

- La section « Auber - Nation » ..... 12
- La section « Luxembourg - Châtelet-les Halles » ..... 17
- La section « Fontenay-sous-Bois - Noisy-le-Grand Mont d'Est » ..... 24
- Les grandes gares souterraines ..... 34
- Les gares de la branche de Marne-la-Vallée ..... 37

### ÉQUIPEMENTS

- Les voies ..... 44
- Les escaliers mécaniques, trottoirs roulants et ascenseurs ..... 45
- Les équipements électriques ..... 52
- La signalisation ..... 54
- Les télécommunications ..... 59
- L'alimentation en énergie ..... 67
- La ventilation et la climatisation ..... 70

### RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT

- Contrôle des sous-pressions dans les grands ouvrages ..... 84
- Les phénomènes aérodynamiques dus à la circulation des trains ..... 88
- La commande centralisée ..... 96

## L'EXPLOITATION DU RER

- L'importance des nouvelles sections de lignes pour le voyageur ..... 103
- Les services prévus ..... 107
- L'exploitation commerciale des gares ..... 112

## LES PERSPECTIVES D'AVENIR DU RER

- En guise de conclusion ..... 117

---

Le 8 décembre prochain, le RER va s'accroître de 17 kilomètres de lignes supplémentaires avec l'inauguration des sections «AUBER-NATION» et «LUXEMBOURG-CHATELET-LES HALLES», situées au cœur de Paris, et celle de l'antenne «FONTENAY-SOUS-BOIS - NOISY-LE-GRAND-MONT D'EST» qui va desservir le premier noyau urbain de la ville nouvelle de Marne-la-Vallée. Dès cette date, le RER va être constitué par deux lignes en correspondance à Châtelet-Les Halles : la transversale Est-Ouest reliant Saint-Germain-en-Laye d'une part, Boissy-Saint-Léger et Noisy-le-Grand Mont d'Est d'autre part, qui prendra la dénomination de *ligne A*, et la ligne de Sceaux prolongée qui prendra la dénomination de *ligne B*.

Il s'agit là, pour la RATP et pour la région parisienne, d'un grand événement que «RATP Documentation-Information» se devait de marquer.

Tel est l'objet de ce numéro de septembre-octobre.

Dans une première partie, sont rappelés les objectifs du RER et l'histoire de sa longue gestation.

La seconde partie traite des travaux de construction du tunnel, de l'architecture des gares, des équipements. L'ensemble de ces réalisations comporte de nombreuses innovations quant à leur conception ou aux techniques mises en œuvre. Certaines de ces innovations nous ont paru présenter un intérêt suffisamment général pour être traitées indépendamment des descriptions d'ensemble : nous avons regroupé les articles qui les relatent à la fin de la deuxième partie, sous la rubrique «Recherche et développement» qu'on trouve habituellement en tête de la revue.

La troisième partie est consacrée aux divers aspects de l'exploitation.

Enfin, dans une brève conclusion, j'ai évoqué les perspectives d'avenir qu'ouvrent les mises en service de décembre.

Tous les auteurs des articles contenus dans ce numéro spécial ont pris une part active à l'édification du RER. Je les remercie d'avoir contribué également à mieux faire connaître ces réalisations à nos lecteurs.

G.R.



## LES OBJECTIFS ET LES PRINCIPES

Sûr, rapide, régulier, le transport ferroviaire permet de relier dans de bonnes conditions les banlieues périphériques au centre ville.

Mais le chemin de fer de banlieue classique impose à la plupart des voyageurs une dure contrainte : il les oblige à effectuer, avant d'arriver à destination, à partir de la gare terminale, des correspondances souvent pénibles.

D'où l'idée de les amener plus près de leur destination en prolongeant les lignes à partir des gares terminales à travers Paris, en mettant en œuvre d'importants programmes de jonction. Cette idée a d'ailleurs trouvé récemment son application dans de nombreuses agglomérations, notamment en Allemagne, en Belgique et au Japon.

### L'irrigation du centre ville

Le premier principe du RER est donc de traverser Paris, en reliant plusieurs gares importantes.

Ainsi :

— sur la ligne A (transversale Est-Ouest), les voyageurs disposeront de cinq points de diffusion : Étoile, Auber, Châtelet, Gare de Lyon, Nation;

— sur la ligne B (ligne de Sceaux) aux gares existantes « Cité Universitaire », « Denfert-Rochereau », « Port-Royal » et « Luxembourg » viendront s'ajouter Châtelet, et plus tard Gare du Nord et Saint-Michel.

Ces gares sont situées à proximité des principaux centres d'activités de Paris, ce qui permettra à de nombreux voyageurs de se rendre directement à pied à leur destination.

Elle sont également situées à d'importants nœuds des réseaux de métro et d'autobus. Les voyageurs qui ne pourront se rendre à pied directement à leur destination n'auront, en général, qu'un seul moyen de transport terminal à emprunter.

Néanmoins, les gares sont suffisamment éloignées pour permettre de conserver une vitesse commerciale correcte : la traversée de Paris, de Nation à Étoile, s'effectuera en 11 minutes.

Les correspondances entre lignes RER sont conçues de façon à faciliter

au mieux les échanges, réalisant ainsi l'unité physique du réseau (quai juxtaposés à Châtelet, superposés à Gare de Lyon).

### La qualité de service

Le RER est compatible avec le réseau SNCF de banlieue (gabarit, signalisation...). Ce principe a permis la conception des projets d'interconnexion.

Les fréquences de desserte seront grandes :

— sur la ligne A les gares parisiennes et La Défense seront desservies aux heures de pointe par un train toutes les 4 minutes et en banlieue, des gares comme Rueil-Malmaison et Saint-Maur - Créteil par deux trains toutes les 12 minutes.

— sur la ligne B, les gares parisiennes seront desservies par un train toutes les 3 minutes et des gares de banlieue telles que Bourg-la-Reine, Antony et Massy-Palaiseau, par deux trains toutes les 9 minutes.

Le RER bénéficie des derniers progrès techniques permettant un confort accru, dans les trains comme dans les gares.

L'application des techniques modernes d'exploitation (contrôle de la marche des trains par PCC, distribution automatique des billets, péage automatique...) permet une qualité de service et une productivité élevées.

### Les liaisons et l'urbanisme

Dès maintenant, le RER permettra de nombreuses liaisons interbanlieues, soit directes, soit au prix d'une seule correspondance. Ainsi La Défense sera à une demi-heure de la ville nouvelle de Marne-la-Vallée, d'Antony et de Saint-Maur.

Dans l'avenir, la réalisation par la SNCF, en 1979, de la jonction « Invalides-Orsay » (constitution d'une

par Michel Barbier

Ingénieur en chef adjoint à la Direction des études générales

ligne C), puis le prolongement de la ligne B à Gare du Nord, et l'interconnexion avec les réseaux SNCF à Gare du Nord, Gare de Lyon et Nanterre (extension des lignes A et B et constitution d'une ligne D), permettront d'étendre le RER en banlieue dans de nombreuses directions, en rentabilisant au maximum les importants investissements que constituent les tunnels traversant Paris.

Le RER confère aux zones qu'il dessert une accessibilité privilégiée aux emplois et équipements du centre de l'agglomération. Le schéma directeur d'aménagement et d'urbanisme a donc logiquement décidé qu'il devrait permettre de relier à la fois à Paris et entre eux les grands projets d'aménagement qui permettent de contrôler la croissance urbaine et de structurer l'agglomération : les cinq villes nouvelles (Marne-la-Vallée, Cergy-Pontoise, Saint-Quentin-en-Yvelines, Evry, Melun Sénart), La Défense, extension du quartier d'affaire centrale, et les deux aéroports, Orly et Roissy-Charles-de-Gaulle.

Pour ces zones d'urbanisation nouvelle, le RER joue un rôle structurant essentiel : il a déjà permis le développement de la zone de La Défense; la mise en service de l'antenne de Marne-la-Vallée marque en fait le désenclavement de cette ville nouvelle et permettra son développement.

Le RER participe à l'évolution du cadre architectural de l'agglomération. La gare de « Châtelet - Les Hallés », intégrée au forum des Halles, est, à cet égard, significative.

### La décongestion du métro

La création du RER décongestionne les transports en commun de la zone centrale. Il supprime les points noirs constitués par les correspondances aux gares terminales et décharge les lignes de métro et d'autobus utilisées auparavant pour les parcours terminaux. Aujourd'hui ce sont ainsi les lignes n<sup>os</sup> 1, 4, 6, 9 qui sont déchargées. L'extension du RER permettra ensuite de décharger pratiquement toutes les autres lignes et d'atteindre l'objectif de confort dans les trains du métro ou la densité ne devra pas dépasser à l'heure de pointe quatre voyageurs par mètre carré.

# L'HISTOIRE DU RER

par Bernard Failliot  
Ingénieur chef de division à la Direction  
des études générales

Le RER, réseau de lignes à grand gabarit à caractère régional et traversant Paris de part en part, va véritablement naître le 8 décembre prochain.

Sa gestation aura été très longue : on peut presque dire qu'elle aura duré un siècle puisque, lorsqu'il fut sérieusement question, vers 1880, d'utiliser le chemin de fer pour améliorer radicalement la situation des transports publics dans Paris, c'est à un réseau ayant certaines des caractéristiques essentielles du RER d'aujourd'hui que certains pensèrent.

Dès cette époque en effet, l'État souhaitait construire un réseau à grand gabarit assurant la liaison entre les grandes lignes aboutissant aux gares situées à la périphérie du centre et permettant de faire pénétrer les trains au cœur de Paris, sans rupture de charge pour leurs voyageurs. Mais la ville de Paris s'opposait violemment à des projets de cet ordre car elle souhaitait la constitution d'un réseau assurant une desserte fine et maillée du territoire intra-muros de la capitale. Elle préconisait de ce fait un chemin de fer à gabarit réduit, bien plus apte à être construit à un coût raisonnable sous le tracé des chaussées qu'un chemin de fer à grand gabarit. On sait que cette solution prévalut à l'issue d'un conflit de plus de dix ans entre l'État et la Ville.

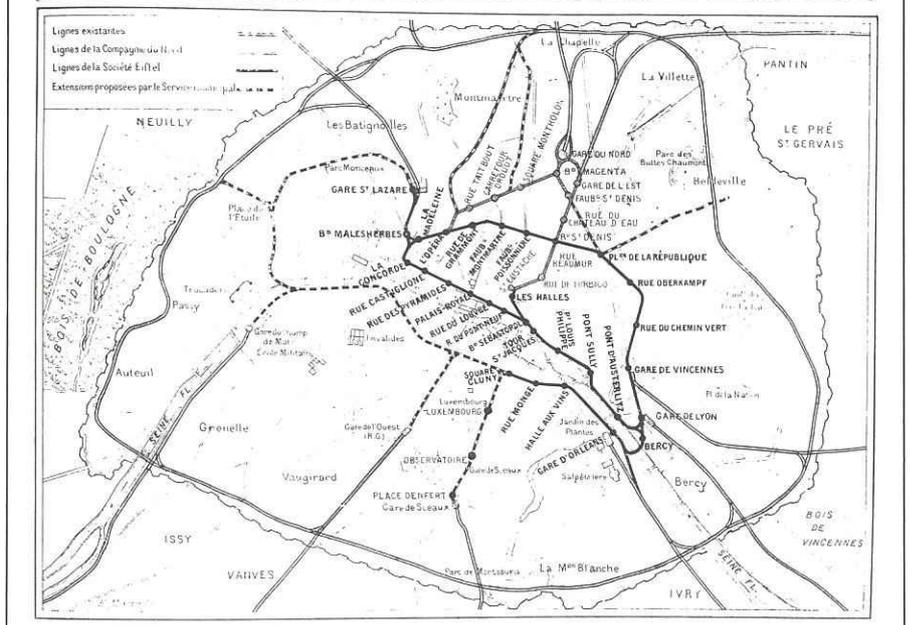
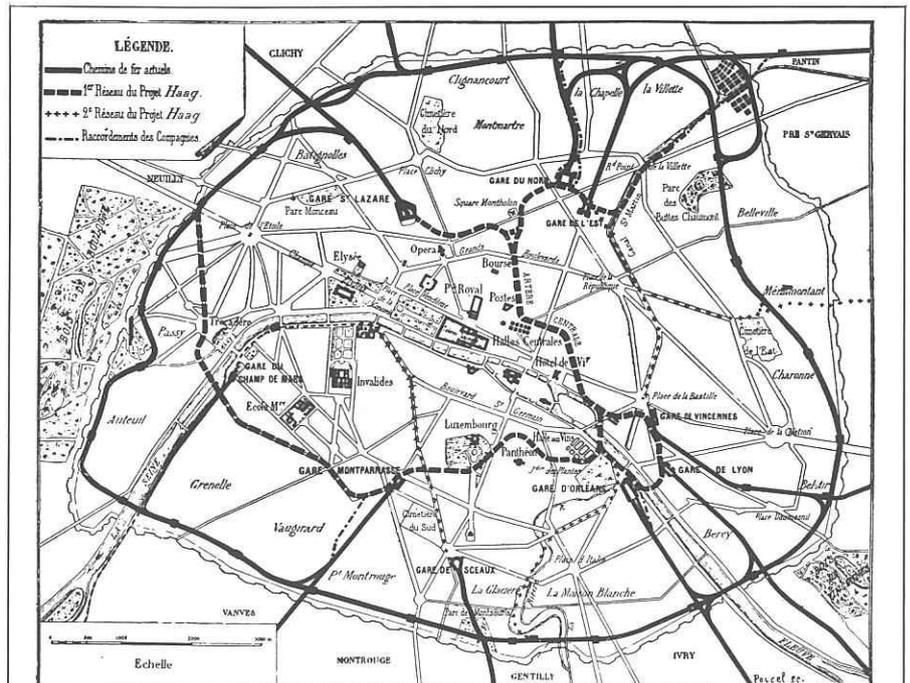
En fait, cette querelle politique sous-tendait deux conceptions du développement de Paris, le métro favorisant le développement de Paris intra-muros, et la jonction des lignes à grand gabarit, celui de l'urbanisation le long d'axes privilégiés : les lignes de chemin de fer.

La Compagnie d'Orléans préconisait le prolongement de la ligne de Sceaux de la place de Médicis au square de Cluny et celle de l'Ouest, le prolongement de la ligne de Moulineaux au square de Cluny.

Le projet Eiffel prévoyait la transversale Nord-Sceaux.

Ci-dessous : *Projet Haag.*  
En bas : *Projet de la Société Eiffel et des Compagnies de chemins de fer : variante de 1890.*

Le triomphe des projets de la ville de Paris et la naissance du métro remirent à de nombreuses décennies les perspectives d'amélioration du réseau grand gabarit. Paris vit même se fermer la ligne de ceinture et la ligne de Boulaivilliers, asphyxiées par le succès rencontré par le métro. Puis, selon le plan de 1929 qui prévoyait pour le métro des prolongements courts en banlieue, le métro commença à sortir de la capitale.



## Les projets antérieurs à 1900

Au cours de cette période, les tenants de la thèse de l'État élaborèrent plusieurs projets.

Le projet HAAG (1883) par exemple, prévoyait la jonction des principales gares avec, en particulier, une liaison entre le faisceau de Paris-Saint-Lazare et la ligne de Vincennes.

De même, la Compagnie du Nord prévoyait le prolongement de ses lignes en direction des Halles d'une part, et de l'Opéra d'autre part.

## Renaissance de l'idée de métro régional

A partir de 1929, la Compagnie du chemin de fer métropolitain, consciente des forces mais aussi des faiblesses de son outil de travail, le métro, qui, du fait de sa vitesse commerciale réduite, ne lui permettait pas d'aller chercher la clientèle de lointaine banlieue en plein développement, diffuse l'idée d'un métro express comprenant, en particulier, l'intégration de la ligne de Sceaux et de la ligne de Vincennes. Elle propose des liaisons telles que « Gare de Luxembourg - Châtelet - Gare du Nord », « ligne de Vincennes - ligne de Saint-Germain ».

Ces idées étaient particulièrement défendues par Marc Langevin et Henri Ruhlman (\*) qui, dans leurs cours et leurs conférences, prônaient la création d'une transversale Nord-Sud et d'une transversale Est-Ouest se croisant au Châtelet.

Le plan ferroviaire de 1935 prévoyait, outre 22 prolongements du métro, la création d'une transversale Est-Ouest permettant de raccorder les lignes de Saint-Germain et Suresnes à l'Ouest et la ligne de Vincennes à l'Est; il comportait en outre des utilisations des plates-formes des lignes de banlieue par le métro. Ce plan ne reçut pas le plus petit commencement d'exécution.

Les retombées de ces idées ne sont toutefois pas négligeables, car elles ont permis le rattachement à la Compagnie du chemin de fer métropolitain de la ligne de Sceaux et sa modernisation en 1938 et fait approuver le principe de la cession de la ligne de Vincennes à la Compagnie du métro qui devait aboutir 30 ans plus tard.

(\*) M. Langevin fut Directeur général de la Compagnie du chemin de fer métropolitain de 1945 à 1947, puis Directeur général adjoint de la RATP après sa création en 1949.

M. Ruhlman fut Directeur des services techniques de la RATP de 1961 à 1970.

## L'après-guerre et les premières réalisations du RER

Dans la période qui a suivi la deuxième guerre mondiale, l'idée que l'automobile pourrait résoudre tous les problèmes de transport aussi bien à l'intérieur de la ville qu'à l'extérieur a pris beaucoup de consistance.

L'extension du métro s'est arrêtée et le trafic du métro qui a connu son apogée en 1946 et 1947 a commencé à décroître. Seuls quelques confédérés, comme M. Langevin, défendaient encore l'idée d'un métro régional.

Au milieu des années 1950, la circulation dans Paris, qui n'était pas encore doté du boulevard périphérique, de voies rapides sur les berges de la Seine et de parkings souterrains, commençait à devenir inextricable aussi bien pour les automobiles que pour les autobus. Les transports de surface commençaient donc à montrer leurs limites.

Les exigences de confort des passagers du métro, qui avait compté dans l'immédiat après-guerre des taux de

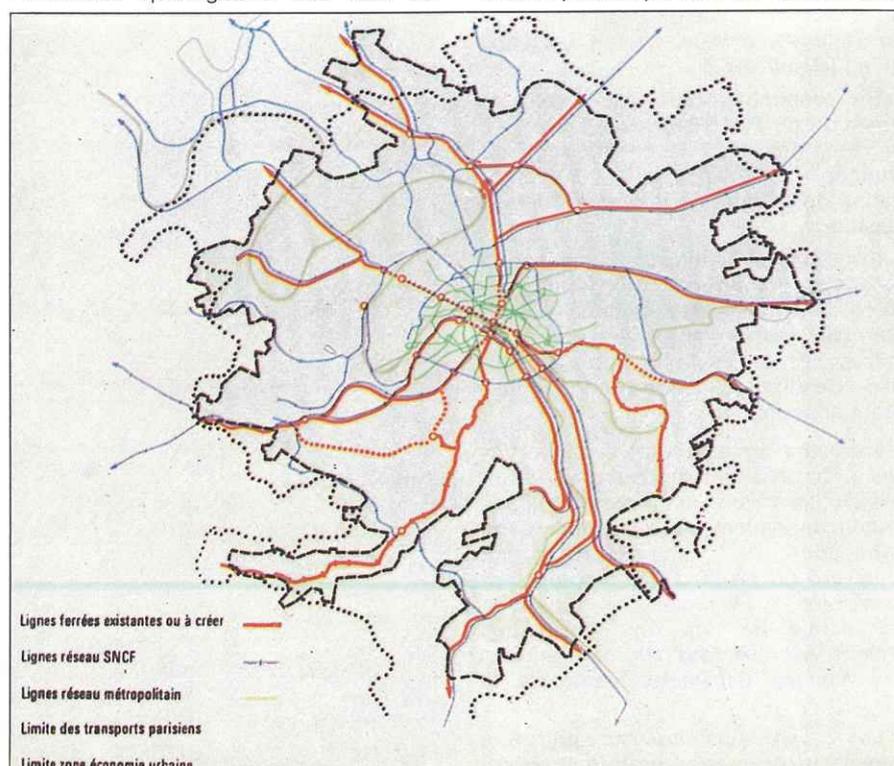
charge de huit voyageurs par mètre carré, augmentaient et les charges des lignes n<sup>os</sup> 1 et 4 inquiétaient les responsables de la RATP.

En 1956, était élaboré par les pouvoirs publics un « plan des besoins » qui prévoyait notamment :

- une transversale Est-Ouest raccordée à l'Ouest aux lignes de Saint-Germain et de Maisons-Laffitte, à l'Est à celles de la Bastille et de Gretz;
- une transversale Nord-Sud raccordée, d'un côté à la ligne de Sceaux et à la banlieue de Montparnasse, de l'autre aux faisceaux des réseaux Nord et Est;
- la jonction « Invalides - Orsay ».

Ces dispositions figuraient dans le plan d'aménagement et d'organisation générale de la région parisienne (PADOG) approuvé par le Gouvernement le 6 août 1960. Le PADOG avait surtout valeur d'intention, mais par certains côtés se trouvait dépassé par l'évolution des idées en matière d'urbanisme au moment même où il était publié.

Néanmoins, l'ère des réalisations concrètes allait commencer. Il venait en effet d'être décidé d'aménager à La Défense un important centre d'activités tertiaires qu'il fallait absolument desservir à partir de Paris par une liaison ferroviaire. Deux thèses alors s'affrontèrent au printemps 1959 : la construction



immédiate d'un prolongement de la ligne n° 1 à la Défense en petit gabarit ou la construction d'un tunnel à grand gabarit « Pont de Neuilly-Défense » qui serait l'amorce de la ligne régionale Est-Ouest prévue au PADOG dont le tronçon central comportait le passage par Concorde, Châtelet, Bastille, Gare de Lyon et Reuilly.

Cette seconde solution, qui évitait d'accroître la charge, déjà excessive, de la ligne n° 1 du métro, prévalut et se concrétisa par l'inscription d'une première dotation dans le budget d'investissements de la RATP pour l'exercice 1961.

A partir de cette date, les décisions concernant la régionale Est-Ouest allaient se succéder, à mesure que se déroulaient les études émaillées de nombreuses variantes. Ainsi, dès l'été 1960, il était proposé d'abandonner le rattachement à la régionale de la ligne de Maisons-Laffite au profit d'une branche nouvelle vers Montesson, de relier directement Châtelet à Gare de Lyon en évitant Bastille et de passer ensuite par Nation en raccordant la transversale à la ligne de Vincennes à Vincennes et non à Reuilly.

Le 6 juillet 1961, le premier chantier était ouvert symboliquement par le Ministre des transports, M. Robert Buron, au Pont de Neuilly, le premier puits d'attaque, près du rond-point de La Défense, n'étant en fait entrepris qu'en janvier 1962.

En septembre 1961, le conseil de direction du FDES autorisait la Régie à engager dès 1962 la construction du tronçon « La Folie-Étoile » et l'électrification de la ligne de Vincennes depuis Bastille.

En 1963, le Syndicat des transports parisiens prenait en considération le tracé de principe des sections « Saint-Germain - Auber » et « Nation - Boissy », l'électrification de la section « Vincennes - Bastille » de la ligne de Vincennes étant abandonnée.

Les avant-projets furent alors approuvés au fur et à mesure de l'achèvement des études et non encore sans quelques modifications locales de tracé (passage par le point « P » à Nanterre, abandonné plus tard au profit d'un raccordement provisoire à La Folie par exemple), tandis que des dotations importantes étaient inscrites tous les ans dans les programmes d'investissements de la Régie.

Les travaux ainsi lancés aboutiront à l'ouverture de la ligne « Nation - Boissy »

le 14 décembre 1969, puis à celle de la ligne de Saint-Germain en trois étapes : « Étoile - Défense » le 21 février 1970, « Étoile - Auber » le 23 novembre 1971 et « Défense - Saint-Germain » le 1<sup>er</sup> octobre 1972.

## Le tronçon central et le prolongement de la ligne de Sceaux

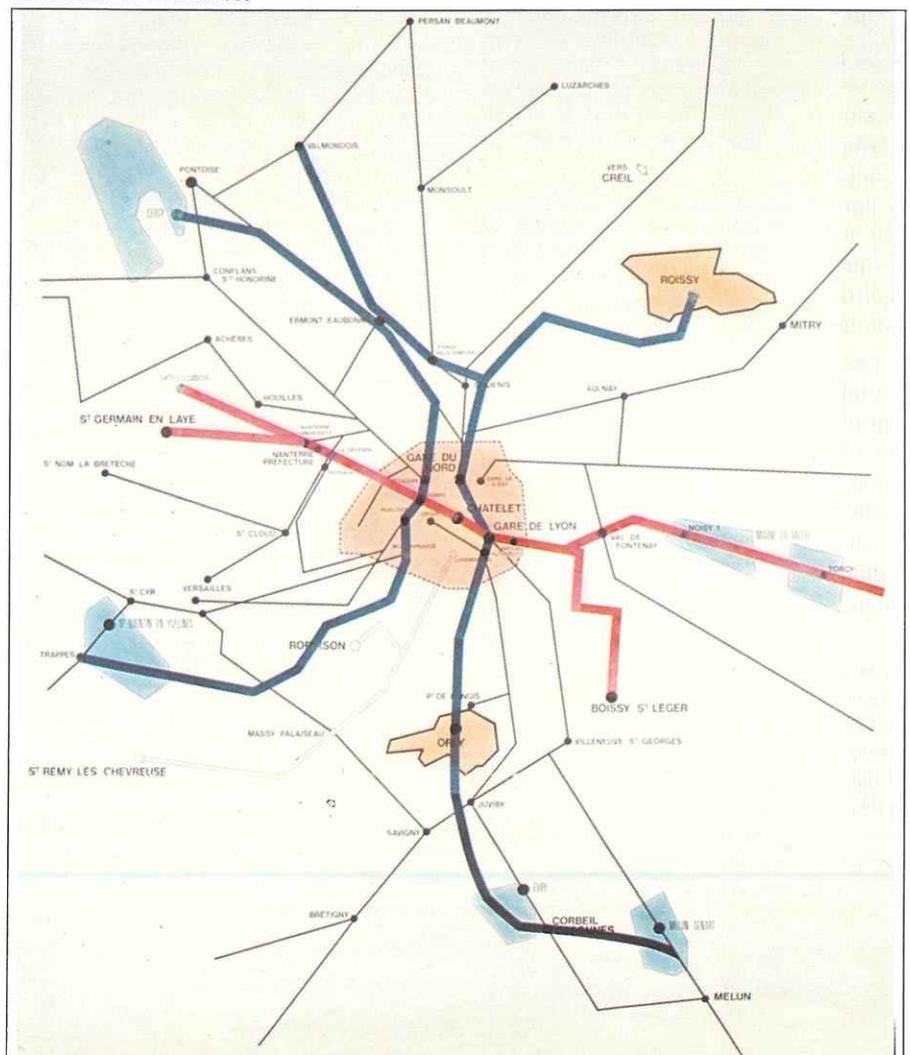
Les années 1960 donnèrent lieu à d'amples réflexions sur la desserte de la région parisienne dans le cadre des études qui devaient aboutir à la publica-

tion en 1965 de la première version du schéma directeur d'aménagement et d'urbanisme de la région parisienne.

Le SDAU voulait rompre avec la tendance à l'urbanisation en tache d'huile et créer des axes d'urbanisation privilégiés marqués par la présence de villes nouvelles, reliées à Paris par des moyens de transport collectif puissants. Pour atteindre cet objectif, il prévoyait un réseau de lignes régionales constitué :

- de la transversale Est-Ouest comportant deux branches à l'Ouest (ligne de Saint-Germain et branche de Montesson) et deux branches à l'Est (ligne de Boissy et ligne de Marne-la-Vallée);
- d'une première transversale Nord-Sud assurant une liaison entre Valmondois et Roissy au Nord et Évry au Sud, passant par les gares du Nord, de Lyon, d'Austerlitz et Orly;

Le RER dans le SDAU de 1965



— d'une seconde transversale Nord-Sud assurant la liaison entre Cergy au Nord et Saint-Quentin-en-Yvelines au Sud et passant par les gares Saint-Lazare et Montparnasse. Il prévoyait en outre la jonction « Invalides-Orsay ».

Ce schéma, établi sans conditions de coûts et de délais, se révéla vite trop ambitieux et donna lieu à une première révision en 1969 qui mettait l'accent pour la desserte de la proche banlieue sur le prolongement de lignes de métro et adoptait pour la desserte des villes nouvelles des solutions plus modestes utilisant largement les infrastructures existantes de la SNCF (desserte de Roissy par une antenne de la ligne de Mitry, desserte d'Évry par une antenne de la ligne de Corbeil).

Pendant ce temps, la RATP continuait l'étude du tronçon central du RER et entreprenait celle du prolongement de la ligne de Sceaux au Châtelet avec la perspective d'un prolongement vers la gare du Nord.

En 1969 elle soumettait aux pouvoirs publics le principe de ces deux opérations dont elle soulignait l'intérêt pour l'amélioration des transports en région parisienne. Les possibilités offertes par la rénovation du quartier des Halles la conduisaient à proposer la réalisation à ciel ouvert d'un ensemble comprenant côte à côte, la station du RER et le terminus de la ligne de Sceaux. A la gare de Lyon, il était prévu d'implanter la station sous le Boulevard Diderot. Enfin, sur la ligne de Sceaux, une nouvelle station située au carrefour des boulevards Saint-Germain et Saint-

Michel devait être créée, la station « Luxembourg » étant abandonnée.

Ces projets suscitèrent de nouvelles réflexions et provoquèrent de nouvelles études.

Si certaines réactions furent très négatives et d'ailleurs rapidement rejetées comme la proposition qui consistait à réaliser la jonction « Auber-Nation » par un souterrain à gabarit réduit, les autres eurent des conséquences beaucoup plus positives.

D'abord, les pouvoirs publics prirent la décision de réaliser en même temps le tronçon central du RER et le prolongement de la ligne de Sceaux à Châtelet. Sur ce prolongement, la station « Luxembourg » était maintenue, la possibilité de construire ultérieurement une station à Saint-Michel, qui permettrait la correspondance avec la SNCF, étant seulement réservée.

En second lieu, à la demande du Préfet de Région, le projet de la station « Châtelet » était remanié de manière à permettre des correspondances quai à quai entre le RER Est-Ouest et la ligne de Sceaux. A la gare de Lyon, il apparaissait intéressant, devant l'intention de la SNCF de disposer d'une gare souterraine pour la banlieue, de réaliser un ouvrage commun superposant la station du RER et cette gare souterraine, et situé sous la rue de Bercy : ce nouveau projet entraînait une modification du tracé entre Nation et Gare de Lyon.

Enfin, l'ampleur des investissements prévus incitait à rechercher une utilisation

aussi grande que possible des infrastructures nouvelles et pour ce faire, à envisager la circulation des trains de banlieue de la SNCF dans les tunnels construits dans Paris : c'était l'interconnexion.

Les objectifs initiaux du SDAU — relier Paris, les villes nouvelles, les aéroports, les principales zones urbaines en banlieue — pouvaient dès lors être atteints.

Le réseau régional devait d'abord comprendre :

— une transversale Est-Ouest de Saint-Germain-en-Laye à Boissy-Saint-Léger complétée par l'embranchement vers Marne-la-Vallée;

— une transversale Nord-Sud résultant de la jonction de la ligne de Sceaux à l'une des lignes de la banlieue Nord;

— une transversale rive gauche résultant de la jonction entre Invalides et Orsay des lignes SNCF « versailles - Invalides » et « Orsay - Austerlitz ».

Mais en complément, et c'était là l'idée originale, on superposait au courant Est-Ouest entre Gare de Lyon et Châtelet et au courant Sud-Nord entre Châtelet et Gare du Nord, un troisième courant Sud-Est-Nord, grâce à la réalisation à Gare de Lyon de deux stations SNCF et RATP superposées, au Châtelet d'une gare à un seul niveau à sept voies et trois quais, et à Gare du Nord d'une gare à quatre voies et deux quais.

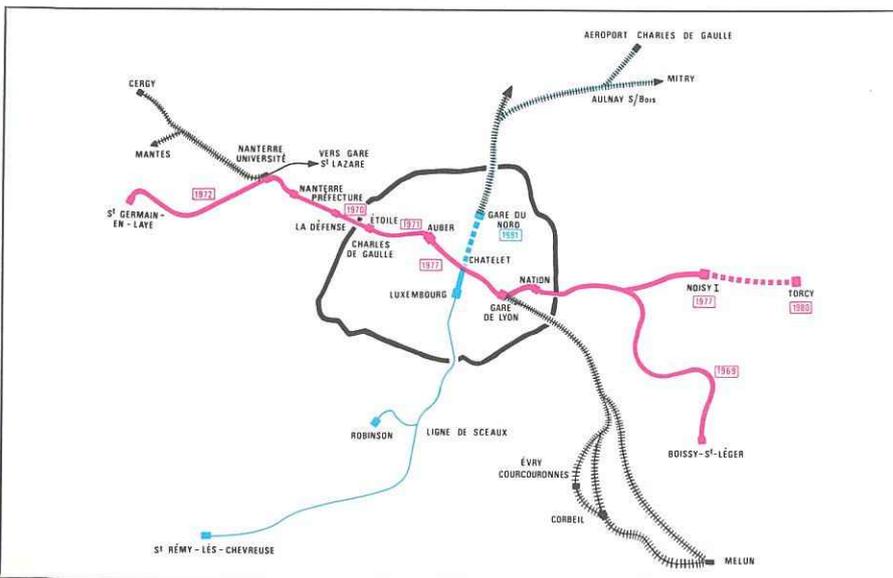
Après une étude poussée, la SNCF et la RATP purent garantir la faisabilité de ce projet en 1972.

Cette proposition novatrice débloquait l'affaire et en novembre 1972, les pouvoirs publics approuvaient la réalisation de l'avant-projet de la section « Auber-Nation » et du prolongement de la ligne de Sceaux au Châtelet. Les travaux commencèrent aussitôt.

Par la suite, le schéma de principe de l'interconnexion fut officiellement pris en considération par le Syndicat des transports parisiens le 11 mars 1976, tandis que ce même organisme approuvait, le 10 novembre 1976, l'avant-projet relatif à la première phase de cette même opération qui comporte le prolongement de la ligne de Sceaux à la gare du Nord et à la construction, à la gare du Nord, d'une gare souterraine située au faisceau de banlieue desservant Aulnay, Mitry-Mory et Roissy.

Parallèlement, toutes ces dispositions étaient intégrées dans le schéma directeur d'aménagement et d'urbanisme de la région d'Ile-de-France approuvé par décret du 1<sup>er</sup> juillet 1976.

Plan du réseau





## INTRODUCTION

par Lucien Lupiac,  
Directeur des travaux neufs

La variété des problèmes rencontrés et des procédés spécifiques mis en œuvre dans la construction des trois sections du RER qui seront mises en service le 8 décembre 1977 ressort des exposés qui suivent concernant la réalisation du tronçon « Auber-Nation » et de la branche « Fontenay - Noisy-le-Grand - Mont-d'Est » de la ligne rouge « A » (transversale Est-Ouest) et du prolongement de Luxembourg à Châtelet-les-Halles de la ligne bleue « B » (ligne de Sceaux).

L'ensemble des services de la Régie a pris part à cette œuvre : la Direction des études générales en établissant les tracés de principe et en les faisant approuver par les pouvoirs publics, la Direction du réseau ferré en définissant tous les programmes d'exploitation, le Service du domaine en mettant les terrains à la disposition des constructeurs, la Direction des services techniques en participant à certaines études, en définissant les modalités d'entretien, en réalisant la voie et une partie des gros équipements d'alimentation électrique.

La Direction des travaux neufs, quant à elle, à qui revenait la responsabilité principale de conduire les travaux de construction et d'aménagement en maintenant les critères de qualité, de délais et de coût, a mobilisé l'ensemble de ses moyens, affectant suivant leurs spécialités à chaque service et à chaque division les tâches de leurs ressorts, tout en assurant avec efficacité une coordination des actions, un suivi permanent des travaux et un contrôle de gestion de l'ensemble des investissements.

Le degré d'élaboration des études, avant tout commencement d'exécution en liaison étroite avec toutes les autres directions de la Régie, a certainement été un élément important de la réussite. L'accent a été mis, dès l'engagement des opérations, sur la nécessité d'une définition précise des ouvrages et de leurs équipements. Des projets fonctionnels ont été établis pour regrouper toutes les données du programme et toutes les spécifications à prendre en compte pour éviter les changements en cours d'exécution. Certes, un tel résultat n'a pu être obtenu que grâce à la concertation de tous les auteurs, après des débats et des mises au point souvent laborieuses entre représentants de toutes les disciplines.

C'est à partir de ces données qu'a pu être organisé tout le management et conçu tout le système de gestion. Le découpage des différentes opérations,

leur imbrication dans le temps, leur planification et des estimations suffisamment précises mais intégrant la part d'aléas inhérente au domaine des travaux souterrains, ont constitué les actions principales.

En matière de gros œuvre, il a fallu isoler les sections aux caractéristiques spécifiques et concevoir des méthodes d'exécution adaptées à chaque lot de travaux. C'est ainsi qu'une très large gamme de procédés a été mise en œuvre en s'inspirant de la technologie existante, mais aussi en adoptant des procédés nouveaux. Dans chaque cas ont été recherchés les moyens techniques les mieux adaptés, les plus compatibles avec les données du site, devant être susceptibles d'assurer la réduction des aléas, la sécurité des travailleurs et l'accroissement des cadences d'avancement.

Grâce à des campagnes, à la reconnaissance des terrains, à l'exécution de puits et de galeries d'essais, de sondages approfondis, la conception des méthodes d'exécution et de lancement des chantiers successifs se sont opérés dans les meilleures conditions. Les travaux se sont déroulés conformément aux prévisions. Quand on pense au nombre et à la difficulté des chantiers entrepris, en plein cœur de la cité à proximité d'édifices importants, en tréfonds de constructions anciennes ou sous la Seine, la plupart du temps les ouvrages baignant dans la nappe aquifère, on ne peut que se féliciter de la conduite de ces opérations, les aléas rencontrés ayant été réduits au strict minimum.

Il faut mentionner l'effort important entrepris en matière d'aménagement et d'équipement des ouvrages, principalement axé sur la recherche des meilleures conditions de séjour et de confort des voyageurs. L'amélioration de l'ambiance et le traitement des volumes souterrains ont fait l'objet d'études approfondies pour accroître la qualité du service offert. Les systèmes de surveillance et de contrôle de la circulation des trains ont bénéficié des récents progrès intervenus et de l'expérience acquise par la Régie dans ce domaine à la suite des mises en service récentes de prolongements de lignes.

Pourtant, comme il est inévitable dans l'évolution d'un tel complexe de travaux, bien des perturbations extérieures à la Régie sont venues troubler le déroulement normal du programme, notamment dans le secteur de Châtelet et de Gare de Lyon. Malgré ces impré-

vus, les plannings d'origine ont été respectés, voire même raccourcis de plusieurs mois pour la section « Luxembourg-Châtelet » et l'achèvement de l'ouvrage « Gare de Lyon » sur la section « Auber-Nation ». Corrélativement, cette continuité d'activités suivant un ordre préétabli, la maîtrise et la sûreté des techniciens de la Régie et des entreprises, la qualité et la gestion d'ensemble des opérations, ont permis de respecter les prévisions financières et même de faire apparaître des réductions dans les nombreux cas où la part prévue pour « aléas d'exécution » n'a pas eu à être utilisée.

## LES TRAVAUX DE GROS ŒUVRE DE LA SECTION "AUBER-NATION"

par Jean-François Bougard  
Ingénieur en chef adjoint, chef du service des travaux souterrains 1 à la Direction des travaux neufs

Les deux branches extérieures de la ligne régionale Est-Ouest ont été successivement mises en service en décembre 1969 entre Nation et Boissy-Saint-Léger et de février 1970 à octobre 1972 entre Auber et Saint-Germain-en-Laye. Il restait donc à réaliser leur jonction dans le centre de Paris entre Auber et Nation. Cette dernière opération, qui a été entreprise dans le courant de l'année 1972, verra son achèvement en décembre 1977, date prévue de la mise en service de l'ensemble de la ligne Est-Ouest qui deviendra la ligne A du RER (ligne rouge).

La section « Auber - Nation », constituant ce qu'il est courant d'appeler le tronçon central, et qui représente une longueur d'environ 5 600 mètres, se développe au cœur de la capitale, le plus généralement en tréfonds d'immeubles, à environ 25 mètres de profondeur, la plus grande partie des ouvrages étant située sous le niveau de la nappe aquifère.

Le tronçon central de la transversale Est-Ouest comporte deux grandes gares :

- « Châtelet-Les Halles » située dans le périmètre des Halles et construite à ciel ouvert dans le cadre de l'opération de rénovation de ce quartier;
- « Gare de Lyon », intégrée dans un ouvrage commun avec la nouvelle gare SNCF de banlieue et exécutée à ciel ouvert.

Par ailleurs, elle comprend trois principales sections de tunnels au « gabarit international chemin de fer », exécutés en souterrain :

- la section « Bourse - Châtelet »,

s'étendant du cul-de-sac provisoire d'Auber jusqu'à l'entrée de Châtelet-Les Halles et comportant deux types d'ouvrages souterrains exécutés à l'aide de procédés de construction traditionnels;

- la section « Châtelet-Gare de Lyon », constituée de deux tunnels circulaires à voie unique exécutés par une machine à forer;
- la section « Gare de Lyon - Nation », composée également de deux tunnels à voie unique, aboutissant au cul-de-sac provisoire de Nation, et exécutés par des méthodes traditionnelles après traitement des terrains et mesures spéciales, en raison d'une géologie très défavorable et d'un environnement urbain particulièrement dense.

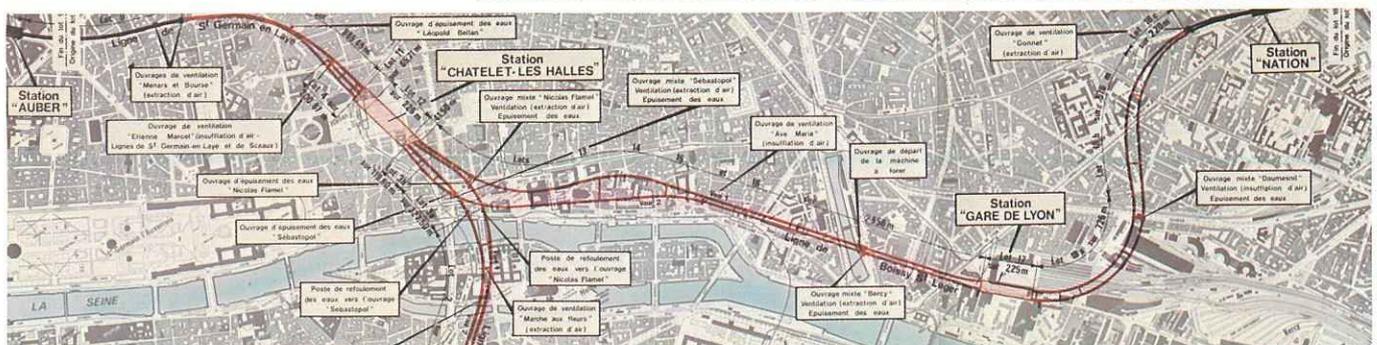
### La section « Auber - Châtelet »

La section « Auber - Châtelet » dont l'origine se situe à l'extrémité Est du cul-de-sac provisoire d'Auber se développe sur une longueur de 886 m entre la rue Vivienne et la gare de « Châtelet-Les Halles ». Elle comprend pour l'essentiel, un tunnel à deux voies qui, au droit de la rue Léopold-Bellan se dédouble en deux tunnels à voie unique, aboutissant dans la gare de « Châtelet-Les Halles » à une distance d'environ 72 m l'un de l'autre.



#### SECTION « AUBER - NATION »

- Ci-contre : tunnel
- Ci-dessous : plan



Par ailleurs, ces souterrains sont implantés dans des formations géologiques relativement défavorables, constituées par des marnes et caillasses, et baignées par la nappe aquifère. Ils cheminent le plus souvent en tréfonds d'immeubles vétustes et fragiles, et à proximité immédiate d'ouvrages existants (immeubles de la Société d'imprimerie de la rue du Louvre, des Nouvelles messageries de la presse parisienne, église Saint-Eustache, ligne n° 4, etc.). Cela explique que la RATP ait été amenée à procéder à de nombreuses études relatives à la définition du tracé de ces ouvrages, tant en plan qu'en profil, qui devaient concilier de nombreuses contraintes sévères et souvent difficilement conciliables.

La réalisation de ces ouvrages a constitué un exemple tout à fait typique de travaux en site urbain particulièrement dense, avec utilisation de procé-

dés de construction dits « traditionnels » mais spécialement aménagés, notamment pour ce qui concerne la mécanisation de certaines opérations. Elle a comporté, en premier lieu, l'exécution de traitements systématiques des terrains au moyen d'injections, en vue de leur consolidation et de leur étanchement. Puis elle a consisté, au cours d'une phase ultérieure, en l'exécution de la voûte à l'aide de procédés de construction relativement classiques, permettant de combattre la décompression éventuelle des terrains supérieurs, et comportant la mise en place de soutènements métalliques « actifs » tout en limitant les longueurs de terrain décousu.

A l'exception des terrassements de la demi-section inférieure, intéressant généralement des calcaires résistants, et qui ont été réalisés par abattage à l'explosif, l'excavation a pu être mécanisée, en faisant largement appel à des machines à attaque ponctuelle du type « Alpine ».

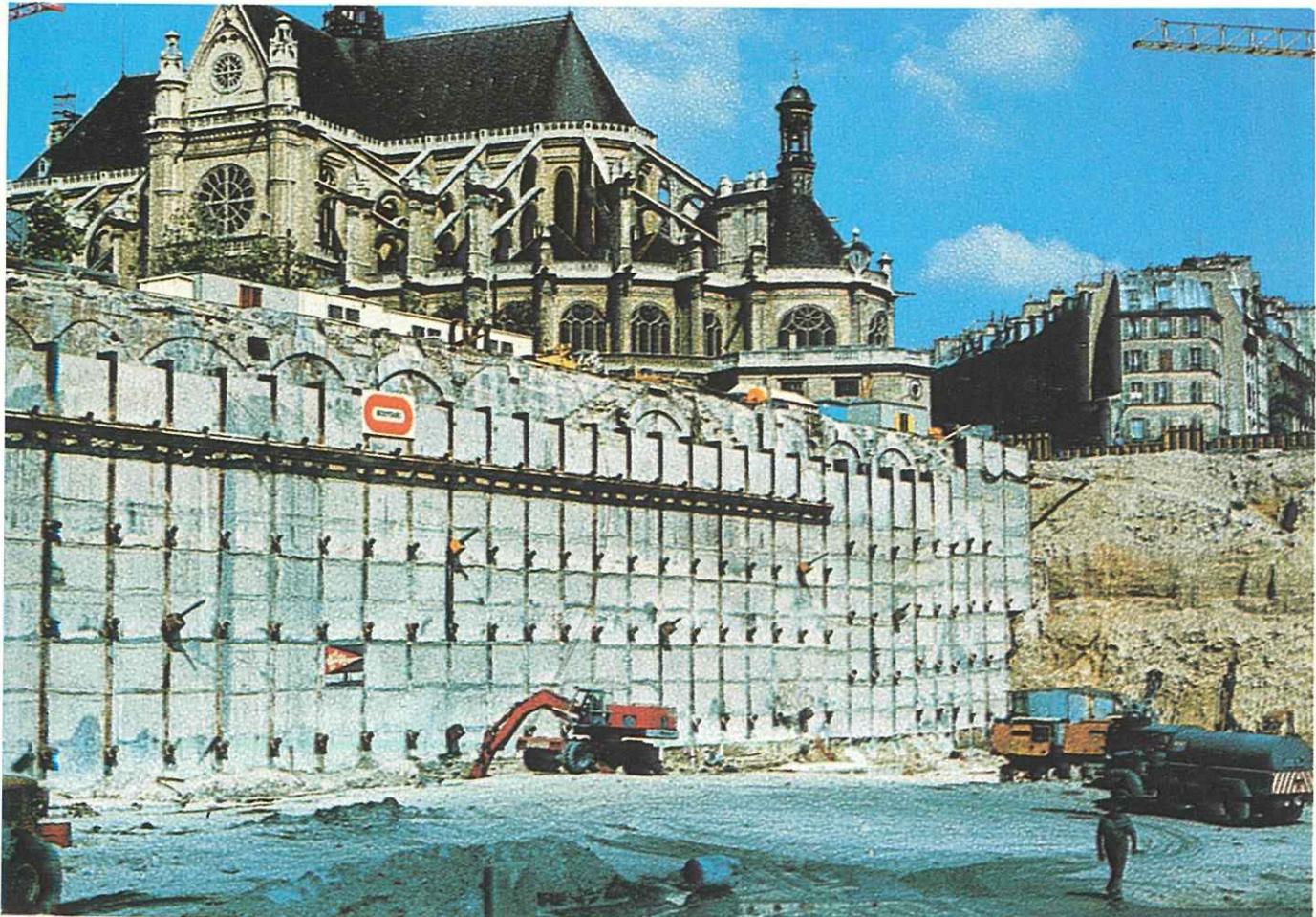
## La gare de « Châtelet - Les Halles »

La gare de « Châtelet-Les Halles » a été construite à ciel ouvert entre l'église Saint-Eustache au Nord-Ouest et le square des Innocents au Sud-Est, à l'emplacement des pavillons Baltard dans le cadre de l'opération de rénovation du quartier des Halles assurée par la Société d'économie mixte d'aménagement du secteur des Halles (SEMAH).

Cette gare, d'une largeur totale de 76,45 m, comporte outre les deux voies de la ligne régionale Est-Ouest et les deux voies de la ligne de Sceaux prolongée en direction de Gare du Nord, trois voies susceptibles de recevoir les trains de banlieue SNCF devant transiter ultérieurement entre la gare de Lyon

Ci-dessous et page suivante :

Parois de soutènement de la fouille de Châtelet - les Halles



et la gare du Nord en empruntant les tunnels construits par la Régie, lorsqu'aura été réalisée l'interconnexion des réseaux des deux entreprises.

Elle comprend donc sept voies et quatre quais, tous centraux. Deux d'entre eux, d'une largeur de 16,75 m et de 225 m de long, sont encadrés respectivement par les voies 1 et les voies 2 de la ligne régionale Est-Ouest et de la ligne de Sceaux et permettent donc la correspondance directe entre ces deux lignes.

Les deux autres quais, d'une largeur de 8,77 m et de 325 m de long, sont encadrés par les trois voies réservées au transit des rames SNCF.

Pour les correspondances à fort trafic (de la ligne de Sceaux vers Auber et inversement), les échanges seront très faciles par l'aménagement du dispositif « quai à quai ». Par contre, les autres correspondances, et notamment les échanges entre le RER et la SNCF se feront par l'intermédiaire d'une mezzanine. Cette mezzanine desservira en

outre les intercommunications avec le métro (station « Les Halles » de la ligne n° 4 déviée; stations « Châtelet » des lignes nos 1, 7 et 11). Elle assurera également les liaisons avec l'extérieur pour les voyageurs entrants et sortants, d'une part par un couloir aboutissant au voisinage de l'église Saint-Eustache, d'autre part, à travers le forum du nouvel ensemble architectural des Halles.

En raison de l'existence d'une nappe phréatique dans laquelle l'ouvrage est en grande partie baigné et de la grande profondeur des terrassements à exécuter (25 m environ), la fouille a dû préalablement être ceinturée par une enceinte étanche réalisée par injection des sols. Par ailleurs, et pour assurer le soutènement de ces terrains, le programme des travaux a comporté également la réalisation préalable de parois de soutènement de type « berlinois » et de parois moulées. Les terrassements généraux de la fouille ont ensuite été exécutés, l'excavation se faisant soit à

l'aide de draglines, soit à l'aide de pelles hydrauliques équipées ou non de matériaux lourds suivant la nature du terrain.

Pour la réalisation de la structure de l'ouvrage, de type classique en béton armé, et par suite de l'ampleur des volumes de béton à mettre en œuvre, les installations de chantier ont dû comporter des moyens de production exceptionnels.

---

## La section « Châtelet - Gare de Lyon »

---

Le tracé en plan de la section « Châtelet - Gare de Lyon » d'une longueur de 2 600 m environ, peut surprendre par sa sinuosité. Sa définition a, en effet, été tributaire de nombreuses contraintes



résultant de l'orientation relative des deux gares de « Châtelet-Les Halles » et de « Gare de Lyon » et de l'obligation d'éviter le passage en tréfonds de certains sites et monuments dont cette partie ancienne du Paris historique est particulièrement riche.

Par contre, la géologie présentait sur cette section une configuration exceptionnelle sous la forme d'un banc calcaire résistant, continu, sensiblement horizontal et d'une épaisseur suffisante pour que des souterrains à voie unique y soient inscrits en totalité.

La coexistence des deux facteurs favorables que représentent la longueur importante du tracé et la qualité du site géologique a incité la Régie, dès l'origine des études, à envisager l'utilisation de méthodes de construction hautement mécanisées.

Après une longue période d'études et d'essais préalables, comprenant en particulier un essai de forage en vraie grandeur à la machine dans la même

formation calcaire, la Régie a fixé son choix sur l'exécution à l'aide d'une machine à forer de deux tunnels à voie unique de 2 550 m de longueur pour la branche Nord et 2 650 m pour la branche Sud, et de 6,30 m de diamètre intérieur.

La machine à forer utilisée, construite par la compagnie Robbins, était du type « pleine section à grippers », et présentait un diamètre de 7 m, une longueur de 16 m, un poids de 270 t et une puissance totale de 900 CV.

La méthode d'exécution comportait, au fur et à mesure de l'avancement du forage, la mise en place directement derrière la tête de la machine du radier définitif sous forme de voussoirs préfabriqués. Celui-ci comportait les réservations nécessaires et permettait la mise en place immédiate des cintres de soutènement, la pose des voies de roulement des trains de déblais et des portiques divers, et enfin, un réglage rapide et commode des coffrages du bétonnage ultérieur.

Par ailleurs, le revêtement définitif n'étant exécuté, sauf dans des cas exceptionnels, qu'à une certaine distance du front de taille, un soutènement, constitué de cintres métalliques et de plaques de tôles ondulées cintrées, a été systématiquement mis en place.

En ce qui concerne le revêtement définitif, d'une épaisseur de 35 cm, il a été bétonné en place derrière des coffrages télescopiques par anneaux d'une longueur de 10 ou 20 m selon l'avancement de la machine.

---

## La station « Gare de Lyon »

---

La station « Gare de Lyon » a été construite à ciel ouvert sous la cour de Bercy de la gare SNCF, dont elle a débordé d'ailleurs la limite en empiétant sur le parvis au Nord-Ouest, sur la rue de Bercy au Sud-Ouest, et sur divers bâtiments de la gare actuelle démolis au même titre que la dalle abritant la cour de Bercy.

L'ouvrage, d'une largeur totale de 40,50 m, est commun à la gare du RER et à la future gare de banlieue de la SNCF. La première comporte deux voies situées au niveau inférieur de part et d'autre d'un quai central de 33 m de large. De même qu'à Châtelet-Les Halles, ce quai présente une longueur totale de 225 m. Les voies SNCF, au nombre de quatre, sont situées au-dessus des précédentes, de part et d'autre de deux quais centraux longs de 325 m et larges de 12,65 m.

Par ailleurs, l'interposition, à un niveau intermédiaire, d'une mezzanine jouant le rôle de régulation, a pu être évitée grâce à la largeur du quai central du RER qui permettait de disposer des surfaces nécessaires, tant pour l'aménagement des contrôles que pour le stockage des voyageurs en cas d'incident sur l'un des réseaux.

Les correspondances entre les deux quais SNCF se feront par une salle d'échanges située au-dessus du niveau SNCF. Cette salle, qui sera directement reliée tant aux quais SNCF qu'à celui du



Protection du tunnel par cintres métalliques et tôles ondulées

RER, par des escaliers fixes et des escaliers mécaniques, assurera également les liaisons avec l'extérieur pour les voyageurs entrants et sortants et la correspondance avec les quais des grandes lignes de la SNCF, et les intercommunications avec le métro.

Au-dessus de la salle d'échanges, se situe enfin un niveau technique et, de plain-pied avec la rue de Bercy, un hall d'arrivée destiné à la desserte de la gare SNCF.

La construction de cet ouvrage a nécessité l'exécution d'une fouille d'une profondeur de 23 m environ, sous le niveau de la rue de Bercy, la base du terrassement se situant dans les calcaires sous une charge d'eau de 15 m environ. Ces travaux ont dû être précédés par l'exécution d'une enceinte constituée, en partie haute, par des parois moulées assurant le rôle à la fois

de soutènement des terrains meubles et de protection contre des venues d'eau latérales, et s'arrêtant au toit des calcaires. La protection du fond de fouille contre les venues d'eau a été assurée par la réalisation d'un écran vertical étanche exécuté dans le prolongement des parois.

Ces parois moulées ont été ancrées, au fur et à mesure de l'approfondissement des terrassements par des tirants précontraints, un complément d'ancrage devant être réalisé dans certains accès en pied de paroi.

La structure de l'ouvrage est de type classique en béton armé. Néanmoins, certains poteaux susceptibles de recevoir les charges résultant d'une importante opération immobilière projetée en superstructure de l'ouvrage ont dû être constitués par une ossature mixte en béton et profilés métalliques.

## La section « Gare de Lyon - Nation »

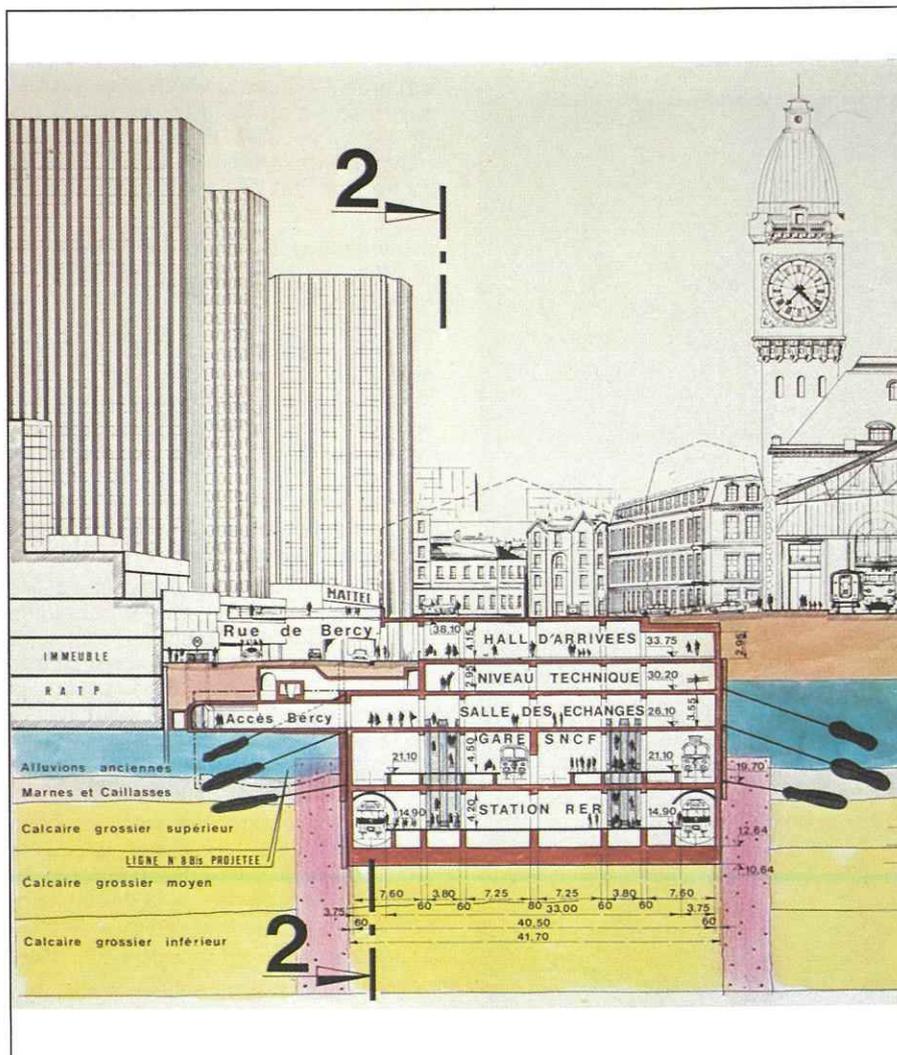
Les souterrains construits entre l'ouvrage commun SNCF/RATP « Gare de Lyon » et la gare de « Nation » comprennent, pour l'essentiel, deux ouvrages voûtés à voie unique, représentant une longueur développée de 3070 m de tunnel à une voie.

La diversité et le manque de cohésion des formations géologiques rencontrées interdisaient l'utilisation de machines à forer. Cependant, l'exécution des abattages des voûtes et l'extraction des déblais ont pu être mécanisées par l'emploi de machines à attaque ponctuelle du modèle « Alpine ». Comme pour l'exécution des souterrains de la section « Auber - Châtelet », il a été fait largement appel à des procédés de construction traditionnels comportant, en particulier, la réalisation préalable de traitement des terrains par injection.

Néanmoins à l'extrémité Est de cette section et sur une longueur moyenne de 230 m environ, dans les zones où les souterrains interceptent les sables de Beauchamp, qui du fait de leur implantation sous le niveau de la nappe aquifère constituent un terrain dangereux, la Régie a dû rechercher une méthode d'exécution adaptée, écartant le danger de tassements différentiels susceptibles de créer des désordres très graves en surface.

C'est ainsi qu'elle a été amenée à choisir une solution originale consistant à créer avant le terrassement et au-dessus de la future voûte, une sorte de « parapluie » constitué par des tubes métalliques atteignant 20 à 30 m de longueur et de forte inertie, foncés dans les sables parallèlement à l'axe de l'ouvrage.

Au moment du terrassement, qui a eu lieu par travées de longueur réduite avec mise en place d'une couche de béton projeté, l'extrémité des tubes restait ancrée dans le terrain du front de taille, et il se formait entre chacun d'eux un arc de décharge qui soutenait le terrain supérieur et évitait son fluage.



Coupe de l'ouvrage « Gare de Lyon »

# LES TRAVAUX DE GROS ŒUVRE DU PROLONGEMENT DE LA LIGNE DE SCEAUX A CHATELET-LES-HALLES

par Pierre François

Ingénieur en chef adjoint, chef du service des travaux souterrains 2 à la Direction des travaux neufs

Le prolongement de la ligne de Sceaux à Châtelet-Les Halles a été décidé à la fin de l'année 1972 et entrepris à la fin de l'année 1973.

Il avait été envisagé initialement de supprimer la gare du Luxembourg et de construire une station au cœur du quartier Latin, sous le boulevard Saint-Michel, entre la place de la Sorbonne et le boulevard Saint-Germain.

Après l'étude de nombreuses variantes, le projet finalement retenu pour le prolongement jusqu'à Châtelet - Les Halles est caractérisé par le maintien de la gare du Luxembourg et par la réservation, sous la Seine et le quartier Saint-

Séverin, d'une gare à construire ultérieurement en vue d'assurer la correspondance avec la gare SNCF de « Pont Saint-Michel ».

La ligne de Sceaux, ainsi complétée, prendra le nom de ligne B du RER (ligne bleue).

## Le tracé

D'une longueur totale de 2 600 m du Sud de la gare du Luxembourg au

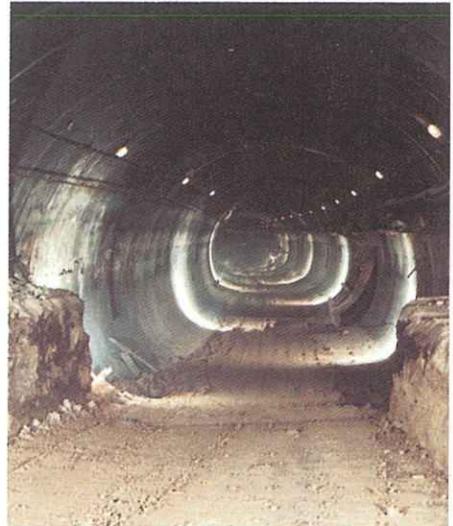
pignon du cul-de-sac de la gare de « Châtelet - Les Halles », ce prolongement de ligne comprend essentiellement les ouvrages suivants :

— une gare « Luxembourg » entièrement réaménagée, dont la longueur des quais a été portée à 225 m et dont les accès ont été améliorés;

1 - Gare du Luxembourg : mise en place de l'ossature métallique de la mezzanine

2 - Lot 1 - Tunnel de 8,70m : reprise en sous œuvre des piédroits

3 - Lot 1 - Reprise en sous œuvre du souterrain de garage de la gare du Luxembourg



- une section de souterrain à deux voies sous le boulevard Saint-Michel, entre la rue Gay-Lussac et la rue des Écoles, dont une partie sous l'ancien souterrain de garage de la gare du Luxembourg;
- une section de deux souterrains à voie unique entre le square de Cluny et la rue des Lombards; de tracés sensiblement parallèles, les deux tunnels franchissent le petit bras de la Seine en aval du Petit pont puis s'écartent à partir de la rue de Lutèce, de manière à franchir le grand bras de part et d'autre du pont Notre-Dame et à éviter la tour Saint-Jacques;
- des ouvrages spéciaux d'ouverture variable permettant d'une part, le raccordement des souterrains à une voie et à deux voies et, d'autre part, le débouché des souterrains à voie unique dans la gare de « Châtelet - Les Halles »;
- la gare de « Châtelet - Les Halles », commune à la ligne Est-Ouest et qui est décrite dans l'article relatif aux travaux

de génie civil du tronçon «Auber - Nation »;

- un tronçon de souterrain d'ouverture variable entre le tympan Nord de Châtelet - Les Halles et de la rue Etienne-Marcel qui constitue l'amorce du souterrain réservé au trafic SNCF et utilisé en phase provisoire comme souterrain de garage et de retournement des trains;
- un certain nombre d'ouvrages annexes jalonnant le tracé et destinés à la ventilation (insufflation ou extraction) ou à l'épuisement des eaux.

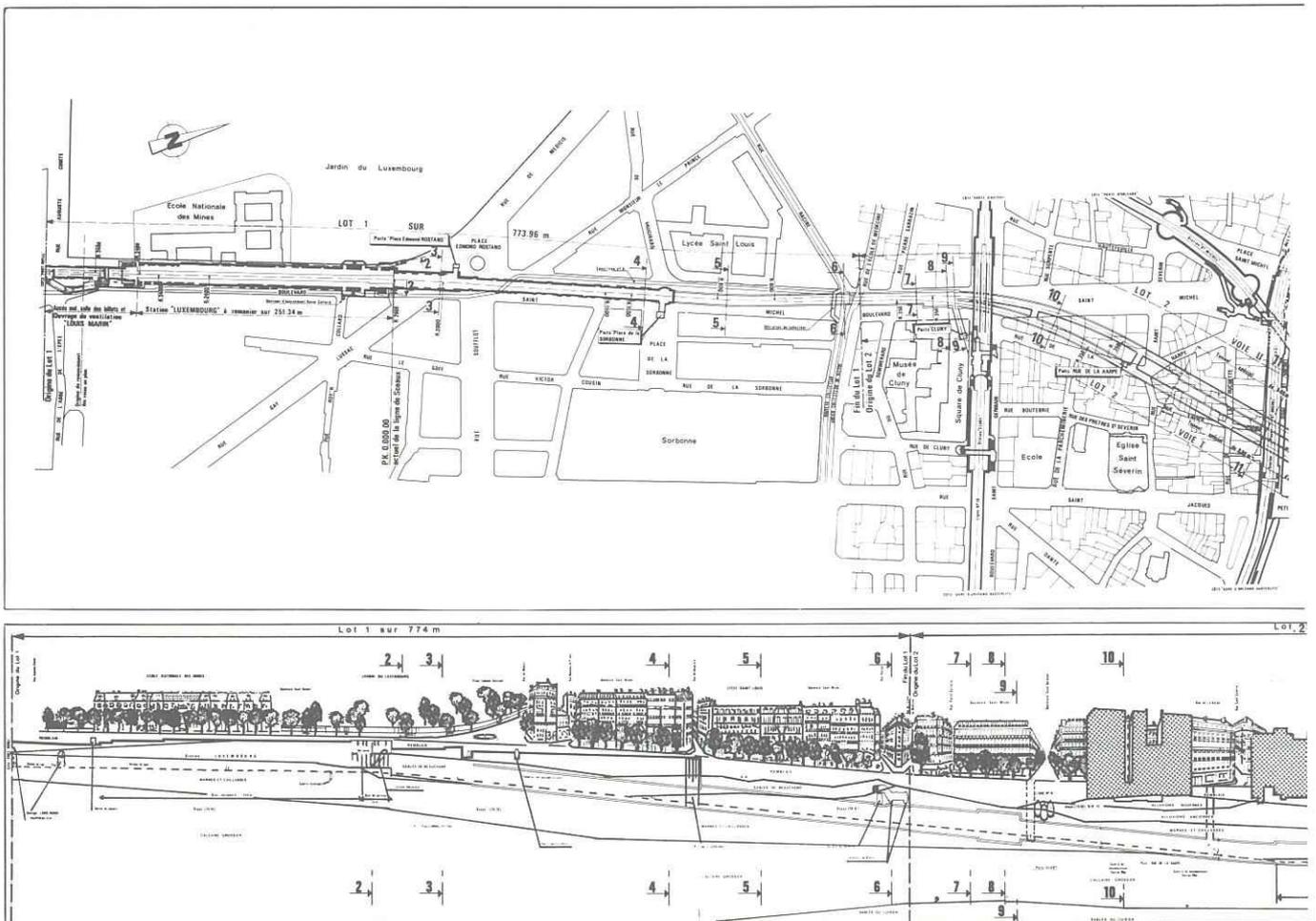
## Profil en long - Géologie

Le profil en long de la ligne a été déterminé en fonction de l'existence d'un certain nombre d'obstacles dans le

sous-sol (collecteur de Bièvre au droit de la rue Racine et tunnels de la ligne n° 10 au droit du boulevard Saint-Germain) et par le respect d'une pente limite, de l'ordre de 40 mm par mètre, imposée par le matériel roulant.

Ainsi qu'il apparaît sur le profil en long de la ligne, les ouvrages se développent dans les formations géologiques suivantes :

- de Luxembourg au quartier Saint-Séverin, le radier des nouveaux ouvrages se situe dans les marnes et caillasses, les voûtes traversant successivement les sables de Beauchamp, les alluvions anciennes sur une très courte distance, puis les marnes et caillasses; la charge d'eau, nulle dans les zones proches de la gare du Luxembourg, croît au fur et à mesure que l'on se dirige vers la Seine;
- du quartier Saint-Séverin à l'intersection avec la ligne régionale Est-Ouest (tunnel voie 2), les ouvrages s'enfoncent progressivement dans le



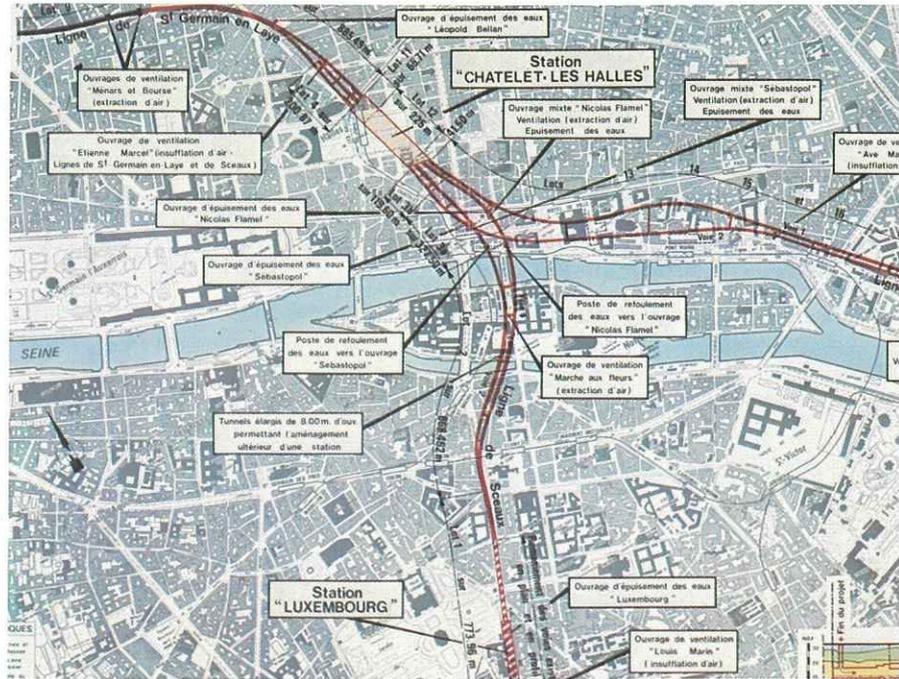
banc calcaire sous une très forte charge d'eau;

— au Nord de cette zone, le radier du tunnel de la voie 1 pénètre, sur quelques dizaines de mètres de longueur, dans les sables du Cuisien;

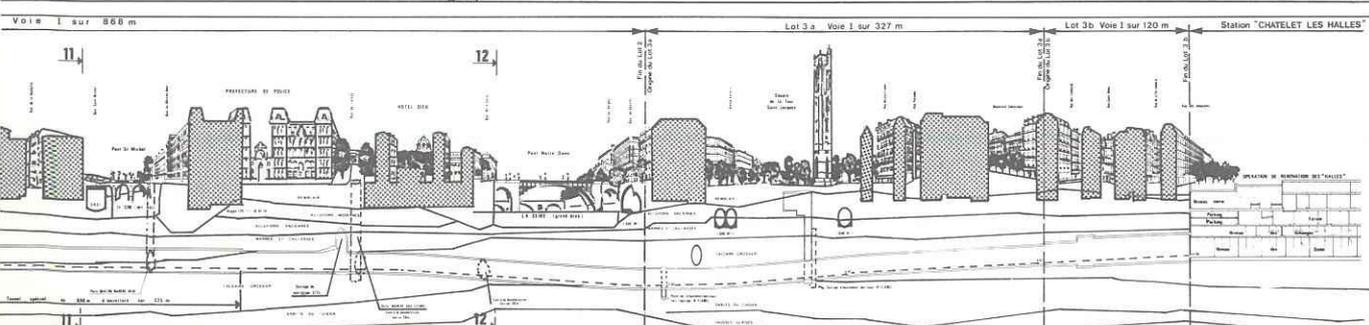
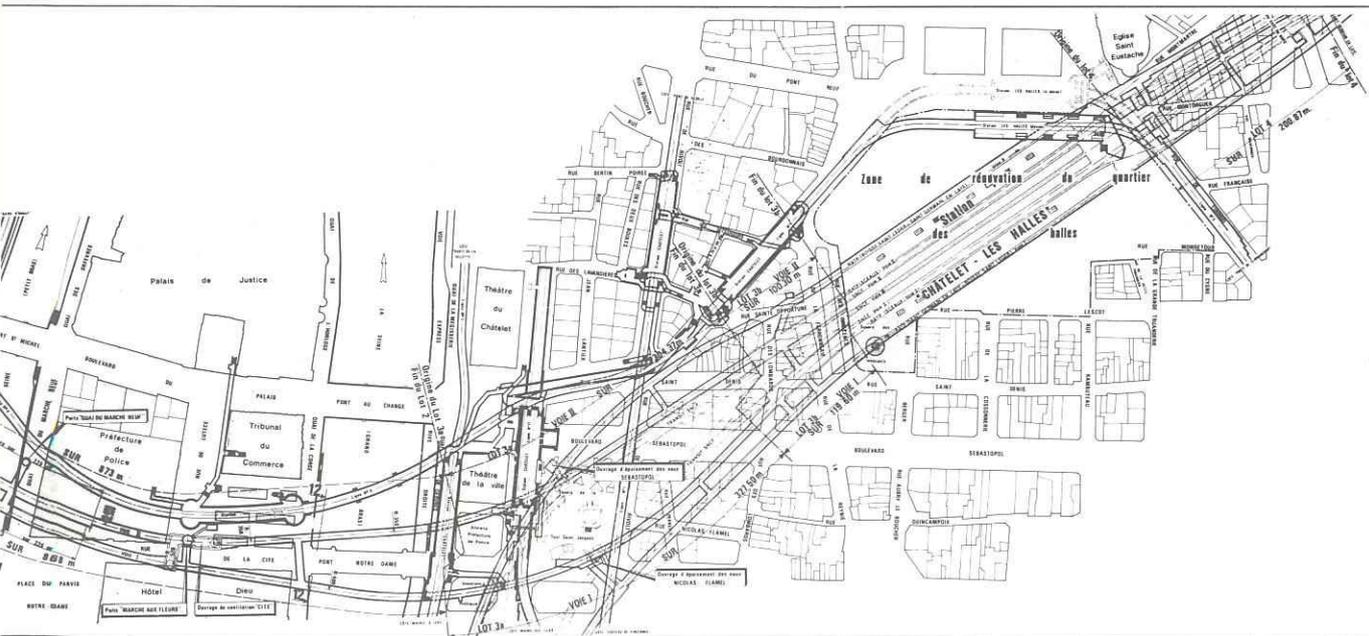
— plus au Nord, la ligne reste dans le banc calcaire jusqu'à la gare de « Châtelet - Les Halles »;

— le cul-de-sac de retournement provisoire au Nord de la gare s'inscrit intégralement dans les marnes et caillasses en raison du pendage du banc calcaire.

Les formations géologiques traversées étaient donc, dans leur ensemble, défavorables, les zones où la charge d'eau était faible étant constituées de mauvais terrains, et celles où les formations étaient plus favorables étant soumises à une forte pression d'eau.



Ci-contre et ci-dessous :  
tracé, plan et profil en long de la section  
« Luxembourg - Châtelet - les Halles »



## Travaux de gros œuvre

Nous nous bornerons ici à décrire très brièvement les caractéristiques des principaux ouvrages, leur environnement géologique, ainsi que les méthodes mises en œuvre pour les réaliser, en observant le découpage effectif en quatre lots de travaux.

## Lot 1 De l'origine Sud à la rue de l'École de médecine

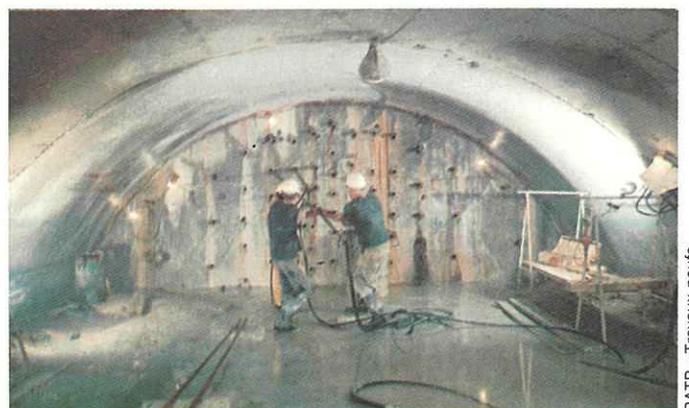
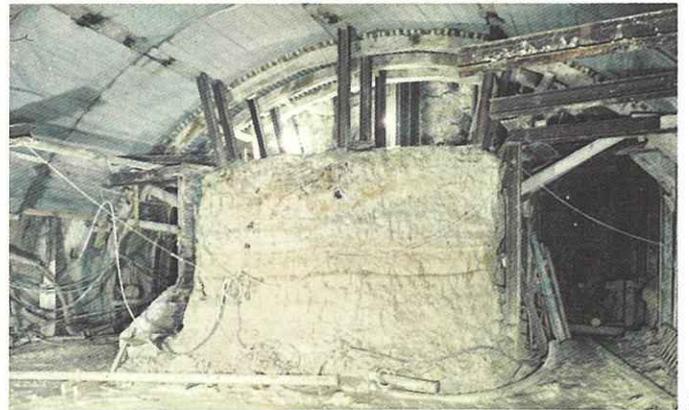
### Réaménagement de la gare du Luxembourg

Le réaménagement de l'ancienne gare du Luxembourg a été, pour le

principal, réalisé pendant les trois mois de l'été 1974 au cours desquels la gare a été fermée. Pendant cette période, le terminus de la ligne de Sceaux avait été reporté à la gare de « Port-Royal » aménagée avec un quai provisoire facilitant l'accès des voyageurs. Pendant ces trois mois, outre le remaniement total des voies déposées puis reconstituées selon le nouveau tracé et le nouveau profil, il a été procédé à l'achèvement de la construction de la mezzanine Nord d'une longueur de 33 m dont l'ossature est constituée de poutrelles enrobées.



- 1 - Lot 2 - Ouvrage spécial de raccordement de 12,50 m : vue côté « Châtelet »
- 2 - Lot 2 - Tunnel de 5,70 m élargi à 8 m en vue de la réservation de la future gare de « Pont Saint-Michel »
- 3 - Lot 2 - Ouvrage spécial de raccordement de 12,50 m : vue côté « Luxembourg »
- 4 - Lot 2 - Traitement du terrain avant terrassement
- 5 - Lot 2 - Tunnel de 5,70 m : coffrage de la demi-section inférieure
- 6 - Lot 3 - Tunnel de 5,70 m : vue générale de la machine haveuse
- 7 - Lot 3 - Front de taille après exécution de la saignée et des trous de mine
- 8 - Lot 3 - Ouvrage spécial de raccordement à la gare de « Châtelet - Les Halles » : pose de voussoirs préfabriqués
- 9 - Lot 3 - Machine haveuse : vue de l'outil



Cette mezzanine constitue la nouvelle salle des billets « Nord » dont les accès ont été améliorés : en particulier une nouvelle sortie a été créée devant le jardin du Luxembourg.

Par ailleurs, la gare du Luxembourg a été allongée vers le Sud, les quais voyageurs passant à 225 m, et une nouvelle salle des billets « Sud », dont les accès se situent sur le boulevard Saint-Michel à proximité du carrefour avec la rue de l'Abbé de l'Épée et la rue Auguste-Comte, a pu être créée, grâce à un passage en bache.

### Construction du tunnel sous l'ancien souterrain de garage

Cette section qui correspond à l'approfondissement du souterrain de garage se décompose en deux parties distinctes. Sur les 70 premiers mètres, l'approfondissement a pu être limité à une reprise classique en sous-œuvre des piédroits de l'ouvrage existant, complétée par l'exécution d'un radier. Sur les 200 m suivants, l'approfondisse-

ment devenant trop important il a été nécessaire de construire réellement un deuxième tunnel à l'abri du premier, après exécution à la base des piédroits de l'ancien souterrain d'une dalle-buton en béton armé de 0,60 m d'épaisseur.

### Tunnel à deux voies de 8,70 m d'ouverture

Il s'agit d'un tunnel de section en pseudo-fer à cheval se développant



7

© RATP - Travaux neufs

© Studio Saint-Bernard

© RATP - Travaux neufs

entre l'extrémité du cul-de-sac de l'ancien souterrain de garage et la rue de l'École de médecine, soit sur une longueur de 177 m. A l'exception de sa tête Sud où, sur 80 m environ, la clé de la voûte affleure les sables de Beauchamp, l'ouverture est entièrement dans les marnes et caillasses et ne descend au-dessous du niveau théorique de la nappe aquifère qu'à son extrémité Nord. Cette zone, de 70 m de longueur environ, a été traitée dans la partie inférieure de l'ouvrage et sous le radier sur une épaisseur de 3 m, de manière à limiter les venues d'eau.

Ce tronçon de ligne a été réalisé par demi-sections supérieure et inférieure au moyen de techniques traditionnelles hautement mécanisées; les phases d'exécution et les matériels mis en œuvre ayant été adaptés selon les conditions de travail.

## Lot 2 De la rue de l'École de médecine au quai de Gesvres

Sur toute la longueur de ce lot, les ouvrages se trouvent sous le niveau de la nappe aquifère, avec des charges d'eau pouvant dépasser 20 m sous le grand bras de la Seine. Dans ces conditions, il était nécessaire d'assurer l'essorage et l'étanchéité des terrains par un traitement approprié d'injection avant exécution du terrassement. En règle générale, les traitements ont concerné des épaisseurs de terrain au moins égales à 3 m en calottes et le long des piédroits, à 2 m en radier dans les marnes et caillasses et le calcaire grossier et à 5 m au moins dans les sables du Cuisien. les produits injectés, bentonite, ciment et gel de silice, ainsi que les méthodes d'injection ont été adaptés à la nature des terrains rencontrés.

### Ouvrage spécial de raccordement des tunnels à une et à deux voies

Il s'agit d'un ouvrage constitué par des souterrains de 10 m et 12,5 m d'ouvertures respectives qui se développe sur une longueur de 95 m environ. Il se trouve implanté sous le boulevard Saint-Michel à proximité immédiate d'une part, des immeubles qui bordent

ce boulevard côté pair, et, d'autre part, du Palais des Thermes et de l'Hôtel de Cluny.

Là encore, des méthodes d'exécution classiques par demi-sections et par petites parties, adaptées aux conditions locales, ont été mises en œuvre après traitement préalable des terrains.

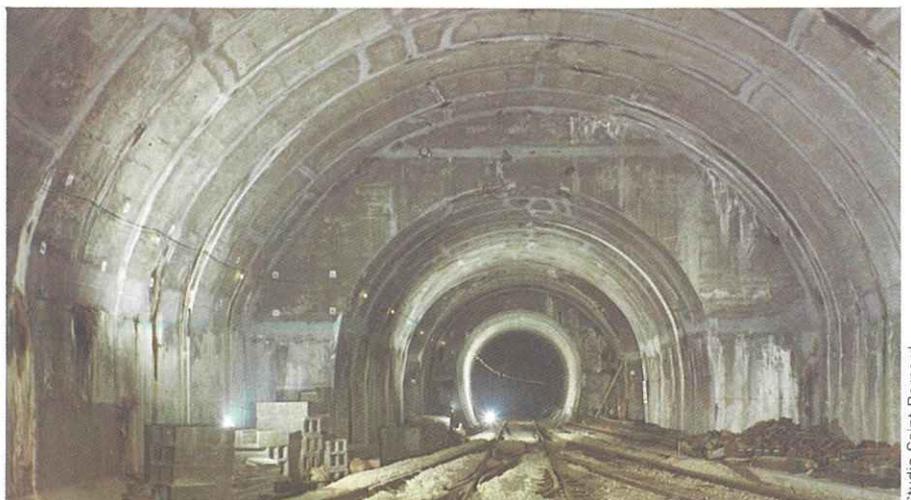
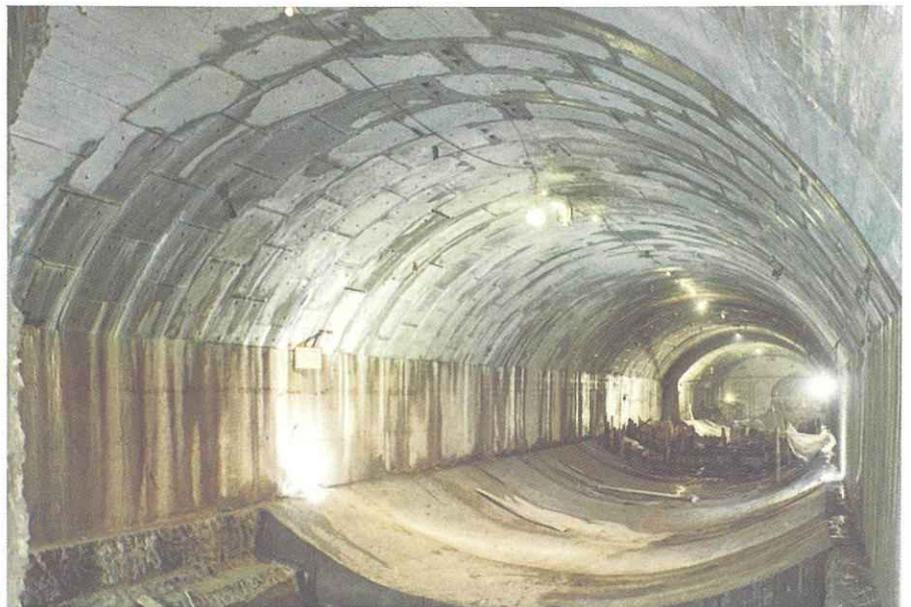
### Souterrains à voie unique entre le carrefour des boulevards Saint-Michel et Saint-Germain et le quai de Gesvres

La longueur de ce tronçon de ligne est de l'ordre de 775 m.

En partie courante, il s'agit de deux semi-circulaires de 5,70 m d'ouverture et de 6,10 m de hauteur à la clé. Entre la rue Saint-Séverin et la Préfecture de police, soit sur une longueur de 225 m, la largeur passe à 8 m en prévision de la construction ultérieure d'une gare en correspondance avec la gare SNCF de « Pont Saint-Michel » et le profil en long devient horizontal.

Dans la partie Nord de ce tronçon, les problèmes de venues d'eau revêtaient une importance primordiale et l'exécution des terrassements était tributaire

1 - Lot 3 - Vue d'ensemble de l'ouvrage de raccordement à la gare de « Châtelet - Les Halles »  
2 - Lot 4 - Ouvrage de retournement proche de la gare de « Châtelet - Les Halles »



de l'opération de traitement préalable des terrains. Un rabattement énergétique de la nappe, pouvant atteindre un débit de 100 m<sup>3</sup>/h, a permis cependant de réduire, de manière appréciable, ces traitements de terrain.

L'excavation a été effectuée en deux phases, sauf pour la traversée du grand bras de Seine, l'attaque en section supérieure étant généralement menée au moyen de machines de type « Alpine » de caractéristiques différentes suivant la dureté du terrain rencontré.

3 - Lot 3a - Traitement des sables du Cuisien à partir d'une galerie exécutée dans le calcaire  
4 - Lot 3a - Machine haveuse pour le prédécoupage du terrain suivant l'extrados du tunnel



RATP - Travaux neufs

## Lot 3 Du quai de Gesvres au tympan Sud de la gare de « Châtelet - Les Halles »

### Souterrains à voie unique entre le quai de Gesvres et la rue des Lombards

Les deux tunnels à voie unique de ce tronçon, d'une ouverture de 5,70 m, s'écartent l'un de l'autre jusqu'à un maximum d'environ 70 m, de façon à éviter la tour Saint-Jacques et à ne pas

risquer ainsi de provoquer des désordres dans la structure de ce monument du XVI<sup>e</sup> siècle. Ces deux tunnels se développent sur une longueur moyenne de 320 m environ dans le banc des calcaires grossiers, mais sur près de 150 m à proximité de la Seine, leur radier avoisine ou recoupe le toit des sables du Cuisien, ce qui a nécessité un traitement particulièrement soigné.

Sur ce tronçon ainsi que pour le passage sous le grand bras de la Seine, le terrassement, accompagné d'un épuisement des venues d'eau, a été réalisé à pleine section à l'aide d'une machine « Alpine » à « tête brouteuse articulée ».

### Ouvrage spécial de raccordement à la gare de « Châtelet - Les Halles »

Il s'agit schématiquement de deux tunnels de 12 m d'ouverture, régissant sur une longueur voisine de 100 m et qui devront permettre ultérieurement l'insertion des voies de transit SNCF en provenance de la gare de Lyon.

Le terrassement a été effectué à l'explosif, après prédécoupage à la scie du terrain suivant l'extrados du tunnel, désolidarisant le terrain à abattre et limitant de ce fait la propagation des vibrations. La voûte a été ensuite construite au moyen de voussoirs préfabriqués articulés entre eux, suivant un procédé déjà utilisé pour les grandes gares de la ligne Est-Ouest.

Ces ouvrages sont entièrement compris dans le banc calcaire, la clé des voûtes se trouvant à une douzaine de mètres sous les fondations des immeubles. Cependant, la proximité des marnes et caillasses, à 1,20 m environ de l'extrados de la voûte, a imposé le traitement de ces formations.

## Lot 4 Ouvrage de retournement des trains

Situés au Nord de la gare de « Châtelet - Les Halles », les ouvrages du lot 4 destinés au retournement des trains cheminent le plus généralement en tréfonds d'immeubles, de la rue Turbigo à la rue Étienne Marcel sur une longueur de 200 m environ. Ces ouvrages,

# LES TRAVAUX DE GROS ŒUVRE DE LA SECTION "FONTENAY-SOUS-BOIS NOISY-LE-GRAND MONT D'EST"

d'une ouverture de 13,50 m, puis 5,70 m, sont implantés en totalité dans les marnes et caillasses et entièrement immergés sous le niveau de la nappe aquifère.

Les travaux d'excavation ont été précédés d'un traitement systématique des sols par injection, de manière à combattre toute décompression susceptible d'entraîner des désordres sur les ouvrages voisins existants. Les travaux de génie civil ont fait appel à des procédés de construction traditionnels spécialement adaptés et opérant par demi-sections.

En particulier l'exécution du souterrain de 13,5 m d'ouverture situé immédiatement au Nord de la gare de « Châtelet - Les Halles » a réclamé des précautions supplémentaires du fait de ses dimensions et de la difficulté exceptionnelle du site (franchissement à faible profondeur sous la ligne n° 4 du métro maintenue en exploitation et à proximité immédiate de l'église Saint-Eustache). Les piédroits ont été construits à partir de galeries latérales préalablement excavées avant exécution de la voûte.

---

## Conclusion

---

Rendus très difficiles du fait de leur passage dans des formations aquifères sous une charge d'eau généralement forte ainsi que de la proximité de nombreux immeubles et monuments, les travaux de génie civil du prolongement de la ligne de Sceaux à Châtelet - Les Halles qui auront demandé environ trois années d'efforts permettront, en décembre 1977, par une mise en service simultanée avec celle du tronçon central de la ligne Est-Ouest et de la ligne de Marne-la-Vallée, la création d'un véritable réseau régional.

Parmi les urbanisations nouvelles projetées par le schéma directeur d'aménagement et d'urbanisme de la région parisienne, la zone située à l'Est de Paris comporte essentiellement un ensemble d'agglomérations réparties linéairement sur le plateau qui constitue la rive Sud de la Marne. En phase ultime, il est prévu de créer quatre noyaux d'urbanisation échelonnés de Noisy-le-Grand à la vallée du Grand Morin suivant un axe parallèle à la Marne. Cet ensemble, dénommé « Ville nouvelle de Marne-la-Vallée », devrait compter dès 1985, 250 000 habitants.

Pour la desserte ferroviaire de ces agglomérations, le schéma directeur d'urbanisme a prévu une ligne d'orientation générale Est-Ouest s'embranchant à Fontenay-sous-Bois sur la ligne du RER de Boissy-Saint-Léger qui sera alors exploitée en fourche.

Le schéma de principe de cette ligne a été pris en considération par le Syndicat des transports parisiens le 17 juin 1971 pour l'ensemble de son tracé entre Fontenay-sous-Bois et Torcy.

Le projet était divisé en deux tronçons. Sur le premier, de Fontenay-sous-Bois à Noisy-le-Grand - Mont d'Est, qui sera mis en service le 8 décembre prochain, les travaux ont commencé en 1973. Sur le second, de Noisy-le-Grand - Mont-d'Est à Torcy, les travaux ont débuté cette année en vue d'une mise en service en 1980.

---

## Description générale de la ligne

---

Ce premier tronçon se développe sur une longueur de 8 553 m depuis son origine, située entre les gares de « Vincennes » et de « Fontenay-sous-Bois » au PK 31,520 de la ligne de Boissy-Saint-Léger, soit 700 m environ avant l'entrée de la gare actuelle de « Fontenay-sous-Bois », et l'extrémité des ouvrages d'arrière-gare de Noisy-le-Grand - Mont d'Est.

Le tracé de cette nouvelle ligne, d'orientation générale Ouest-Est, intéresse les départements du Val-de-Marne et de la Seine-Saint-Denis (voir plan).

Pour desservir l'ensemble des agglomérations traversées, quatre gares sont prévues :

- la première, « Val de Fontenay », assure la correspondance avec la ligne SNCF « Paris - Gretz » et la desserte de la ZUP de Fontenay-sous-Bois;
- la deuxième, « Neuilly-Plaisance », porte le nom de la ville qu'elle dessert; elle est située dans la zone de rénovation de la Maltournée, en bordure de la route nationale 34;
- la troisième, « Bry-sur-Marne », s'intègre parfaitement dans un tissu pavillonnaire en contrebas de la ligne de grande ceinture SNCF;
- la gare de « Noisy-le-Grand - Mont d'Est » sera le terminus provisoire de cette ligne. Elle est placée au cœur de la ZAC du centre urbain régional, origine de la ville nouvelle de Marne-la-Vallée. Cette gare enterrée laisse en surface un espace libre sur lequel sont installés un centre commercial et une gare autoroutière.

---

## Description générale des ouvrages

---

L'ensemble des travaux de génie civil a fait l'objet de techniques et de méthodes d'exécution différentes allant des parois moulées, fouilles berlinoises, travaux souterrains, plate-forme en remblai, jusqu'aux ouvrages d'art en béton précontraint.

La diversité des constructions liée aux conditions locales d'environnement et à la géologie a conduit à découper la ligne en treize lots d'adjudication (voir plan et profil en long).

Nous en résumons, ci-après, les caractères principaux.

par Pierre François

Ingénieur en chef adjoint, chef du service des travaux souterrains 2 à la Direction des travaux neufs

## Lot 1

Il intéresse l'embranchement de la ligne nouvelle avec la ligne existante de Boissy-Saint-Léger, sur le territoire de la commune de Fontenay-sous-Bois. Long de 825 m, il comprend les ouvrages suivants :

- une plate-forme à deux voies au niveau du sol naturel, de 80 m de longueur et de largeur variable;

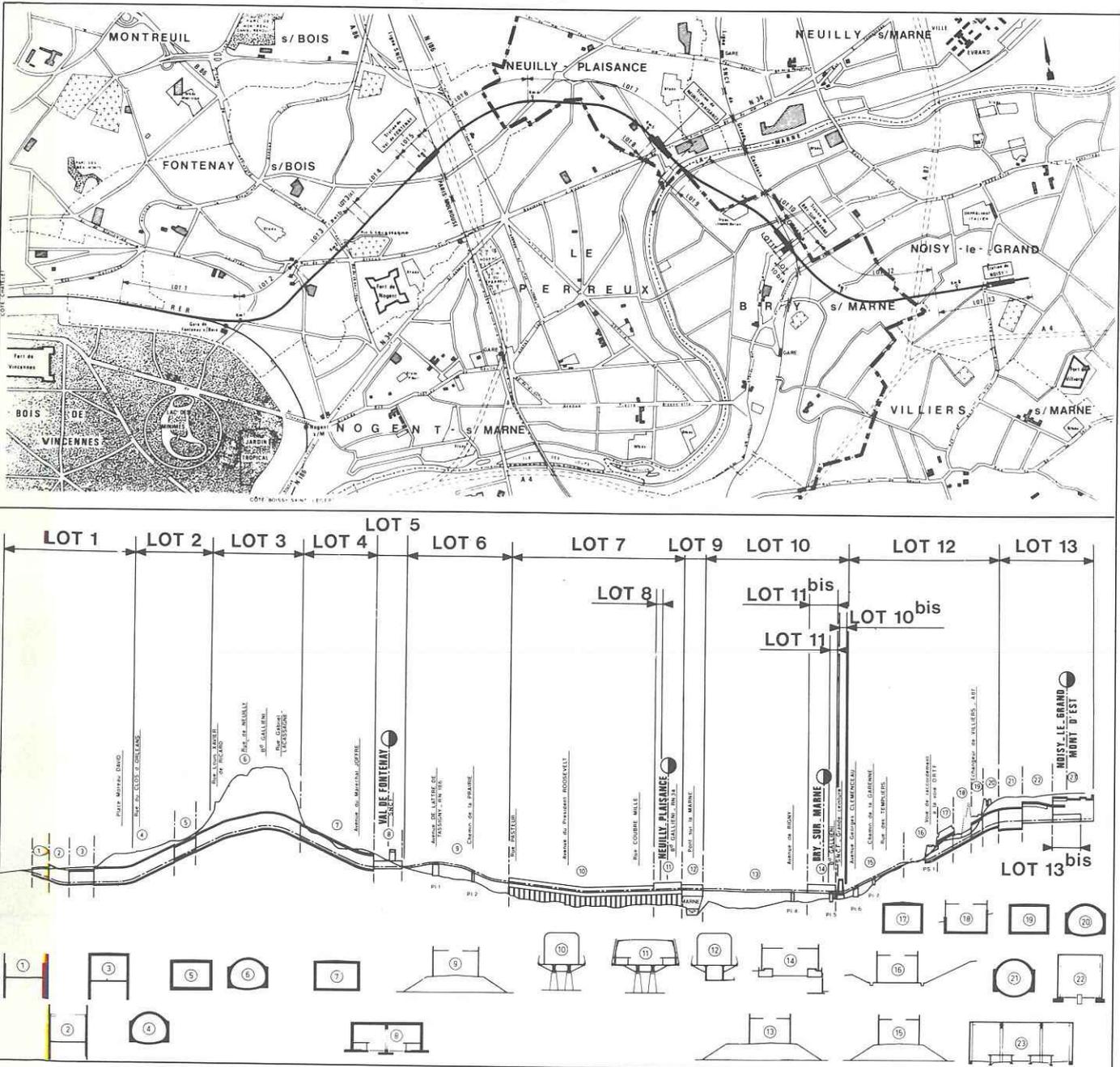
- une trémie, longue de 264 m et de 8,70 m d'ouverture, qui a nécessité d'importants travaux de soutènement du terrain en bordure d'une des voies de la ligne de Boissy-Saint-Léger maintenue en exploitation.

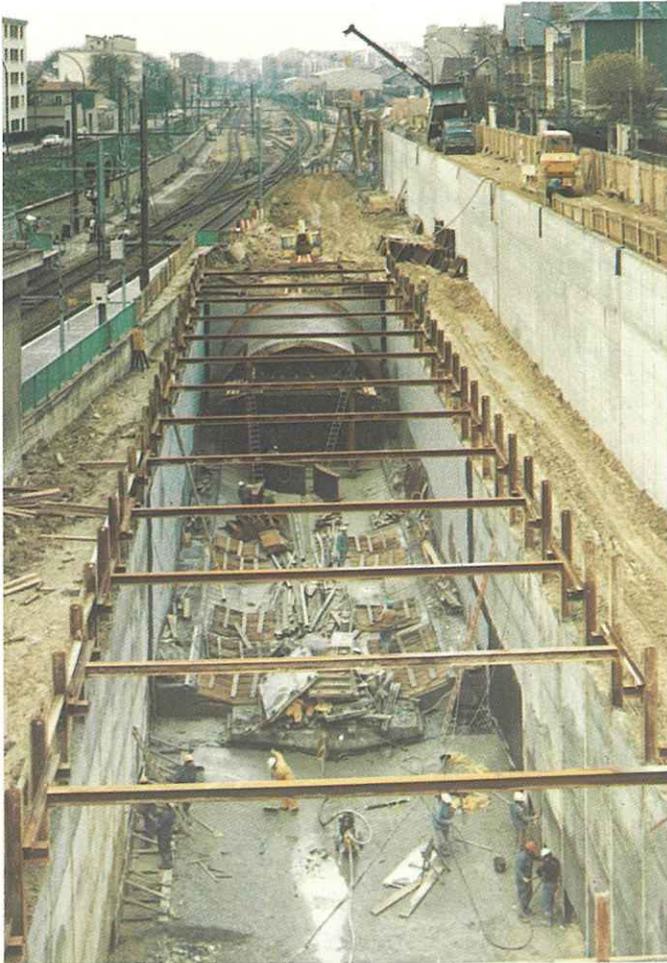
Au début du lot, ces ouvrages sont constitués par des murs de soutènement de faible hauteur réalisés à l'abri d'une paroi berlinoise, puis par des parois moulées dans le sol, libres en

tête sur 40 m, et enfin par des parois moulées maintenues en tête par une rangée de butons en béton armé sur 170 m;

- la fin du lot est constituée d'ouvrages enterrés comprenant sur 189,50 m des parois moulées maintenues en tête par une dalle en béton armé supportant les voies de la ligne de Boissy-Saint-Léger et d'un souterrain voûté réalisé à ciel ouvert à l'abri d'une paroi berlinoise sur 291,50 m;

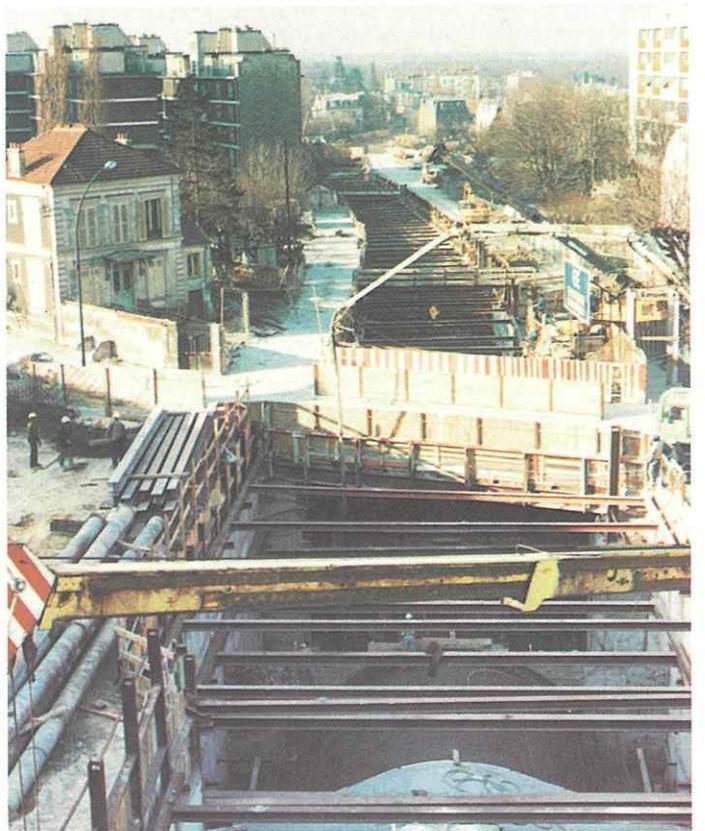
Plan et profil en long de la section « Fontenay-sous-Bois - Noisy-le-Grand - Mont d'Est »





**DÉBRANCHEMENT DE FONTENAY-SOUS-BOIS**

- Ci-contre et ci-dessous : lots 1 et 2 - Souterrain voûté exécuté à l'abri de parois de type « berlinois »
- En bas : lot 1 - Exécution des parois moulées



— des ouvrages annexes, d'épuisement des eaux et d'aération ainsi qu'une galerie technique reliant l'ancienne et la nouvelle ligne. Par ailleurs, il faut noter la construction d'un mur de soutènement de 7 m de hauteur sur 231 m de longueur, réalisé à l'abri d'un écran de terre épinglée par des réseaux de pieux « aiguilles ».

## Lot 2

Il consiste en la réalisation, à ciel ouvert à l'abri d'une paroi berlinoise, d'un ouvrage à deux voies de 8,70 m d'ouverture sur une longueur de 609,88 m.

Le tunnel est de type voûté sur les 335 premiers mètres, puis en forme de cadre rectangulaire en béton armé sur 168 m pour se terminer par un ouvrage voûté sur les 106,88 m restants.

Dans ce lot, ont été réalisés :

- un poste de redressement relié au souterrain par une galerie de câbles;
- un ouvrage d'aération naturelle;
- une aire de stockage de matériel d'entretien.

## Lot 3

Il s'agit de la traversée souterraine de la butte de Fontenay-sous-Bois par un tunnel à deux voies de 8,70 m d'ouverture et d'une longueur totale de 707,77 m.

Ce lot est divisé en trois parties correspondant à la réalisation des deux têtes de tunnel et au souterrain proprement dit.

### Lot 3a

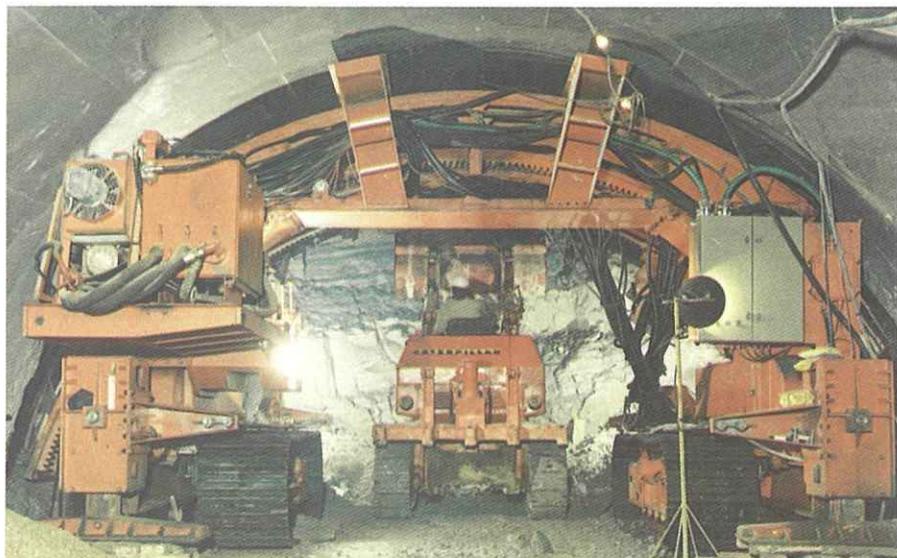
Il intéresse la construction de la tête de tunnel côté « Châtelet » et comprend, sur 24 m de longueur, l'exécution de l'ouvrage à ciel ouvert à l'abri d'une berlinoise et sur 41 m, la réalisation du tunnel en souterrain par les méthodes traditionnelles. Il faut noter que sur une longueur de 30 m, à proximité d'un immeuble récent aux fondations très superficielles, la voûte a été construite à l'abri d'une protection en « parapluie » constituée par des tubes métalliques de soutènement horizontaux situés à l'extrados de l'ouvrage.

### Lot 3b

Il consiste à construire l'ouvrage à deux voies, en souterrain sur 552,77 m, sous la colline de Fontenay proprement dite.

Ce lot, particulièrement délicat, a fait l'objet d'une méthode d'exécution particulière permettant de conserver l'intégralité des constructions vétustes existant

tant au niveau du sol. Cette méthode a consisté à réaliser la voûte de l'ouvrage à l'abri d'une coque en béton coulé dans le terrain en place préalablement découpé par une machine spéciale mise au point pour ce chantier. Le revêtement définitif comprenant la voûte, les piédroits et le radier a ensuite été exécuté suivant la méthode traditionnelle.



### Lot 3c

Il concerne la réalisation de l'autre tête de tunnel, côté « Noisy ». Long de 90 m, il comprend l'exécution, sur 40 m, de l'ouvrage à ciel ouvert à l'abri d'une paroi berlinoise et, sur 50 m, la construction du tunnel en souterrain.

### Lot 4

Il intéresse l'ouvrage cadre de 8,70 m d'ouverture réalisé dans la ZUP de Fontenay-sous-Bois sur une longueur de 590 m. Sa construction à ciel ouvert, dans une fouille talutée, s'est faite sans difficulté.

### Lot 5

Il s'agit de la gare semi-enterrée de « Val de Fontenay », d'une longueur de 235 m; elle est la première gare de cette nouvelle ligne.

Le bâtiment des voyageurs, implanté au niveau du sol, est de forme décagonale. Il jouxte une aire de loisirs et de sports, engazonnée et plantée d'arbres. Un toit à corne confirme le style « pagode » qui singularise cette gare.

*En haut : lot 3c - Tête du tunnel côté « Noisy »  
Au centre : lot 5 - Gare de « Val-de-Fontenay »  
En bas : lot 4 - ZUP de Fontenay-sous-Bois : souterrain cadre*



## Lot 6

D'une longueur de 831,55 m, il comprend essentiellement :

- une plate-forme en remblai de largeur variable de 13,58 m à 12,30 m;
- un passage inférieur à trois travées, de 47,50 m de longueur totale assurant le franchissement de la RN 186;
- un passage inférieur à travée unique de 12 m de portée réalisé au-dessus du chemin de la Prairie.

## Lot 7

Cet ouvrage, d'une longueur totale de 1 367,30 m, est constitué par un viaduc ferroviaire à deux voies en béton précontraint; il est composé de onze viaducs élémentaires hyperstatiques de longueur variant entre 101 et 133 m.

Le tablier est du type « poutre caisson », de forme trapézoïdale de 2 m de hauteur et 11 m de largeur en partie courante, réalisée à l'aide de voussoirs

préfabriqués à joints conjugués.

Sur les 228 derniers mètres, il s'élargit à 16 m pour recevoir les deux quais de la gare de « Neuilly-Plaisance ». Ce tablier s'appuie sur des piles de 6 m de hauteur reposant sur des semelles en béton armé. Les fondations sont constituées par des barrettes en paroi moulée.

Le profil en long de l'ouvrage a été déterminé de façon à dégager un gabarit de 4,50 ou 4,85 m au-dessus des voies routières.

Ouvrage le plus important de la section au point de vue impact sur l'environnement, le viaduc a fait l'objet d'études détaillées associant dès l'origine un bureau d'études et un architecte aux ingénieurs de la Régie des diverses disciplines intéressées, acoustique notamment, avec trois préoccupations importantes : la transparence, c'est-à-dire, le maintien à un niveau raisonnable de la gêne visuelle et le respect des circulations, l'esthétique, et la protection des riverains contre le bruit.

*Ci-contre : lot 6 - Franchissement de la RN 186  
Ci-dessous : vue générale des lots 6 et 7*



Les piles, par leur recherche de forme et d'aspect, témoignent du souci d'insertion dans le site urbain, de même que leur implantation, à l'espacement d'une trentaine de mètres, qui respecte au mieux la transparence par un compromis entre le nombre des appuis et l'épaisseur du tablier. Celui-ci possède un aspect défilé grâce à une section transversale en forme de trapèze qui réduit son épaisseur apparente. Cet effet est renforcé par la présence sur chaque côté d'une pièce en forme de bouclier jouant principalement le double rôle de garde-corps et d'écran phonique, réalisée en béton blanc, qui attire l'œil de l'observateur tandis que le reste du tablier, plus foncé, est dans l'ombre.

Lot 7 - Vue du Viaduc (remarquer les écrans latéraux)



## Lot 8

Ce lot constitue la gare de « Neuilly-Plaisance »; celle-ci est implantée dans la zone de rénovation de la Maltournée en bordure de la RN 34 et de la Marne.

Le bâtiment des voyageurs est situé sous le tablier du viaduc. Les gaines d'accès aux quais sont constituées de consoles creuses inclinées renfermant les escaliers fixes et mécaniques; cette ossature monolithique, isolée du viaduc et autostable par rapport à son appui au niveau du sol, est en béton armé.

Les quais de la gare sont construits en superstructure du tablier du viaduc, ils seront couverts sur 80 m.

## Lot 9

Il s'agit d'un pont à trois travées solidaires de 48,75 et 38 m de portée reposant sur deux culées et deux piles fondées sur des pieux. Les piles, implantées en bordure de la Marne, ont été réalisées à l'abri de batardeaux. La culée rive droite est contiguë à la gare de « Neuilly-Plaisance ». L'ouvrage comprend en outre une passerelle piétons accolée au tablier. Ce tablier de hauteur constante, égale à 3,85 m, est du type poutre-caisson en béton précontraint et voussoirs préfabriqués de conception analogue à celle du viaduc (lot 7). Son traitement architectural est identique à celui du viaduc afin d'assurer le meilleur défilement des deux ouvrages.

*Ci-contre : lot 7 - Portique de mise en place des voussoirs préfabriqués*

*Ci-dessous : lot 7 - Pose des voussoirs au-dessus de la RN 34*



## Lot 10

D'une longueur de 1 125,20 m, il comprend :

- une plate-forme en remblai ayant une largeur de 12,30 m en tête; un parc de voies établi, lui aussi en remblai, est situé dans un quadrilatère délimité par la ligne SNCF de grande ceinture, l'emprise du RER, le boulevard Gallieni et l'avenue de Rigny. Un embranchement est prévu sur les voies SNCF afin de desservir ce parc;
- un ouvrage voûté de 4 m d'ouverture, réalisé dans le remblai, permettant la liaison des deux parties du stade Léopold-Bellan;
- un pont assurant au métro le franchissement de l'avenue de Rigny; cet ouvrage comporte deux tabliers distincts de 12 m de portée, l'un supportant les voies courantes, l'autre la voie de desserte du parc des voies;
- un poste de redressement implanté au début du lot 10, en bordure de la rue du 26 Août 1944.



RATP - Travaux neufs



En haut : lot 9 - Pont sur la Marne  
Ci-contre : lot 8 - Gare de « Neuilly-Plaisance »  
Ci-dessous : vue générale des lots 7, 8 et 9



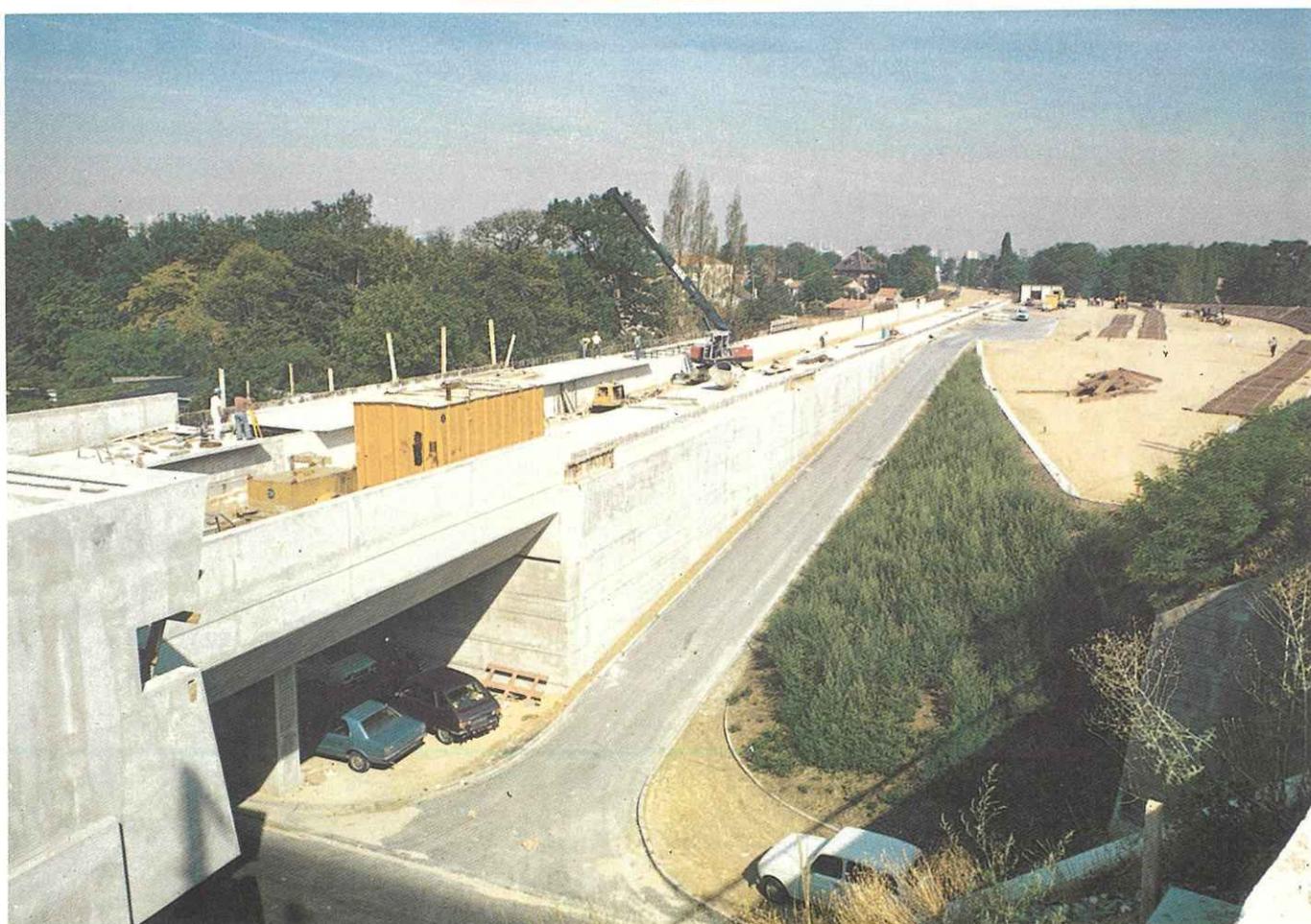
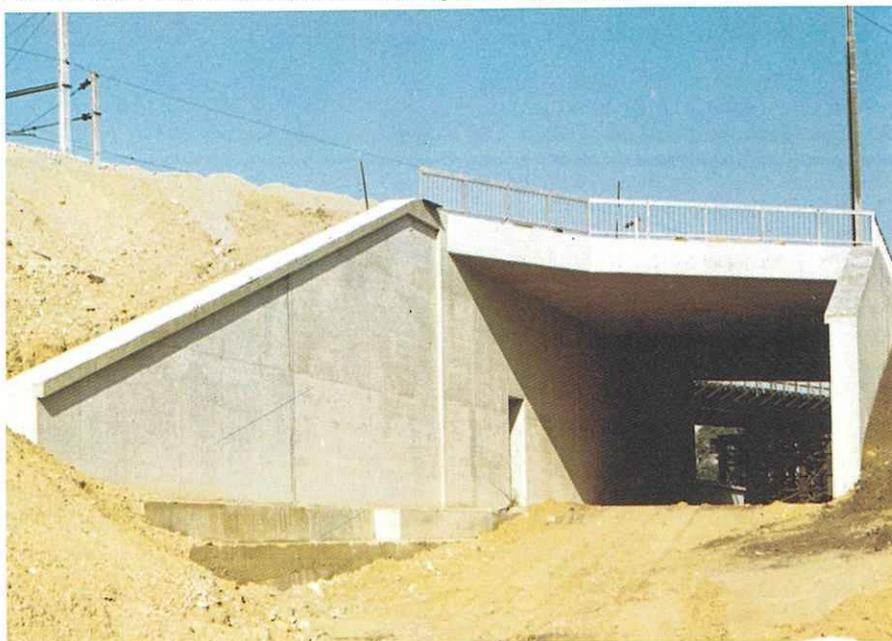
Photos Baranger

## Lot 11 bis

Il comprend :

- la construction des quais de la gare de « Bry-sur-Marne » sur une longueur de 225 m; leur largeur est de 4 m. Ils sont établis sur le remblai du lot 10;
- l'exécution des escaliers d'accès aux quais et un passage souterrain de 4 m de largeur; ces ouvrages servent de soutènement au remblai du lot 10;
- divers locaux techniques nécessaires à l'exploitation des installations;
- un mur de soutènement en béton architectural de 83 m de longueur et de 5,50 m de hauteur; situé en bordure de la place du Havre, il permet d'assurer la continuité de l'avenue de Reims et de supporter la plate-forme des voies ainsi qu'une partie des quais de la gare;
- un ouvrage d'art enjambant le boulevard Gallieni. Celui-ci est constitué par un tablier, à deux travées de 7 et 11 m supportant les voies ferrées, encadré par deux caissons en béton armé assurant la continuité des quais de la gare.

*Ci-dessous : lot 10 bis - Ouvrage de franchissement de la ligne de grande ceinture SNCF  
En bas : lots 10 et 11 bis - Parc du service de la voie et gare de « Bry-sur-Marne »*



## Lot 11

Il intéresse la réalisation du bâtiment des voyageurs et l'aménagement des quais de la gare de « Bry-sur-Marne ».

L'ensemble s'intègre parfaitement dans un ensemble de construction du type pavillonnaire.

La recherche architecturale naît de l'opposition entre les divers traitements du béton de structure : parements cannelés moulés puis ébréchés au marteau pour les murs extérieurs, conservés nus pour les annexes. La couverture ondulée du bâtiment des voyageurs est constituée de grands éléments en acier préoxydé.

## Lot 10 bis

L'ouvrage constituant le lot 10 bis permet le franchissement, par dessous, de la ligne de grande ceinture SNCF. Il comprend :

- un cadre en béton armé de 8,70 m d'ouverture et de 43,70 m de longueur supportant les voies SNCF;
- des murs en retour maintenant le remblai de la ligne de grande ceinture.

Il faut noter que pendant l'exécution de l'ouvrage définitif, une déviation provisoire des voies SNCF a été réalisée sur 320 m environ à l'aide de tabliers auxiliaires reposant sur des palées anglaises et de remblais assurant le raccordement avec la plate-forme existante.

## Lot 12

Ce lot d'une longueur totale de 1 181 m comprend :

- une plate-forme en remblai de

12,30 m de largeur en tête réalisée sur 458 m de longueur; cette plate-forme est interrompue par deux ouvrages d'art;

- un passage inférieur de l'avenue Georges Clemenceau constitué par un ouvrage en béton armé à trois travées continues, composé de deux tabliers distincts; les travées ont respectivement pour longueur 6,70 m, 16 m et 7,60 m;
- un passage inférieur du chemin de la Garenne; cet ouvrage se compose principalement d'un cadre en béton armé de 8 m d'ouverture;

- une plate-forme en déblai ayant une largeur de 15 m en partie courante, qui prend fin à hauteur du passage supérieur de la rue Léon Menu;

- un passage supérieur, de la rue Léon Menu prolongée, en forme de portique en béton armé reposant sur des semelles, d'une ouverture de 8,70 m;

- une alternance de murs de soutènement avec radier ayant la forme de U et de cadres rectangulaires; l'ouverture de ces ouvrages réalisés en béton armé est de 8,70 m; la longueur totale cumulée de ces ouvrages est de 213 m pour le cadre et de 178 m pour les murs de soutènement;

- un souterrain voûté de 8,70 m d'ouverture et de 123 m de longueur réalisé à ciel ouvert à l'abri d'une berlinoise.

## Lot 13

Les ouvrages constituant le lot 13 sont établis en souterrain de la ZAC du centre urbain régional. Réalisés à ciel ouvert sur une longueur de 745,24 m, ils comprennent :

- un souterrain voûté de 8,70 m d'ouverture sur 186,30 m faisant suite à l'ouvrage du lot 12;

- un souterrain rectangulaire sur 105,31 m, de largeur intérieure variable de 8,70 m à 14,86 m;

- un souterrain rectangulaire sur 130,53 m, de section constante et de 23,60 m d'ouverture; il comprend la zone des appareils de voies et fait la transition entre les parties à deux et trois voies;

- l'ouvrage d'arrière-gare constitué par un souterrain rectangulaire de 23,60 m d'ouverture et 98 m de longueur.

L'ensemble des ouvrages de forme rectangulaire a été réalisé en béton armé.

## Lot 13 bis

Il concerne la gare de « Noisy-le-Grand - Mont d'Est » proprement dite. Longue de 225 m et large de 23,60 m, elle comporte deux quais centraux de 6,40 m de largeur desservant les trois voies.

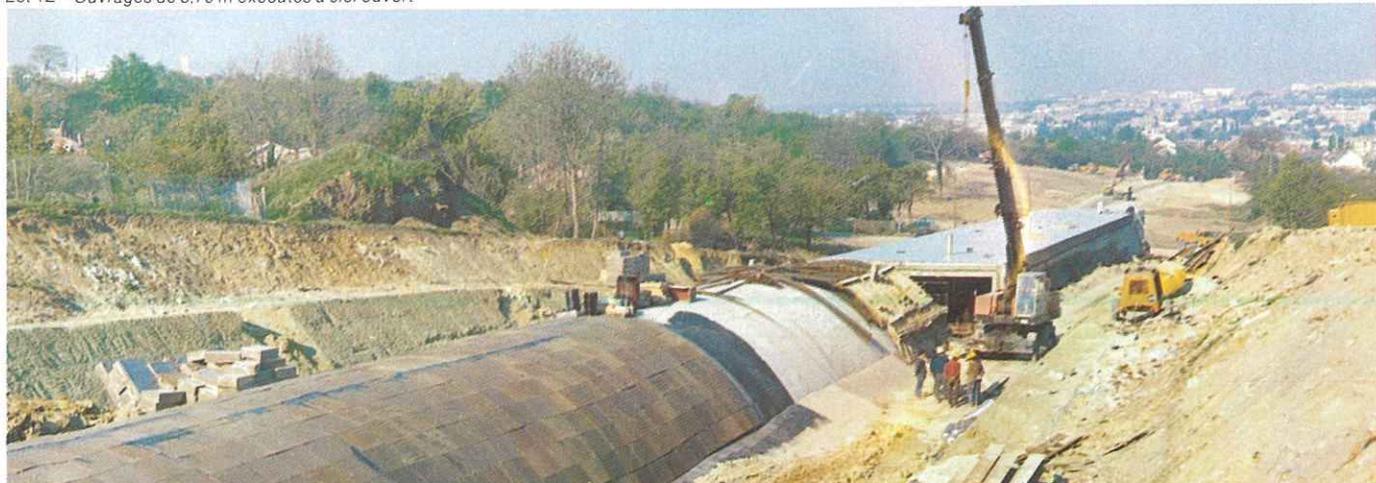
Une mezzanine intermédiaire est en communication avec les quais et le niveau du sol par des escaliers fixes et mécaniques.

\*  
\*\*

Les travaux de génie civil, commencés au mois d'octobre 1973, ont été terminés au mois de juin 1977 dans les délais prévus.

La maîtrise d'œuvre de l'ensemble de la ligne a été assurée par la Régie à l'exception du lot 4 confié à la Société d'aménagement et d'équipement de la région parisienne, du lot 9, au Service de la navigation de la Seine et du lot 13, à l'Établissement public pour l'aménagement de la ville nouvelle de Marne-la-Vallée.

Lot 12 - Ouvrages de 8,70 m exécutés à ciel ouvert



# LES GRANDES GARES SOUTERRAINES DU RER

par Marius-Jean Belin

Ingénieur en chef, chef du service de l'aménagement des accès et des stations à la Direction des travaux neufs

Les voyageurs qui, dès la fin de l'année 1977, emprunteront le RER pour traverser Paris d'Est en Ouest, ne seront peut-être pas tout à fait conscients des efforts qui durent être conjugués pour leur permettre d'effectuer ce voyage.

L'ensemble de cette réalisation a été, en effet, marqué par le souci de tous ceux qui ont participé à sa mise en œuvre, de concilier les impératifs parfois contradictoires de la technique et de l'architecture, liées aux aménagements décoratifs; et c'est en particulier, dans la construction des gares de « Châtelet-Les Halles » et de « Gare de Lyon », points de rencontre des principales lignes du métro et du RER, que cette dualité est la plus évidente.

La conception des stations doit, en effet, dans tous les cas, répondre à une double finalité :

- intégrer dans les volumes existants, limités par les impératifs d'implantation dans le site et les contraintes de génie civil, tous les éléments nécessaires à une bonne exploitation;
- faire de ces volumes un ensemble architectural cohérent, fonctionnel et confortable, où toutes les installations sont parfaitement adaptées au service du public.

En architecture traditionnelle, les notions esthétiques et fonctionnelles sont indissolublement liées, mais l'architecte a la possibilité de moduler l'espace, la liberté de créer des volumes adaptés aux fonctions, et de leur donner les formes de son choix.

Dans le métro par contre, bien que les études architecturales soient traitées en coopération étroite avec le génie civil, les espaces et les volumes sont comptés et rigides.

L'architecte doit donc, à l'intérieur de ceux-ci, réaliser une nouvelle distribution de l'espace pour donner à la station des formes et des proportions à l'échelle humaine.

## Châtelet - Les Halles

Placée au centre de la capitale et inscrite dans les ouvrages de rénovation du quartier des Halles — dont elle occupe de vastes espaces souterrains — la gare de « Châtelet - Les Halles » est le point géométrique de convergence des artères principales, tant de l'urbanisme superficielle que souterrain. Elle

sera, en effet, le point de rencontre des lignes RER Est-Ouest (de Saint-Germain-en-Laye à Boissy-Saint-Léger) et Sud-Nord (ligne de Sceaux prolongée à la gare du Nord) permettant, grâce à l'interconnexion, une liaison directe avec les lignes SNCF des banlieues Nord et Sud-Est. Quatre lignes du métro (lignes n<sup>os</sup> 1, 4, 7, 11) seront également reliées par des correspondances à la gare.

Elle comprend deux niveaux principaux :

- celui des quais, de 325 m de longueur et 80 m de largeur, comportant quatre quais et sept voies parallèles où convergent toutes les lignes du RER;
- au-dessus, celui des échanges, vaste salle de correspondance de plus de 9 000 m<sup>2</sup>, reliée aux quais par de nombreux escaliers mécaniques, destinés à assurer les correspondances d'un quai à l'autre. De larges dégagements mécanisés donnent accès au métro ou relient la gare aux étages supérieurs du forum ainsi qu'à l'extérieur.

L'enveloppe spatiale déterminée, et les données fonctionnelles ainsi définies, il convenait d'ordonner les éléments constitutifs pour faire un ensemble harmonieux.

Voies et quais de la gare de « Châtelet - Les Halles »



Par suite de nombreuses contraintes rencontrées dans l'élaboration du projet, l'étude architecturale fut partiellement ardue, et les aménagements difficiles.

En effet, pour des raisons techniques impératives, les hauteurs libres réservées aux ouvrages de la RATP furent très réduites (2,90 m sous poutres fut retenue pour la salle des échanges) sans qu'il soit possible de réserver un étage technique intermédiaire. Les fortes surcharges des ouvrages et les dispositions des plans donnèrent des poteaux aux formes disparates. Enfin, la présence de nombreux obstacles, gaines de ventilation, chemins de câbles, etc., ne fit qu'aggraver le problème.

Au niveau des quais de la gare, le plafond surbaissé éclairant, réalisé en tôle d'acier laquée en blanc, dissimule tous les éléments techniques encombrants. Il matérialise par sa continuité l'élément décoratif de liaison indispensable. Ponctuellement, des ouvrages de maçonnerie, porteurs du mobilier, enclouent les escaliers. Revêtus de céramique bleue, orange ou blanche, selon les dominantes de l'étage supérieur, ils constituent la base décorative de ce niveau.

Dans la salle d'échanges, pour lutter contre l'impression d'écrasement que risquaient de provoquer les proportions d'un tel volume, de 2,90 m de hauteur et de près d'un hectare de superficie, il fut imaginé de grouper tous les éléments techniques près des poteaux et des escaliers voisins, et d'envelopper ces ensembles par des volumes cylindriques ou lunules. Dans le même esprit, les murs du pourtour furent composés selon des courbes et contre-courbes. Le revêtement céramique, qui compose la dominante décorative de l'ensemble de



la salle, a été étudié de telle sorte qu'il constitue une présignalétique pour les voyageurs. L'un des longs côtés est composé dans une gamme de couleurs chaudes : dégradés d'orange. L'autre est un camaïeu de tons froids allant du bleu au vert et passant par des dégradés de violet.

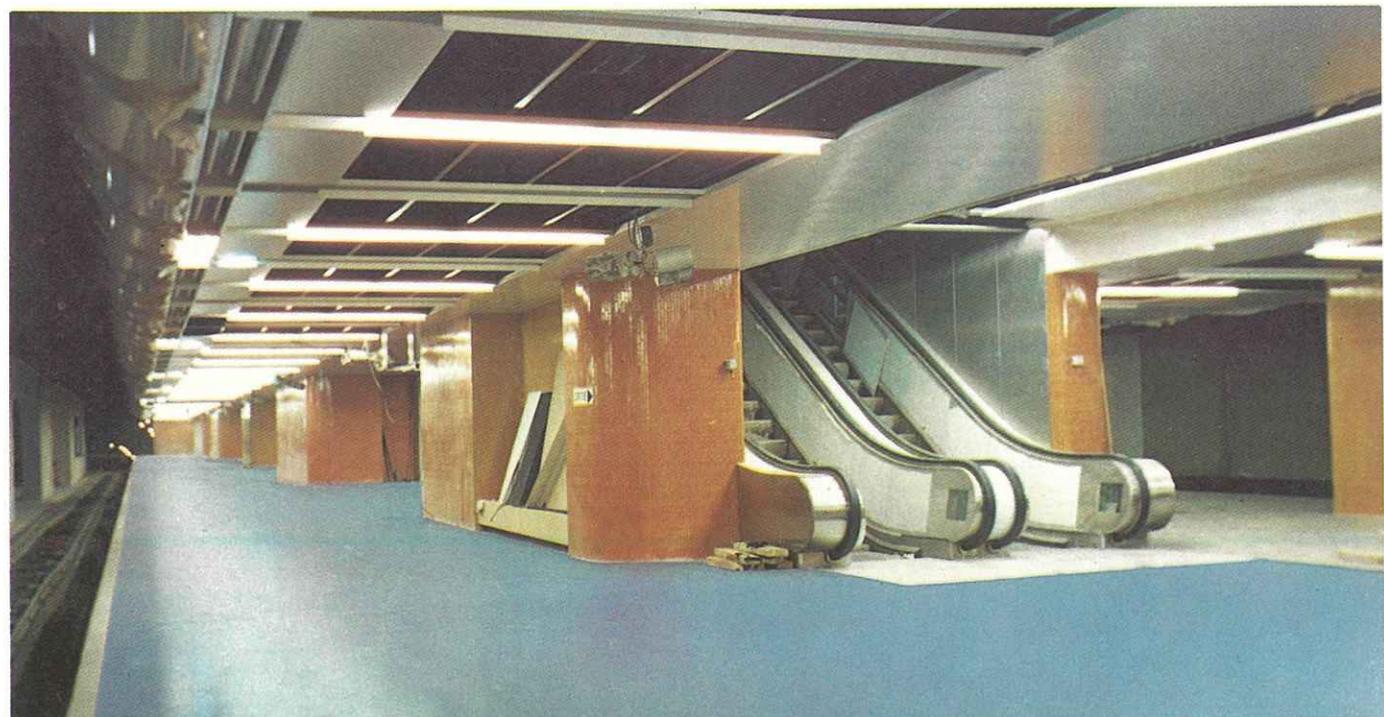
Ces harmonies de tons ont pour but d'égayer, éclaircir et tempérer l'atmosphère, souvent lourde et chaude du métro, même si la station est bien climatisée.

L'éclairage d'ensemble, assez modéré, sera rehaussé ponctuellement pour accuser les points d'intérêt et d'animation.

Mais, c'est le centre de ce hall qui retient particulièrement l'attention. Autour d'un ensemble sculptural évoquant la rencontre, des boutiques ainsi qu'un centre de renseignements, accueilleront les voyageurs. Ils pourront également flâner dans les expositions voisines ou s'attarder dans un centre de relations publiques consacré à la présentation audio-visuelle des activités de la Régie. Une publicité particulièrement choisie, et la présence de boutiques très animées, contribueront à créer le lien indispensable avec l'extérieur.

*Ci-contre : Châtelet - Les Halles : quai en direction de Saint-Germain-en-Laye*

*Ci-dessous : Châtelet - Les Halles : quai en direction de Boissy Saint-Léger et Noisy-le-Grand*



## Gare de Lyon

Grande gare également, mais plus modeste que celle de « Châtelet - Les Halles », l'ensemble « Gare de Lyon » est un ouvrage de conception plus classique, où l'on retrouve quelque peu le caractère du métro traditionnel.

C'est un ouvrage commun RATP/SNCF composé de cinq niveaux, ayant chacun une fonction bien définie.

La station du RER, à deux voies et grand quai central, occupe le tréfonds à plus de 25 m sous terre.

Au-dessus, les deux quais et quatre voies de la SNCF recevront les voyageurs venant de la banlieue Sud-Est.

Une vaste salle d'échanges commune, de conception très fonctionnelle et équipée pour l'exploitation des deux réseaux, occupe le troisième niveau.

Situé sous le hall d'entrée, un étage technique recouvre l'ensemble des installations de la gare.

Enfin, au niveau de la rue de Bercy, se développe le hall d'entrée.

La liaison entre tous ces niveaux est assurée essentiellement par des escaliers mécaniques et des ascenseurs.

Point de jonction des réseaux, en liaison étroite avec la gare de Paris-Lyon, la station du RER est essentiellement un lieu de transit où les aménagements ont été traités d'une manière fonctionnelle.

Le caractère architectural et décoratif

de cette gare a été recherché en tenant compte des impératifs des volumes imposés. La mise en valeur des structures en béton, et son opposition avec des matériaux de revêtements plus nobles, constitue le principe décoratif de base de tous les niveaux. Une unité de conception a été recherchée par l'emploi des bleus et des orangés, des émaux de Briare, ponctuellement alliés au blanc. Chaque réseau est identifié par l'une de ces couleurs, figurant comme à Châtelet une présignalétique.

Gare de Lyon : niveau quais RER



Gare de Lyon : niveau quais RER : aire de repos



# LES GARES DE LA BRANCHE DE MARNE-LA-VALLÉE

par **André Garnier**

Ingénieur en chef adjoint, chef du service des bâtiments à la Direction des travaux neufs

## Conception et organisation des gares

La ligne du RER de Marne-la-Vallée reliera, dès décembre 1977, Paris au centre urbain de Noisy-le-Grand qui sera en quelque sorte la « porte Ouest » de la ville nouvelle.

Raccordée sur la ligne de Boissy-Saint-Léger en amont de l'actuelle gare de Fontenay-sous-Bois, cette nouvelle ligne desservira la ZUP de Fontenay, le quartier de la Maltournée à Neuilly-Plaisance et, après franchissement de la Marne, la commune de Bry-sur-Marne, avant d'atteindre la ville nouvelle de Marne-la-Vallée à Noisy-le-Grand Mont d'Est, terminus provisoire.

Quatre gares ont été prévues à cet effet :

- « Val-de-Fontenay », en partie aérienne (niveau bâtiment des voyageurs) et en partie souterraine (niveau quais);
- « Neuilly-Plaisance » et « Bry-sur-Marne », entièrement aériennes;
- « Noisy-le-Grand - Mont d'Est », entièrement souterraine, imbriquée dans le complexe du futur centre urbain.

Plusieurs objectifs ont été retenus dans la conception et l'organisation ainsi que dans le parti architectural et décoratif de ces gares :

- les associer le plus étroitement possible aux terminus des lignes d'autobus de rabattement qui desservent les communes environnantes, ainsi qu'à un parc pour 100 à 200 véhicules à deux roues et, si possible, à un parking pour voitures, étant précisé que cette association a été recherchée par l'intermédiaire d'un parvis situé au droit de la gare, zone à vocation piétonnière et de passage obligé des voyageurs, bordés en général par la voirie publique;
- leur donner une certaine unité esthétique, à partir d'éléments sinon identiques, du moins de même famille ou de même esprit;
- les traiter en ce qui concerne leurs volumes et leurs façades, pour être en harmonie, soit avec l'environnement actuel conservé, soit avec l'environnement projeté.

## Dispositions particulières constructives et architecturales

### Val-de-Fontenay

Le point d'intersection des lignes SNCF de Paris-Est à Gretz et RATP de Marne-la-Vallée, situé au cœur de la ZUP de Fontenay-sous-Bois en cours d'aménagement, a été choisi pour implanter la gare de « Val-de-Fontenay », permettant ainsi une correspondance rapide et aisée entre les deux réseaux.

La nouvelle ligne est située, au droit de la gare, sensiblement au niveau du terrain naturel et franchit par dessous la ligne SNCF établie en remblai.

Cependant, au terme du remodelage et de l'aménagement général du secteur, cette ligne se trouve maintenant enterrée et la gare est mixte avec :

- des quais souterrains couverts par une dalle et les nombreux ouvrages d'art de la voirie locale et départementale ainsi que de la SNCF;
- un bâtiment des voyageurs en surface, au niveau de la voie publique.

Placé dans l'axe de l'une des voies routières principales de la ZUP, au niveau du nouveau sol créé artificiellement dans toute la zone avoisinante, le bâtiment des voyageurs est le seul signe, à cet endroit, de la présence de la nouvelle ligne.

Il comprend :

- un hall de voyageurs commun SNCF-RATP avec distributeurs automatiques de billets et une ligne de contrôle unique;
- des locaux d'exploitation (vente des billets, renseignements, etc.) et des locaux techniques, placés de part et d'autre du hall et des circulations des voyageurs, réservés les uns à la RATP et les autres à la SNCF;
- des locaux sanitaires publics;
- une librairie;
- les accès aux quais RATP, comprenant à partir du hall des voyageurs et

pour chaque direction, un escalier fixe et un escalier mécanique, la correspondance avec les quais SNCF s'effectuant indifféremment à partir de chaque quai de la RATP par un escalier fixe et un escalier mécanique.

Les quais de la gare, latéraux, se développent sur 225 m de long; leur largeur varie de 4 m en partie courante à 11,50 m dans la zone d'échange avec la SNCF. A leur niveau se trouvent :

- un poste « éclairage-force »;
- des locaux techniques.

La distribution intérieure du bâtiment des voyageurs, établi sur plan décagonal, est symétrique; elle se justifie par la présence de locaux et de mobiliers des deux réseaux ayant les mêmes fonctions et les mêmes volumes.

Les contraintes du programme ont conduit à concevoir une gare d'apparence fermée et dont les éléments rayonnants (accès, escaliers, faux plafonds, éclairages et ouvertures des locaux) sont centrés sur la ligne de contrôle, dispositions qui contribuent à donner un certain équilibre à l'ensemble.

L'ossature du bâtiment est métallique et la clef de la charpente de la couverture a été imaginée pour constituer extérieurement un signal.

En effet, le bâtiment, du fait de son implantation, joue un rôle de « fin de composition » de plusieurs axes routiers et piétonniers. L'épiderme extérieur des façades est constitué par des panneaux de produits verriers (glaces émaillées de teinte sombre) ourlés de fines menuiseries en aluminium naturel et réfléchissant le paysage. La finesse des menuiseries, les proportions des volumes, la teinte sombre des glaces choisie pour s'harmoniser avec les façades des immeubles en construction dans le voisinage, confèrent un aspect précieux à ce bâtiment dont la couverture apparente, légèrement inclinée, est revêtue d'une chape d'étanchéité surfacée en cuivre.

Au niveau des quais, les revêtements et les aménagements sont réalisés avec des matériaux résistants et d'entretien facile. Les piédroits sont revêtus de carreaux céramiques blancs donnant une grande unité à l'ensemble et contribuant à bien diffuser la lumière obtenue au-dessus des quais par un bandeau et une résille.

La sous-face de la couverture et des différents ouvrages de génie civil est peinte dans une teinte volontairement sombre mais chaude. Les petits éléments, tels que bandeaux, banquettes maçonnées, etc., sont carrelés ou peints dans un ton plus soutenu et brillant, jaune d'or, personnalisant la gare.

Au niveau de la voirie, la gare s'ouvre

sur un parvis desservant une gare routière en site propre pour trois lignes d'autobus ainsi qu'un parc pour véhicules à deux roues, traités pour constituer un ensemble homogène avec le bâtiment des voyageurs.

Le sol de ce parvis est revêtu de plaquettes en terre cuite reliant entre eux les différents éléments.

**GARE DE FONTENAY EN COURS DE CONSTRUCTION**

*Ci-dessous :  
intérieur de la gare vu au niveau des quais*

- En bas :*
- au premier plan, les voies du RER, l'extrémité des quais et le bâtiment des services techniques
  - au second plan, le bâtiment voyageurs
  - au centre, la gare SNCF de la ligne « Paris-Mulhouse »



## Neuilly-Plaisance

Cette gare, située dans la zone de rénovation de la Maltournée, en bordure du boulevard Gallieni (RN 34), a été implantée et étudiée en tenant compte de l'idée directrice que la municipalité de Neuilly-Plaisance a dégagée en mettant à l'étude l'aménagement d'une ZAC organisée autour de la gare, c'est-à-dire de son souci de voir le bâtiment des voyageurs s'articuler sur un axe piétonnier parallèle à la RN 34 et destiné à permettre l'acheminement des voyageurs vers le RER en leur évitant d'emprunter la RN 34 qui devrait voir s'affirmer sa vocation de route à grande circulation.

La ligne de Marne-la-Vallée traversant la ville de Neuilly-Plaisance en viaduc, le bâtiment des voyageurs est implanté sous celui-ci, de plain-pied avec le parvis et la voirie locale. Son accès est orienté vers la gare routière et vers l'axe piétonnier principal de la future ZAC.

Il comprend :

- un hall des voyageurs avec distributeurs de billets et contrôles automatiques;
- des locaux d'exploitation « vente des billets », « renseignements », etc. et des locaux techniques;
- des locaux sanitaires publics;
- une librairie;
- des accès aux quais, constitués par un escalier fixe et un escalier mécanique en direction de Paris et par deux escaliers fixes en direction de Noisy.

Le bâtiment des voyageurs, fermé par des murs-rideaux en glace teintée et glace émaillée sur ossature en béton, contribue par sa transparence et surtout les reflets obtenus, à mettre en valeur l'ensemble de l'ouvrage. Les parois intérieures sont, soit vitrées (bureau d'information) soit en maçonnerie de briques revêtue par des panneaux de stratifié compact dans les circulations et les locaux recevant du public, par des carreaux de faïence dans les locaux sanitaires et par des enduits en ciment peints dans les locaux techniques et d'exploitation.

Des faux plafonds, avec éclairage incorporé, sont disposés dans les locaux recevant du public et dans les locaux d'exploitation. Les sols sont revêtus, suivant les cas, d'asphalte (halls, dégagements), de carreaux de grès cérame (sanitaires, vestiaires), de ciment (locaux techniques) ou de dalles thermoplastiques (locaux d'exploitation).

### GARE DE NEUILLY-PLAISANCE EN COURS DE CONSTRUCTION

Ci-dessous : les quais de la gare en direction de Noisy

En bas : les quais sur viaduc; latéralement, les accès aux quais et la plate-forme de la future gare routière



RATP - Travaux neufs



Photo Baranger

Les quais, de 225 m de long et 4 m de large, latéraux, sont couverts et protégés des intempéries sur 79,50 m. Cette protection est assurée, verticalement, par des panneaux de béton préfabriqués avec bandes de vitrage teinté, et, horizontalement, par des auvents métalliques. Les formes de cet ouvrage ont été étudiées pour rester en harmonie avec l'esthétique du viaduc courant.

De même, des gaines d'escaliers, fixes et mécaniques, en béton armé, sont conçues pour interrompre le moins possible la continuité et le défilement de l'ouvrage d'art. La décoration fait appel à des couleurs fraîches et gaies, choisies dans la gamme des blancs, bleus et verts.

Le parvis de la gare assure une liaison directe avec une gare routière pour trois lignes d'autobus, ainsi qu'avec les parcs pour véhicules à deux roues et pour voitures.

## Bry-sur-Marne

Dans la traversée de la commune de Bry-sur-Marne, les voies du RER, établies sur remblai depuis l'ouvrage de franchissement de la Marne, franchissent la voirie existante par une série d'ouvrages d'art et passent sous les voies SNCF de grande ceinture, elles-mêmes sur remblai. La gare de « Bry-sur-Marne » est implantée juste en amont de cette intersection.

Le bâtiment des voyageurs, dont les volumes, les formes et les proportions ont été étudiés pour s'harmoniser avec l'environnement essentiellement pavillonnaire, est construit en bordure de la plate-forme, entre le boulevard Gallieni et le remblai des voies SNCF de grande ceinture, de plain-pied avec la voirie locale à laquelle il est relié par un parvis planté. Sa façade principale est orientée vers le boulevard Gallieni.

Au droit du bâtiment des voyageurs, un mur de soutènement remplace le talus sur toute sa hauteur et se raccorde sur la culée du passage inférieur du boulevard Gallieni, d'une part, et le piédroit de l'ouvrage de franchissement de la grande ceinture, d'autre part.

Un passage sous voies donne accès aux quais.

Le bâtiment des voyageurs comprend :

- un hall des voyageurs avec distributeurs de billets et contrôles automatiques;

- des locaux d'exploitation « vente des billets », « renseignements », etc. et des locaux techniques;

- une librairie et des locaux sanitaires publics;

- des accès aux quais, avec un escalier fixe et un escalier mécanique en direction de Paris, et un escalier fixe en direction de Noisy.

Les façades du bâtiment sont constituées par des vitrages en glace trempée et en glace émaillée ainsi que par des éléments en béton cannelé éclaté. Les cloisons intérieures sont, soit vitrées (bureau d'information), soit en maçonnerie de briques ou béton revêtu en carreaux de grès émaillé avec habillage en aluminium anodisé dans les circulations et les locaux recevant du public, en carreaux de faïence dans les locaux sanitaires, en mortier de ciment peint dans les locaux d'exploitation et les locaux techniques. Des faux plafonds sont disposés dans les locaux recevant du public et certains locaux d'exploitation.

La couverture du bâtiment est constituée par des éléments métalliques autoportants en acier Corten au-dessus du hall des voyageurs, et par une toiture-terrasse en béton armé partout ailleurs.

Les quais établis en amont de la ligne SNCF de grande ceinture avec franchissement du boulevard Gallieni, de 225 m de long et 4 m de large, latéraux, sont couverts et protégés des intempéries, sur 73 m de longueur environ, par des auvents métalliques et une paroi de verre teinté.

Comme à Neuilly-Plaisance, compte tenu du site et de l'ouverture de la gare sur l'extérieur, la décoration fait appel à des couleurs choisies dans la gamme des blancs, des verts et des bleus.

Enfin, pour mieux intégrer la gare dans un tissu urbain très lâche où les jardins sont nombreux, il a été procédé au maximum de plantations le long des talus RATP et SNCF ainsi que sur le parvis.

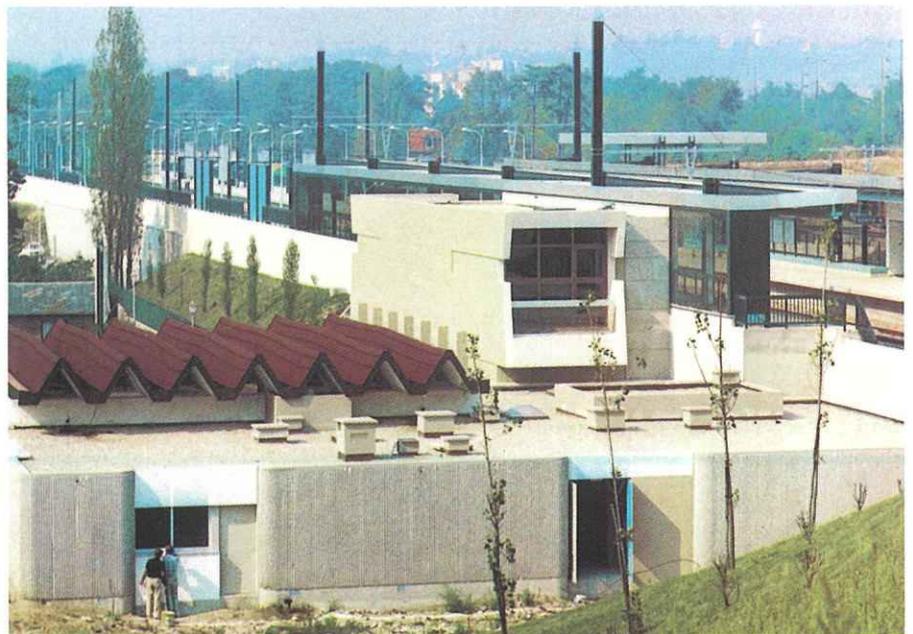
Une voie nouvelle reliant l'avenue Clemenceau et le boulevard Gallieni pour servir d'accès à un parc de liaison pour voiture situé en bordure du parvis, sera aménagée pour recevoir le terminus d'une ligne d'autobus et permettre les échanges avec une autre ligne de passage.

Un parc pour véhicules à deux roues est aménagé à proximité immédiate du bâtiment des voyageurs, contre le talus de la SNCF.

### GARE DE BRY-SUR-MARNE EN COURS DE CONSTRUCTION

- à gauche, le bâtiment voyageurs

- à droite, les quais vus en direction de Paris



**GARE DE BRY-SUR-MARNE EN COURS DE CONSTRUCTION**

- au premier plan, le bâtiment voyageurs
- au second plan, le parc de voie TV
- au centre, les accès aux quais et les quais direction Paris
- à droite, la ligne SNCF de grande ceinture avec raccordement au parc de voie TV



*VUE GÉNÉRALE DE LA GARE DE NOISY-LE-GRAND - MONT D'EST EN COURS DE CONSTRUCTION*  
- dans la moitié supérieure, la nouvelle voirie avec, dans l'axe, la gare  
- dans l'angle supérieur droit, l'autoroute A4



## Noisy-le-Grand - Mont d'Est

A Noisy-le-Grand, terminus provisoire de la ligne, le relief comme la forte densité des constructions et équipements prévus ont imposé au RER de traverser, en souterrain, le premier noyau urbain de la ville nouvelle « Noisy-le-Grand - Mont d'Est ».

La gare est située au centre de ce cœur de ville qui comprendra à terme, organisés autour d'une vaste piazza, un centre commercial, des bâtiments administratifs et d'habitation, des équipements scolaires et hospitaliers, des ensembles socio-culturels et de loisirs, des parkings, une ligne de transport en commun en site propre.

Cette gare, réalisée à ciel ouvert, de section rectangulaire, de 225 m de long et 23,60 m de large, comporte trois voies avec deux quais centraux de 6,40 m de large et est établie sur deux niveaux :  
— un niveau mezzanine,  
— un niveau quais.

La mezzanine, de 68,85 m de long sur 24,20 m de large, comprend :  
— un hall des voyageurs avec les appareils distributeurs de billets et les contrôles automatiques;  
— des locaux techniques et des locaux d'exploitation (vente des billets, renseignements, etc.);  
— une boutique, une librairie et des locaux sanitaires publics.

Chacun des quais est relié à la mezzanine par des escaliers mécaniques et un escalier fixe.

Une des parois de la mezzanine, traitée en pan de glace avec plantes décoratives, désenclave les deux niveaux et permet aux voyageurs de suivre le mouvement des trains et le spectacle des quais.

Ces deux niveaux ont reçu en outre le même parti d'aménagement, avec les mêmes matériaux, utilisés suivant des proportions adaptées à chacun des volumes. Les grandes surfaces verticales sont revêtues de carreaux céramiques blancs que viennent réchauffer les reflets provenant de la peinture rouge sombre passée sur les sous-faces des planchers de couverture et de leurs retombées. Les murs qui limitent la gare en bordure des voies sont animés par des panneaux publicitaires de grandes dimensions reliés entre eux par une bande peinte en camaïeu brun. L'éclairage est assuré dans la mezzanine par

une résille très lâche composée de chemins lumineux venant s'inscrire en contrepoint de la poutraison laissée apparente, et sur les quais par deux caissons lumineux continus.

Le sol des quais et de la mezzanine est revêtu d'asphalte, sauf dans la zone hors contrôle carrelée en carreaux céramiques de différentes formes et couleurs, suivant un motif décoratif recherché assurant la transition entre le RER et les aménagements propres à la ville nouvelle.

La gare est reliée directement au centre commercial, aux parkings, à la ligne de transport en commun du centre urbain, à la gare routière et à une station de taxis.

La gare routière qui sera desservie par cinq lignes d'autobus, est située entre le niveau de la mezzanine et celui de la piazza, auxquels elle est reliée par des escaliers mécaniques et fixes. Accessible depuis le chemin départemental 33 par une bretelle de raccordement couverte, elle est composée d'une voie périmétrique de 7 m de largeur délimitant un terre-plein central équipé de couloirs d'attente et d'un bureau terminus.

Un système de ventilation efficace y amène de l'air frais et extrait les gaz d'échappement des véhicules.

En attendant le prolongement de la ligne de Marne-la-Vallée à Torcy, une gare routière provisoire est implantée sur le CD 33 pour recevoir deux lignes d'autobus supplémentaires.

\*  
\*\*

Au plan de l'économie, les partis adoptés pour les gares de la ligne de Marne-la-Vallée traduisent un souci permanent de mesure et de sobriété. De cette attitude est résultée une recherche poussée du meilleur compromis qualité-coût qui n'a jamais pour autant exclu la part de l'architecture et de l'esthétique.

Les orientations des urbanistes locaux, s'appuyant sur les caractères propres de chaque site, ont aidé la Régie dans la différenciation architecturale des gares dont l'unité a toutefois été maintenue dans le choix des matériaux utilisés. La qualité des ouvrages ainsi réalisés devrait sans doute être appréciée d'un public dont l'intérêt a déjà été éveillé par les premières réalisations du RER.

## LES VOIES DU RER

par Jean-Pierre Jougla  
Ingénieur en chef adjoint à la Direction  
des services techniques

Les caractéristiques ferroviaires du RER ont fourni à la Régie une occasion d'élargir sa technologie traditionnelle à celle des voies ferrées modernes, adaptées à des vitesses plus élevées que celles du métro. En effet, le tracé de la voie présente partout, à une seule exception près, des rayons de courbure supérieurs à 400 m et autorise la vitesse de 100 km/h.

Cette expérience acquise sera transposable dans une certaine mesure aux voies du métro et orientera quelques-unes des améliorations à y apporter dans l'avenir.

Un objectif majeur de la technologie retenue a été d'assurer un niveau élevé de confort et de réduire les nuisances apportées à l'environnement. On a ainsi généralisé l'emploi de barres longues et adopté un armement lourd (rail de 60 kg).

En général, dans les premiers tronçons réalisés — « Auber-Saint-

Germain » et « Nation-Boissy-Saint-Léger » — la voie a été posée de manière classique, sur ballast et traverses en bois, la SNCF assurant le renouvellement complet des parties aériennes existantes, la RATP l'exécution des parties souterraines nouvelles.

Cette première phase a néanmoins comporté des essais de nouveaux modes de pose, susceptibles de réduire le niveau des énergies vibratoires rayonnées hors des ouvrages et d'améliorer ainsi l'insertion des lignes en site urbain.

Entre autres essais, 670 m de voie de type STEDEF ont été réalisés entre la Défense et Etoile; cette pose se caractérise par l'absence de ballast et utilise des traverses bi-bloc en béton armé, scellées dans une plateforme bétonnée avec interposition d'un chausson élastique.

Les résultats obtenus ont conduit à utiliser largement ce mode de pose en

souterrain dans la deuxième phase de réalisation (Auber-Nation et branche de Marne-la-Vallée), où deux techniques récemment mises au point par la SNCF pour ses voies à grande vitesse ont été en outre utilisées : dans les parties aériennes, la généralisation des traverses en béton posées sur ballast a permis d'étendre l'emploi des barres longues jusqu'aux rayons de 500 m, et certains appareils de voie ont été soudés aux barres.

Enfin, des rails de nuance dure équipent de nombreuses courbes.

Les contrôles de géométrie régulièrement pratiqués sur les voies du RER montrent qu'en général elles ont été posées et sont maintenues à un niveau de qualité très élevé et comparable à celui des meilleures voies européennes. Enfin et en conséquence de cette qualité, leur coût d'entretien s'avère, à l'expérience, extrêmement réduit, malgré le trafic important qu'elles supportent.

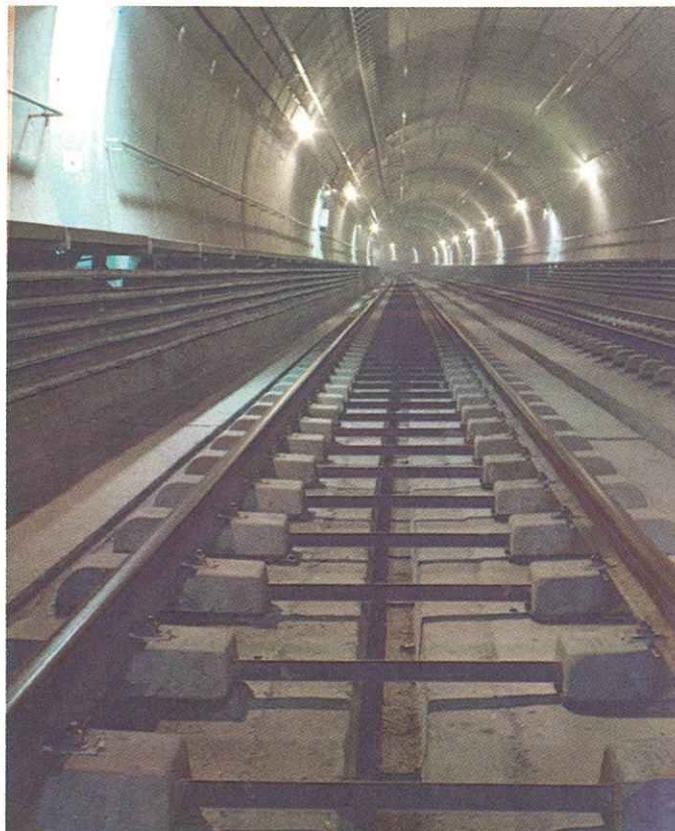
### BRANCHE DE MARNE-LA-VALLÉE

à gauche :

voie ballastée posée sur traverses bois (premier plan) et traverses en béton armé à deux bloquets

à droite :

voie sans ballast de type STEDEF posée sur radier et traverses en béton armé



# ESCALIERS MECANIQUES, TROTTOIRS ROULANTS ET ASCENSEURS SUR LE RER

par Alfred Flochel

Ingénieur chef de division à la Direction des travaux neufs.

## Préambule

Les élévateurs et translateurs de personnes sont de plus en plus utilisés sur les principaux réseaux de transport en commun. Leur emploi répond d'ailleurs d'évidentes nécessités. Il permet d'augmenter l'efficacité du transport en régularisant les débits des accès et des intercommunications et en compensant la discontinuité du débit des lignes. Il fait gagner aux usagers un temps appréciable, leur épargne la fatigue des longs déplacements horizontaux ou verticaux et leur assure une plus grande facilité de mouvement en évitant les pénibles bousculades. Le public est particulièrement sensible à ce second aspect de la question, à cette recherche d'un niveau minimal de confort.

La RATP se devait donc de prévoir un équipement moderne des gares du RER, en mettant à profit la longue et solide expérience qu'elle a des moyens lassiques (escaliers, trottoirs roulants). Les conventions passées au début du siècle entre l'autorité concédante et les compagnies concessionnaires avaient fixé les conditions d'établissement des appareils élévateurs, d'ailleurs variables selon les lignes. Les dénivelées considérées étaient assez importantes, de l'ordre d'une dizaine de mètres, la solution technique retenue était celle de l'ascenseur. La mise au point des escaliers mécaniques a ensuite permis de traiter de la manière plus souple et plus économique de moindres hauteurs d'élévation. Les trottoirs roulants ne furent introduits que depuis 1964.

Avant de décrire les dispositions retenues sur le RER, il est utile de résumer l'expérience antérieure de la RATP dans ce domaine.

« Abbesses », « Lamarck-Caulaincourt », « Cité » et « Saint-Michel ». Ces ascenseurs étaient électriques. Ils ont été modifiés ou rénovés respectivement en 1933 pour les deux premiers, en 1955 et en 1953 pour les deux derniers.

Les ascenseurs desservant le plus long parcours vertical (28,70 m) ont été installés aux Buttes-Chaumont en 1912. Ces ascenseurs électriques ont été équipés d'un groupe Ward Léonard Gearless T 14 en juillet 1960 et sont depuis, avec une vitesse de 3,50 m/s, les ascenseurs les plus rapides du métro de Paris.

Les ascenseurs hydrauliques de Sèvres-Babylone, montés en 1927, ont été remplacés en 1948 par un escalier mécanique.

Ces ascenseurs au nombre total de dix-neuf à l'heure actuelle, comportent tous des cabines à niveau unique, de grande capacité (30 à 65 personnes). Leur fonctionnement est commandé par le mouvement des trains. Ce système de marche automatique des ascenseurs ne nécessitant aucun agent de conduite a été généralisé dans la mesure du possible.

## Escaliers mécaniques

Le premier escalier mécanique du monde a été installé à l'Exposition universelle de Paris en 1900, année même où fut mise en service la première ligne de chemin de fer métropolitain. Les progrès accomplis dans la fabrication de ces appareils ont permis d'installer les deux premiers escaliers à Trocadéro et Denfert-Rochereau dans les années qui ont précédé la guerre de 1914. Ils ont fonctionné, le premier jusqu'en 1959, le second jusqu'en 1962. Mais les premiers escaliers mobiles de conception moderne, tels que nous les connaissons tous, ont été installés à Porte des Lilas en juillet 1924, puis ce fut à Monge et Maison-Blanche en 1930, à République en 1931, etc.

Ces appareils, bien souvent plus faciles à installer que des ascenseurs (machinerie moins exigeante, débouché d'accès n'ayant pas besoin de se trouver à la verticale du palier d'entrée, condition *sine qua non* d'installation

des ascenseurs), à marche continue donc à débit constant et important, ont eu depuis un succès qui ne s'est pas démenti. Ils ont permis d'apporter de nettes améliorations à l'exploitation des stations profondes ou des stations les plus chargées.

Leur installation s'est poursuivie pendant la dernière guerre qui a vu la mise en service de huit escaliers répartis dans les stations « Croix-de-Chavaux », « Gare du Nord », « Stalingrad », « Jaurès », « Ourcq », « Église de Pantin ». Avant 1966, l'installation du dernier appareil, à la station « Simon-Bolivar », remontait à février 1963. C'était le quatre-vingt-septième.

Tous ces appareils sont inclinés à 30° sur l'horizontale; leur largeur est généralement de 1,00 m. Leur hauteur d'élévation varie de 3,70 m à Chaussée-d'Antin à 19,00 m ou 22,45 m à Place des Fêtes. Leur vitesse maximale est en général de 90 marches-minute, correspondant à une vitesse de déplacement des chaînes d'entraînement de 0,60 m/s.

Ces escaliers sont dans leur quasi-totalité affectés à la montée des voyageurs. Ils sont de conception identique, actionnés par des moteurs à courant continu sous 600 V remplacés progressivement par des moteurs asynchrones à cage. Ils sont de type intérieur; les débouchés d'accès au sol se font sous abri.

A partir de 1966, la RATP s'est lancée dans une politique de modernisation accélérée des stations de métro et, dans ce cadre, elle a multiplié le nombre d'escaliers mécaniques, puisque 209 appareils ont été installés sur le seul réseau urbain depuis cette date.

Après quelques difficultés de mise au point des premiers appareils de cette série, le matériel en service a atteint à présent un excellent degré de sécurité et de fiabilité. Ce matériel comprend essentiellement deux modèles d'escaliers : les escaliers de type dit « normal » et les escaliers de type « compact ».

## Escaliers type « normal »

Ce sont des escaliers installés dans un logement comportant des couloirs de visite le long de chaque escalier et un local aux extrémités haute et basse de

## Appareil en service sur le métro

### Ascenseurs

Les premiers ascenseurs du métro furent installés en 1911 aux stations

l'appareil où sont placés les coffrets et armoires de commande, contrôle, signalisation, éclairage, chauffage, détection incendie, etc. Le groupe moto-réducteur d'entraînement est fixé sur le sol dans le local supérieur.

### Escaliers type « compact »

Le type de matériel pour les escaliers compacts est exactement le même que celui des escaliers de type « normal »; seule, la partie intéressant le génie civil change.

Le groupe moto-réducteur pour l'entraînement des marches ainsi que l'armoire de commande de l'escalier mécanique sont installés dans la charpente de l'appareil, à la partie supérieure. Chaque fois que cela est possible, l'armoire de commande est sortie de l'escalier et placée dans un local sous l'escalier ou à proximité immédiate.

Il n'y a pas de couloir de visite dans la gaine de l'escalier ou d'espace libre aux extrémités de la charpente pour disposer les armoires et coffrets électriques et l'armoire pour la détection d'incendie. Ces armoires et coffrets électriques sont placés, soit dans une niche dans un mur de piédroit à proximité de l'appareil, soit dans un local sous l'escalier. La visite de l'appareil s'effectue en ouvrant les plaques-palières formant trappes aux parties supérieure et inférieure; un homme peu aisément descendre à l'intérieur du caisson. La visite s'effectue également en ouvrant les panneaux d'habillage aux extrémités haute et basse, et dans la partie inclinée. Ces panneaux sont facilement démontables. Tous les démontages de pièces pour visite et entretien s'effectuent par le dessus de l'appareil.

La solution « escaliers compacts » conduit à des encombrements moindres. Elle facilite l'implantation des appareils dans les ouvrages existants et, particulièrement dans ce cas, mène à des coûts moins élevés, que la solution « escaliers normaux ».

La fiabilité de ces appareils est la même que celle des escaliers « normaux » car, comme il est précisé ci-dessus, le matériel est le même et, par ailleurs, une bonne organisation des opérations d'entretien préventif, en prévoyant des visites systématiques, remplace aisément les visites qui sont

effectuées sur les escaliers « normaux » lorsque ces appareils sont en fonctionnement.

Il est à noter que la solution du groupe moto-réducteur à l'intérieur du caisson de l'escalier est une solution qui est généralisée chez la plupart des constructeurs d'escaliers mécaniques.

La RATP a commencé à adopter cette solution dès 1966 en commandant vingt-trois escaliers comportant cette disposition. Par ailleurs, elle a installé, en 1971 à Auber, quatre escaliers de grande hauteur avec le groupe moto-réducteur dans le caisson.

### Escalier débouchant à l'air libre

Jusqu'en 1966, la RATP ne possédait aucun escalier débouchant directement à l'air libre; un abri protégeait toujours la volée terminale.

Ces abris, disgracieux et encombrants, ne peuvent être prévus dans tous les endroits où l'installation d'escaliers mécaniques serait souhaitable. Aussi, était-il intéressant, suivant l'exemple donné par de nombreux pays au climat rigoureux (Allemagne, Suède, etc.) de faire déboucher des escaliers mécaniques directement sur la voie publique dans une simple trémie d'accès, comme il est fait pour un escalier fixe. C'est pourquoi deux escaliers de ce modèle ont été installés en 1966, à titre expérimental, Place Monge en remplacement de deux appareils anciens montés en 1930 mais abrités par un édicule.

Après de longues mises au point, des résultats satisfaisants ont été obtenus pour ce type d'appareils et leur généralisation a pu être envisagée. Sur les 209 nouveaux appareils du métro, indiqués précédemment, 94 escaliers débouchent à l'air libre.

## Trottoirs roulants

La RATP a mis en service en octobre 1964, dans le long couloir de correspondance de Châtelet, deux trottoirs roulants de 131 m de longueur et de 0,92 m de largeur, disposés côte à côte.

Ces deux appareils fonctionnent dans un sens déterminé, mais sont réversibles. Pendant les heures de pointe, le débit horaire maximal de chaque trottoir est d'environ 10 000 personnes. La vitesse normale de déplacement est de 0,75 m/s, mais pourrait être portée à 1,00 m/s.

Chaque trottoir est composé d'une bande transporteuse centrale en caoutchouc armé d'acier, et de deux mains courantes latérales. La bande est supportée par des rouleaux tubulaires. Elle est tendue par un dispositif à ressorts qui rend imperceptible la flèche entre les rouleaux.

Ces trottoirs sont entraînés par des moteurs asynchrones par l'intermédiaire d'un coupleur hydraulique.

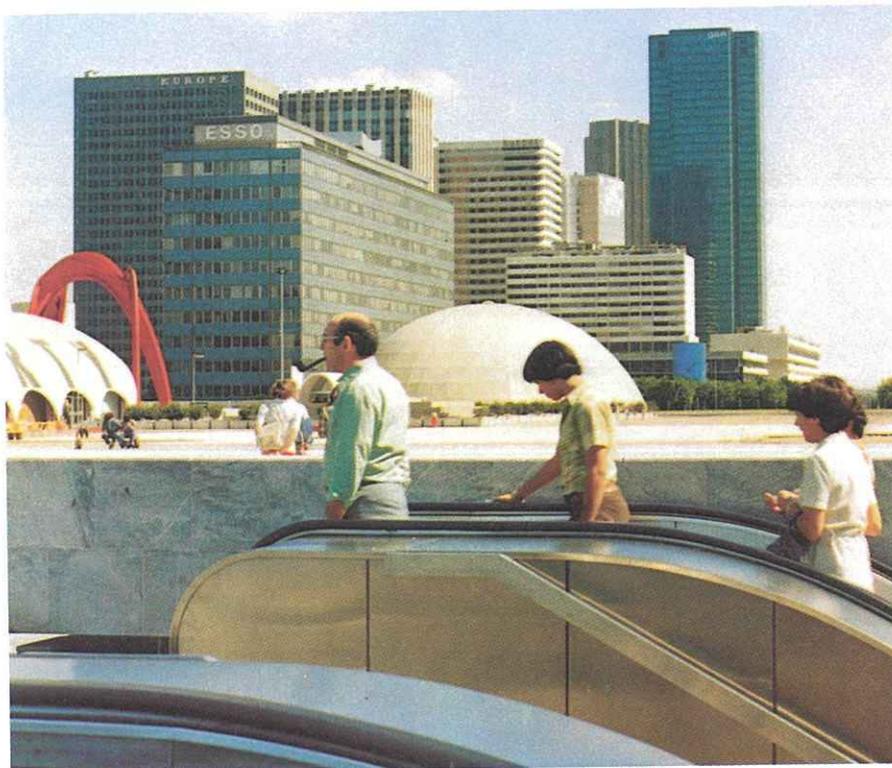
La RATP a équipé également de trois trottoirs roulants pour le transport des voyageurs le couloir d'intercommunication reliant les stations « Montparnasse-Bienvenue » des lignes n<sup>os</sup> 4, 6, 12 et 13. Ces trottoirs, d'une longueur de 185 m, sont du même type que ceux de Châtelet. Toutefois, leur largeur est portée à 1,12 m contre 0,92 m à Châtelet, donnant ainsi aux voyageurs une plus grande aisance de mouvement, et la vitesse de déplacement est de 0,83 m/s. Les appareils ont été mis en service en 1968.

L'expérience acquise par la RATP couvre donc toute la gamme des transporteurs classiques de personnes. De plus, elle est le fruit d'observations portant souvent sur de longues périodes et inclut l'expérience des nombreuses difficultés qui ont dû être surmontées.



**Équipement de la  
ligne Est-Ouest du  
RER, de son  
prolongement à  
Marne-la-Vallée et  
de la jonction  
« Luxembourg -  
Châtelet »**

**Escaliers  
mécaniques**



Les trafics de voyageurs escomptés dans chaque gare ont conduit à prévoir l'installation des appareils élévateurs et les translateurs précisés dans le tableau ci-dessous.

Trois cent cinq escaliers mécaniques, au total, ont été prévus pour l'ensemble du RER dont 276 du type « intérieur » et 29 du type « air libre ».

Gares	Nombre d'appareils				Trottoirs roulants
	Escaliers mécaniques		Ascenseurs		
	Type intérieur	Type air libre	Cabines superposées	Cabines simples	
« Saint-Germain-en-Laye »	5	4			
« Rueil-Malmaison »		1			
« Nanterre-Préfecture »	6	1			
« La Défense »	39	4			
« Charles-de-Gaulle - Étoile »	25	6			
« Auber »	70	3	15		4
« Châtelet - Les Halles »	52				3
« Gare de Lyon »	38	6			3
« Nation »	27	1			
« Vincennes »	2				
« Fontenay-sous-Bois »	1				
« Nogent-sur-Marne »	1				
« Joinville »		1			
« La Varenne-Chennevières »				1	
« Val de Fontenay »	2				
« Neuilly-Plaisance »	1				
« Bry-sur-Marne »	1				
« Noisy-le-Grand - Mont d'Est »	2				
« Luxembourg »	4	2			
<b>Totaux partiels :</b>	<b>276</b>	<b>29</b>	<b>15</b>	<b>1</b>	<b>10</b>
<b>Totaux par types d'appareils</b>	<b>305</b>		<b>16</b>		<b>10</b>



ESCALIERS MÉCANIQUES DÉBOUCHANT À L'AIR LIBRE

En haut : La Défense

En bas : Charles de Gaulle-Étoile

Un certain nombre de ces appareils ne seront installés qu'en 1981 (quatorze à la gare de « Châtelet - Les Halles » et onze à Gare de Lyon) lorsque la jonction « Châtelet - Les Halles - Gare du Nord » sera effectuée et que les lignes SNCF de banlieue arriveront en souterrain à Gare de Lyon.

RATP - Ardillon



Batterie de 6 escaliers mécaniques à Charles de Gaulle - Etoile

## Ascenseurs

L'installation d'ascenseurs ne peut être envisagée que lorsque les dénivelées sont importantes et lorsque les contraintes de génie civil réservent la possibilité de gaines verticales et de machineries supérieures.

L'ascenseur est par ailleurs plus fragile que l'escalier mécanique et n'assure pas une continuité de débit. On conçoit donc intuitivement qu'il existe une large gamme de dénivelées pour laquelle la solution de l'escalier mécanique sera, toutes choses égales par ailleurs, préférée à celle de l'ascenseur.

Le problème du choix entre ces deux types de transporteurs verticaux a été précisé par une étude théorique détaillée. Pour un très grand nombre de combinaisons et par traitement sur un ordinateur, un classement a été défini selon les trois critères ci-après :

- coût d'investissement;
- coût actualisé RATP comprenant les dépenses d'investissement, de fonctionnement, d'entretien et de renouvellement;

— coût actualisé de la collectivité intégrant, en plus de ce qui précède, le coût de transport des usagers.

Sans qu'il soit nécessaire d'entrer dans le détail, on peut résumer les résultats de cette étude en disant qu'elle est favorable à l'escalier mécanique jusqu'à 20 m de dénivelée, qu'elle est favorable à l'ascenseur au-delà de 30 m de dénivelée, et qu'elle justifie une étude particulière pour des dénivelées intermédiaires.

C'est à Auber que la solution de l'ascenseur a été retenue pour une partie des transports, favorisée par une très grande profondeur et par la disposition des lieux. Elle a été mise en œuvre sous forme d'ascenseurs à deux cabines superposées, les voyageurs entrants et sortants circulant à deux niveaux séparés.

## Trottoirs roulants

La RATP a mis en service en 1971 à Auber dans les couloirs d'intercommu-

nication entre le RER et les lignes de métro n<sup>os</sup> 3, 7 et 8, quatre trottoirs roulants.

Ces appareils de 78 m de longueur sont du type à marches métalliques, mises à plat, analogues à celles des escaliers mécaniques.

La RATP a équipé également de trois trottoirs roulants le couloir d'intercommunication reliant le RER aux lignes n<sup>os</sup> 1 et 4 à Châtelet - Les Halles. Ces trottoirs de 154 m de longueur sont également du type à marches métalliques. Ils comportent une partie inclinée à 8° sur une longueur de 40 m environ.

Ces appareils ainsi que ceux installés à Auber ont une largeur de 1,00 m et une vitesse de déplacement de 0,83 m/s.

Trois trottoirs roulants sont prévus à Gare de Lyon dans un couloir d'intercommunication. Ces appareils, de 80 m de longueur environ, seront en principe installés lorsque les lignes SNCF de banlieue arriveront en souterrain à la gare.

## Description des divers types de matériels

## Escaliers mécaniques

### Description générale

Sans revenir sur les dimensions et les vitesses données précédemment, nous ajouterons à la description des escaliers mécaniques les précisions techniques suivantes :

- les deux mains courantes mobiles sont disposées de manière à se déplacer sans frottement excessif à une vitesse égale à celle des marches;
- chaque main courante est munie d'un système assurant automatiquement la tension convenant à son bon fonctionnement;
- un dispositif de sécurité provoque l'arrêt de l'appareil en cas d'allongement anormal ou de rupture de la rampe ou de défaut important de synchronisme;

1. Batterie de 2 escaliers « compacts » en cours de montage à Châtelet-Les Halles
2. Escalier type compact à la station « Gare de l'Est »
3. Escalier « compact » en cours de montage à Châtelet-Les Halles



— aux entrées de la main courante dans la balustrade, à chaque palier, il est prévu une protection pour éviter qu'une main d'un voyageur soit accidentellement entraînée dans l'habillage de l'escalier;

— le nombre de marches permet de réaliser, en principe, aux paliers supérieur et inférieur, une plate-forme horizontale apparente et continue de trois marches. Cette disposition, d'après l'expérience acquise, procure une excellente sécurité pour l'utilisateur, en facilitant l'accès et l'évacuation de l'appareil;

— aux deux extrémités des escaliers mécaniques et dans le prolongement des marches, est disposé un ensemble de plaques palières et de peignes dont le but est de s'opposer à l'introduction de corps étrangers à l'endroit où les marches passent sous les plaques palières;

— les dents de peignes pénètrent dans les rainures correspondantes des plateaux de marches sur une profondeur suffisante pour rester constamment engagées;

— un dispositif assure le centrage exact des marches à leur passage dans les peignes;

— les habillages sont en tôle d'acier inoxydable poli;

— les panneaux sont facilement démontables, notamment aux extrémi-

tés, pour permettre un accès commode aux mécanismes lors de l'entretien.

## Mécanisme d'entraînement

Les marches sont fixées sur des chaînes à rouleaux qui assurent leur déplacement.

Les chaînes, ainsi que les marches, comportent des galets porteurs qui roulent sur les rails.

La fixation des marches est conçue de façon à permettre le démontage par dessus, sans démaillage des chaînes.

L'ensemble des parties mobiles est entraîné par un moteur électrique alimenté en courant alternatif 380 V, 50 périodes, du type « à cage d'écureuil », à une seule vitesse.

Le démarrage s'effectue à l'aide de résistances statoriques pour obtenir un couple bien adapté aux forces passives à vaincre au moment de la mise en marche et pour éviter les accélérations excessives.

Les escaliers mécaniques sont pourvus de deux freins, l'un dit « de service normal » et l'autre dit « de secours », chacun d'eux étant capable d'arrêter l'escalier chargé au maximum et pour une survitesse de 15 % en descente.

## Sécurité et dispositions particulières

En plus du dispositif de sécurité prévu pour les mains courantes, il existe d'autres dispositifs provoquant l'arrêt de l'appareil pour les incidents suivants :

— amorce de dévirage, l'escalier fonctionnant en montée;

— survitesse de plus de 15 %, l'escalier fonctionnant en descente;

— rupture ou défaut de tension des chaînes d'entraînement des marches;

— coincement des marches.

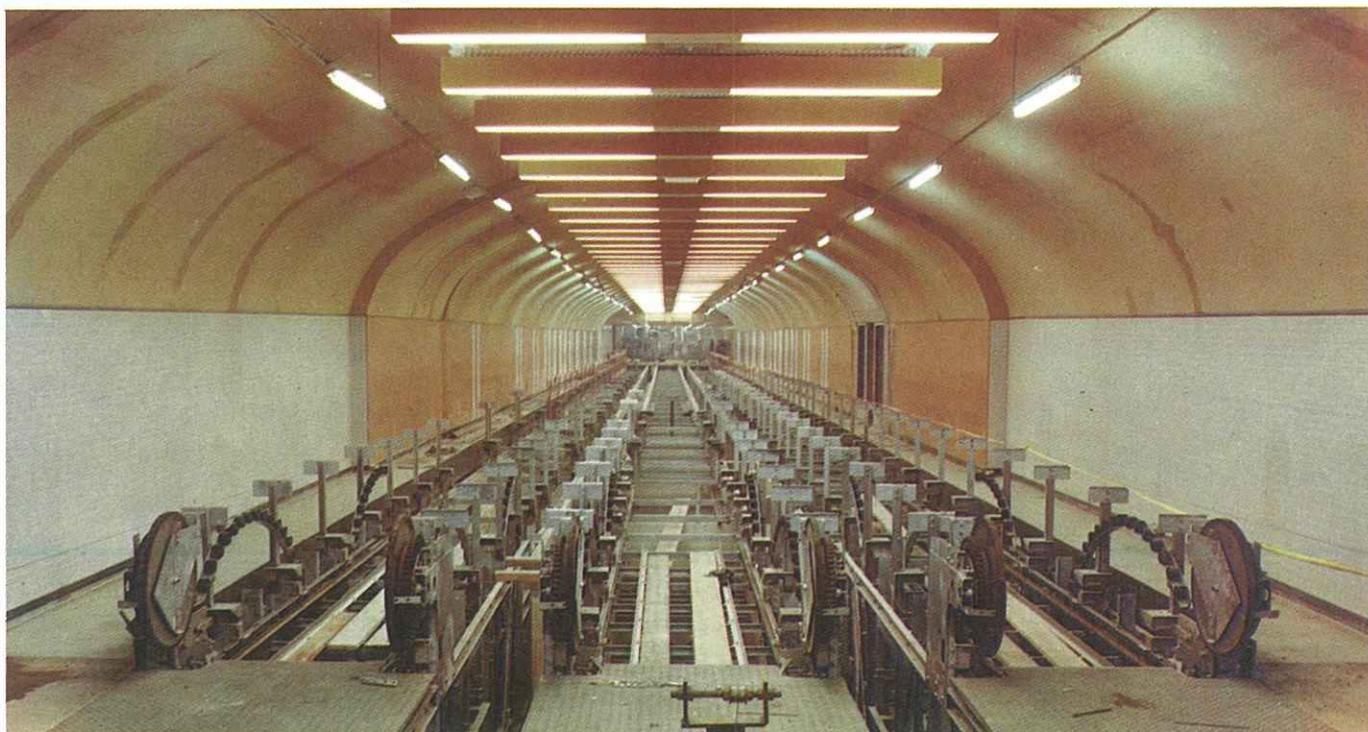
Des interrupteurs dits « tirettes d'arrêt d'urgence » sont disposés, en principe, aux extrémités supérieure et inférieure pour permettre au public de provoquer un arrêt d'urgence en cas d'accident de personne.

Par ailleurs, pour chaque escalier ou batterie d'escaliers, il est prévu un dispositif de détection d'incendie étudié spécialement (dispositif de détection des fumées).

Le matériel, tant mécanique qu'électrique, a été étudié pour être particulièrement robuste.

C'est ainsi que pour les chaînes principales, sur lesquelles sont accrochées les marches, la charge de rupture est

Batterie de 3 trottoirs roulants en cours de montage à Châtelet-Les Halles



comprise entre 17,5 et 56 tonnes suivant la hauteur d'élévation de l'escalier, assurant ainsi une très large marge de sécurité.

Un effort particulier a été fait pour réduire le niveau de bruit.

Enfin les opérations de graissage sont réduites au minimum par le large emploi de roulements à billes, à rouleaux ou à aiguilles graissées à vie.

## Fonctionnement et dispositifs de commande

Dans le sens de la montée, les appareils se mettent en principe en fonctionnement automatiquement, dès qu'une personne intercepte le rayon infrarouge d'une cellule photo-électrique placée dans la crosse du palier inférieur.

Aux heures d'affluence, les cellules sont mises hors service, à l'aide d'un dispositif horo-contacteur, et les appareils fonctionnent en permanence.

Cette disposition permet d'éviter les à-coups trop répétés qui se produisent inévitablement aux moments du démarrage et de l'arrêt et qui fatiguent les mécanismes.

Dans le sens de la descente, les escaliers sont constamment en mouvement et il n'y a pas de cellule photo-électrique pour leur commande automatique.

Il a été vérifié, en effet, que le fonctionnement sur cellule pour la descente pouvait provoquer des accidents pour l'utilisateur.

L'appareillage électrique d'alimentation et d'automatisme des escaliers mécaniques est logé dans des armoires situées dans la charpente de l'escalier ou dans un local sous l'escalier ou à proximité.

Dans les grandes gares telles que « La Défense », le nombre élevé d'escaliers mécaniques a conduit à prévoir un pupitre de commande générale à distance sur lequel sont regroupées toutes les commandes et signalisations de sens de marche et de défaut de tous les escaliers mécaniques. Ce pupitre dispose d'appareils de télévision pour faciliter la conduite.

Enfin, il est précisé que la commande à distance s'effectue par l'intermédiaire d'un programmeur qui temporise l'inversion de marche, laissant ainsi le temps aux voyageurs d'évacuer l'escalier et qui modifie automatiquement la signalisation lumineuse de direction.

## Ascenseur

A Auber, il a été installé, comme précisé ci-dessus, quinze ascenseurs à deux cabines superposées.

La hauteur maximum d'élévation de ces appareils est de 26 m et la vitesse de 1,75 m/s.

Le nombre de personnes pouvant être admis dans une cabine est de 48.

Enfin, il est utile de préciser que les voyageurs trouvent toujours un ascenseur porte ouverte aux différents niveaux.

L'appareillage de commande est prévu en conséquence pour satisfaire à cette sujétion.

## Trottoirs roulants

La RATP a adopté pour ces appareils l'utilisation des techniques actuellement connues, telles que :

- bandes transporteuses en caoutchouc armé d'une bande d'acier suivant le principe des trottoirs roulants des stations « Châtelet » et « Maine-Montparnasse »;
- marches métalliques, mises à plat, analogues à celles des escaliers mécaniques, accrochées sur des chaînes, les galets des marches roulant sur des rails.

Ces trottoirs roulants sont équipés de toutes les protections habituellement installées sur les escaliers mécaniques contre les accidents corporels, matériels, et contre l'incendie.

---

## Conclusion

---

La RATP a fourni un effort très important de 1966 à 1977 pour la mécanisation des dénivelées et couloirs d'intercommunication dans les stations en service et les nouvelles stations. En ce qui concerne le RER, une mécanisation d'emblée aussi totale que possible a été réalisée, compte tenu de l'état actuel de la technologie. Mais, dans ce domaine comme dans d'autres, des progrès sont attendus avec, en particulier, la mise au point des trottoirs accélérés pour piétons, qui permettront d'équiper les trottoirs de correspondance les plus longs. Et déjà, il est envisagé de mettre à l'essai, dans quelques mois, un tel

appareil de type TRAX, dans l'un des couloirs de la station « Gare de Lyon », avec la perspective d'équiper, aussi rapidement que possible, un couloir de correspondance qui relierait directement Auber et la gare Saint-Lazare.

# LES EQUIPEMENTS ELECTRIQUES DU RER: GENERALITES

par Joseph Handelsman  
Ingénieur en chef, chef du service  
des équipements électriques à la Direction  
des travaux neufs

Les équipements électriques des extensions du RER sont conçus selon les mêmes principes que ceux qui ont été adoptés lors de la réalisation de la ligne Boissy-Saint-Léger et de la ligne de Saint-Germain-en-Laye.

Ils visent à satisfaire trois catégories de besoins :

- besoins en énergie sous forme de courant continu 1 500 V pour la traction des trains et sous forme de courant alternatif 220 V/380 V pour l'éclairage et pour la force motrice nécessaire aux appareils électromécaniques;
- besoins propres à l'exploitation (épuisement des eaux, télécommunications, commande centralisée, signalisation);
- besoins liés au confort des voyageurs (appareils élévateurs et translateurs, ventilation et climatisation).

Sauf évolution très rapide de la technologie, les installations nouvelles sont identiques ou tout au moins similaires à celles précédemment mises en service, selon le même esprit de fiabilité et d'économie en faisant par conséquent appel à toutes les ressources de la standardisation, de l'interchangeabilité et de la préfabrication

Les équipements les moins évolutifs sont décrits ci-dessous : traction, éclairage-force, époussetage. Les équipements plus sophistiqués font l'objet d'articles particuliers dans le présent bulletin : signalisation, télécommunications, ventilation, commande centralisée.

## Traction

Les motrices sont alimentées par caténaire en courant continu 1 500 V.

## Alimentation

Le courant 1 500 V est fourni par les postes de redressement (PR) de 3 000 kW alimentés en moyenne tension 15 ou 20 kV. : deux nouveaux PR (Luxembourg et Châtelet Sud) pour la ligne de Sceaux, trois nouveaux PR (Châtelet Ouest et Est, Gare de Lyon) pour Auber-Nation, quatre nouveaux PR pour Marne-la-Vallée (un à Fontenay-sous-Bois, un à Val-de-Fontenay, un à

Neuilly-Plaisance, un à Noisy-le-Grand); les deux PR les plus éloignés sont alimentés en 20 kV par l'EDF, les autres en 15 kV à partir des postes haute tension de la RATP qui reçoivent eux-mêmes leur énergie du réseau EDF en 63 ou 225 kV.

## Sectionnements

Chaque secteur est sous la dépendance d'un poste de commande traction (PCT); les voies V1 et V2 sont indépendantes.

Il a été créé pour la ligne de Sceaux un secteur Luxembourg-Châtelet commandé depuis le PCT Châtelet; pour Auber-Nation le secteur Étoile-Auber a été allongé jusqu'à Châtelet et un secteur nouveau, Châtelet-Nation, a été créé; pour la ligne Marne-la-Vallée on a procédé à la modification du secteur Nation-Fontenay-sous-Bois, à la création des secteurs Fontenay-sous-Bois-Neuilly-Plaisance et Neuilly-Plaisance - Noisy-le-Grand-Mont d'Est, commandés respectivement par les PCT de Fontenay-sous-Bois et de Noisy-le-Grand Mont d'Est.

Les coffrets de déclenchement installés le long de la ligne tous les 200 m environ permettent de couper le courant par secteur et par voie. Les secteurs d'alimentation sont découpés en sections élémentaires sur chaque voie par l'intermédiaire de sectionneurs d'isolement télécommandés (SIT) normalement fermés.

## Constitution de la caténaire

● Sur les parties aériennes de la ligne de Marne-la-Vallée, la caténaire est du type « normal » comprenant un porteur principal en bronze de 116 mm<sup>2</sup>, un porteur auxiliaire en cuivre de 104 mm<sup>2</sup>, deux fils de contact en cuivre au cadmium de 107 mm<sup>2</sup>, deux feeders en cuivre de 262 mm<sup>2</sup>. Les fils de contact sont à 5,75 m au-dessus du plan de roulement sauf en certains points particuliers et sur le viaduc de Neuilly-Plaisance (5,16 m) où des supports spéciaux à crosse ont été utilisés en harmonie avec l'esthétique de l'ouvrage.

Les portées sont de 27 à 63 m.

● Dans les parties souterraines, la caténaire est du type « simple » à un porteur de 116 mm<sup>2</sup>, deux fils de contact de cuivre au cadmium de 107 mm<sup>2</sup>, deux feeders en cuivre de 262 mm<sup>2</sup>.

Dans les tunnels à une seule voie, afin de respecter la hauteur minimum de 4,65 m de fils de contact au-dessus du plan de roulement, un armement spécial de très faible encombrement a dû être étudié.

Les portées sont de 20 à 36 m.

## Eclairage-force

### Nombre et puissance des postes « éclairage-force »

Le prolongement de la ligne de Sceaux à Châtelet-les Halles est alimenté par une artère éclairage et force et par une artère force, avec deux postes totalisant 1 760 kVA installés.

La jonction « Auber - Nation » est alimentée par trois artères éclairage et force et par une artère force, avec douze postes et 19 480 kVA installés dont 7 560 kVA à Châtelet et 8 820 kVA à la gare de Lyon, le reste pour les ouvrages en ligne.

La ligne de Marne-la-Vallée est alimentée en antenne par une artère éclairage et force non secourue, avec quatre postes et 2 600 kVA installés. La basse tension y est secourue par l'EDF.

Les postes sont équipés de transformateurs de puissance nominale 630 kVA, 400 kVA, ou 250 kVA.

## L'équipement en ligne

Pour les tunnels à deux voies, l'éclairage normal est constitué par des appareils fluorescents installés tous les 25 m alternativement sur chaque piedroit. L'éclairage de secours, toujours allumé,

est alimenté par câble pyroténax résistant au feu. Il est fixé sur des supports situés au-dessus de la piste de roulement. L'équipement comprend une prise de courant tous les 100 m dans une niche de sécurité. Chaque tunnel comporte cinq chemins de câbles en tôle galvanisée, placés sous les trottoirs de circulation ou en caniveaux latéraux dans les tunnels à piste de circulation basse.

Pour les tunnels à une voie, l'éclairage normal comporte un appareil fluorescent tous les 12,5 m, au-dessus de la piste de circulation. L'éclairage de sécurité, les prises de courants et les chemins de câbles sont disposés comme ci-dessus.

Dans les parties aériennes, les prises de courant sont installées sur potelet tous les 200 m côté voie 1, et les câbles en caniveaux latéraux.

## La distribution dans les gares

La distribution dans les gares est conforme aux principes adoptés par la RATP : double circuit d'éclairage à partir de sources indépendantes, avec basculement, après délestage, d'un circuit sur l'autre en cas de défaillance de l'une des sources; éclairage de jalonnement, normalement allumé, alimenté par batteries locales.

## Épuisement

● En fonction du profil des souterrains :

— entre Auber et Nation, cinq ouvrages d'épuisement sont nécessaires pour capter les eaux d'infiltration :

- ouvrage Léopold-Bellan à deux pompes de 110 m<sup>3</sup>/h
- ouvrage Nicolas Flamel à deux pompes de 110 m<sup>3</sup>/h
- ouvrage Sébastopol à deux pompes de 130 m<sup>3</sup>/h
- ouvrage Jules César-Bercy à deux pompes de 200 m<sup>3</sup>/h
- ouvrage Rambouillet à deux pompes de 125 m<sup>3</sup>/h

— entre Luxembourg et Châtelet sont installés deux postes de relevage à deux

pompes de 80 m<sup>3</sup>/h vers les postes Sébastopol et Nicolas Flamel ci-dessus,

— sur la ligne de Marne-la-Vallée un poste d'épuisement à deux pompes de 250 m<sup>3</sup>/h est implanté boulevard de Vincennes.

● Chaque poste d'épuisement est à deux groupes électropompes submersibles correspondant chacun au débit d'apport d'eau, l'un en service, l'autre en secours.

Le poste est alimenté par deux câbles provenant chacun de l'un des deux tableaux basse tension du poste éclairage - force voisin (circuit non délestable).

● A la gare du Luxembourg, l'épuisement est assuré par deux pompes de 25 m<sup>3</sup>/h installées dans un local en sous-quai, voie 1.

● A la gare de « Châtelet - Les Halles », les eaux sont recueillies aux points bas de chacune des galeries et rejetées par deux pompes de 60 m<sup>3</sup>/h, soit au total 360 m<sup>3</sup>/h; deux pompes de 40 m<sup>3</sup>/h équipent le puits Sainte-Opportune à proximité du grand couloir de liaison avec les lignes n<sup>os</sup> 1, 7 et 11.

● A Gare de Lyon, un poste d'épuisement à deux pompes de 250 m<sup>3</sup>/h assure l'évacuation des eaux et le maintien à niveau de la nappe.

La multiplicité des tâches d'équipement électrique, la variété des disciplines auxquelles elles font appel ainsi que leur grande dépendance vis-à-vis du génie civil et des dispositions adoptées pour les aménagements ont impliqué que les « électriciens » soient associés de très près aux études dès le début de l'opération. Elles ont requis une étroite coordination avec les autres corps de métier et une planification détaillée et vigilante des travaux jusqu'à l'achèvement.

En particulier, la période finale de mise au point a nécessité des essais délicats et très minutieux qui ne pouvaient souffrir aucune improvisation ni être abrégés, alors que toute déficience aurait été susceptible non seulement de compromettre la mise en service à la date prévue, mais également de perturber gravement les parties de ligne déjà en exploitation en raison de l'irréversibilité du processus.

En ce qui concerne les équipements le plus souvent indispensables à l'exploitation et pour certains, comme la signalisation, qui engagent directement la sécurité des voyageurs, aucun compromis n'a pu être accepté ni sur la qualité, ni sur la fiabilité.

# LA SIGNALISATION DU RER

par Pierre Genevoys  
Ingénieur en chef adjoint à la Direction  
des travaux neufs

Les principes et les types d'équipements de signalisation du tronçon central et de la ligne de Marne-la-Vallée sont aussi identiques que possible à ceux des phases précédentes, relatives à la ligne de Boissy-Saint-Léger et à la ligne de Saint-Germain-en-Laye.

Outre les installations principales de signalisation de manœuvre et de signalisation d'espacement, pour lesquelles le code de feux utilisé est le code SNCF, les projets d'équipements ont également prévu une reconduction, sur les nouveaux tronçons, des systèmes de répétition des signaux en cabine utilisés jusqu'alors, ainsi que des systèmes de protection des zones privées de courant.

L'ensemble des travaux qui viennent maintenant de s'achever a conduit à la création de nouveaux postes de signalisation à Châtelet et à Noisy-le-Grand, et au remaniement des postes existants de Nation, Auber et Fontenay-sous-Bois.

## Signalisation de manœuvre

Les principes de la signalisation de manœuvre sont basés sur l'utilisation du transit souple, dont on rappellera schématiquement qu'il permet la libération de chaque aiguille dès qu'elle a été parcourue, un autre itinéraire incompatible enregistré pouvant alors se former avant même le dégagement complet du premier itinéraire. L'appareillage correspondant est regroupé en postes dénommés « postes tous relais à transit souple », en abrégé PRS; l'exploitation des postes est faite, en local, à partir de meubles de commande dénommés postes de manœuvre locale (PML), comportant un pupitre et un tableau de contrôle optique (TCO) intégré, à tracé pseudo-continu et à éclairage non permanent.

Les postes sont du type à commande par itinéraire, à partir de platines à boutons intégrées aux pupitres. La destruction intervient par répétition sur les boutons de commande d'itinéraire, ou automatiquement par le passage des convois sur les itinéraires tracés. Des boutons particuliers, jumelés aux boutons de commande d'itinéraires, permettent d'établir des tracés permanents. Le régime de tracé permanent annule la destruction automatique de

l'itinéraire, et la couverture des trains successifs est alors assurée par le block automatique. Les possibilités offertes par le PRS résultent essentiellement des actions conjuguées du transit souple, de la destruction automatique et de l'enregistrement des itinéraires : cette dernière possibilité donne au chef de poste les moyens, après la formation d'un itinéraire, d'en commander un second, incompatible avec le premier; ce nouvel itinéraire se formera automatiquement dès la libération de la dernière aiguille commune aux deux itinéraires.

Le PRS prévoit enfin le surenregistrement des itinéraires : cette possibilité permet au chef de poste de surenregistrer un itinéraire en tracé permanent, alors que deux itinéraires incompatibles ont été précédemment commandés, le premier étant formé et le deuxième enregistré.

Le PRS se caractérise par l'absence de tout enclenchement mécanique ou électromécanique dans le poste. Ses

organes de commande peuvent être manœuvrés librement à tout instant, cette manœuvre n'étant efficace que si les conditions de sécurité le permettent. L'excitation des divers relais intervenant dans la commande d'un itinéraire est à cet effet asservie aux différents enclenchements, rendant impossible toute action relative aux itinéraires incompatibles avec le premier.

Afin de parer aux conséquences de l'erreur d'un chef de poste qui, alors qu'un mouvement approche, voudrait détruire l'itinéraire pour en commander un autre incompatible avec le premier, l'enclenchement d'approche interdit la destruction d'un itinéraire à partir du moment où le conducteur a pu voir le signal d'avertissement du signal origine de l'itinéraire, ouvert. Il est cependant possible pour le chef de poste de se reprendre après une fausse manœuvre; la destruction de l'itinéraire erroné est obtenue moyennant l'application stricte d'une procédure particulière, par fermeture d'urgence du signal à l'aide d'un

### MEUBLE DE COMMANDE DU PML DE CHÂTELET

(photo prise en août 1977, pendant la période de raccordement de l'installation).

En partie supérieure, le Tableau de Contrôle Optique permet de suivre, sur le synoptique du haut, le tracé des itinéraires, l'état des signaux et la position des aiguilles, ainsi que la progression des trains en ligne. Le synoptique inférieur donne le contrôle d'alimentation des diverses sections de caténaire.

Sur le pupitre, on distingue, de droite à gauche : la platine des organes de commande et contrôle annexes (délégation PCC, alimentation de secours, caméras de surveillance des départs, etc.); la platine des annulations de protection caténaire; la platine des commutateurs de fermeture d'urgence et des commutateurs de contresens; et la platine de commande et contrôle des itinéraires. Les emplacements situés à gauche sont destinés aux platines de téléphonie et d'interphonie.



commutateur situé sur la platine, et destruction de l'itinéraire à l'issue d'une temporisation de 30 à 90 secondes. Si le train ne peut s'arrêter et franchit le signal fermé avant la destruction de l'itinéraire, l'enclenchement de transit assurera encore l'immobilisation des aiguilles jusqu'à leur libération.

En dehors des boutons, voyants et commutateurs de table, le chef de poste dispose d'un tableau de contrôle optique (TCO) reproduisant le tracé schématique des voies et l'emplacement des signaux, et comportant également des contrôles accessoires dont certains sont appuyés d'une indication sonore. Sur le tracé des voies, l'occupation des circuits de voie (CDV) est indiquée en rouge, le tracé d'un itinéraire en blanc, les signaux en rouge ou vert, la position des aiguilles par deux voyants dans un « quart de brie ». La partie inférieure du TCO comporte également un tracé des voies représentant le découpage des sections élémentaires de la caténaire; ce tracé, normalement éteint, s'allume en rouge sur les sections non alimentées en courant de traction.

Chacun des postes de signalisation et équipements commandés et contrôlés qui s'y rattachent peut être exploité soit localement à partir de son PML, soit à distance depuis le PCC de Vincennes, par l'intermédiaire d'une télétransmission codée. Le transfert des commandes se fait par délégation, sans dualité; d'une façon plus précise, le PCC peut à tout moment déléguer les commandes individuellement à chaque PRS ou reprendre cette délégation; en local, chaque PRS peut quant à lui prendre les commandes, mais n'a pas pouvoir de les rendre au PCC de sa propre initiative.

La signalisation de manœuvre des nouvelles parties de lignes bénéficie enfin des avantages présentés par les « installations permanentes de contre-sens » (IPCS), qui permettent la circulation des trains à la vitesse normale, à contre sens sur chacune des voix entre deux postes. L'absence de réduction sensible de la vitesse constitue l'innovation par rapport aux « voies uniques temporaires » (VUT) utilisées jusqu'à présent.

A cet effet, les postes d'entrée à contre-sens comportent des itinéraires donnant accès à la voie concernée en sens inverse du sens normal de circulation. Les signaux s'adressant aux trains circulant à contre-sens, y compris les tableaux indicateurs de vitesse (TIV) et les signaux propres à la traction électri-

que, sont implantés à droite. Ces signaux sont normalement allumés.

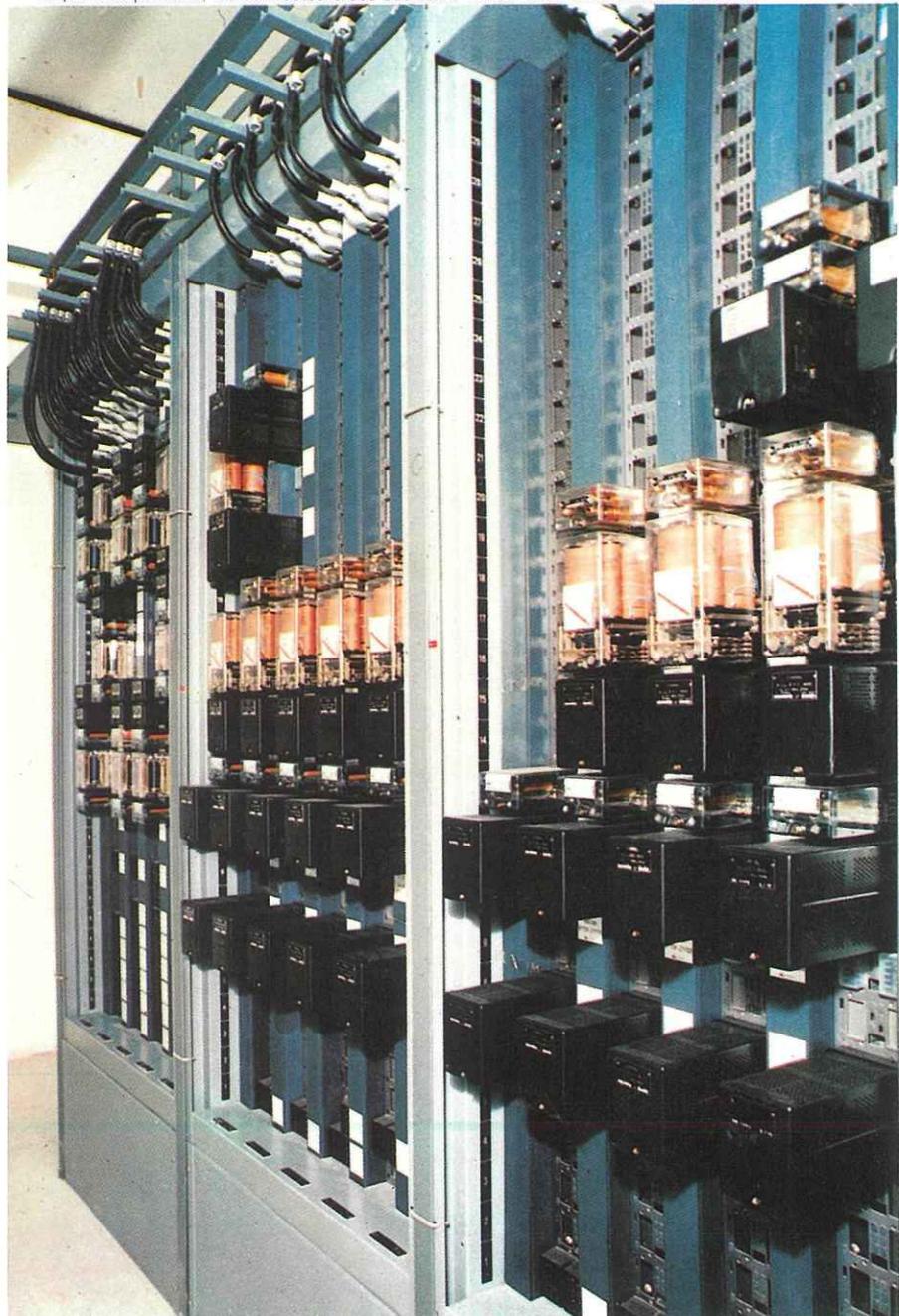
Pour le reste, comme dans les voies uniques temporaires, la protection en espacement reprend l'ensemble de la

zone de contre-sens; l'enclenchement de sens interdit l'accès d'un même intervalle de contre-sens à des mouvements de sens contraire l'un de l'autre, et maintient cette interdiction tant que l'intervalle est occupé.

*PRS DE GARE-DE-LYON — SALLE DES RELAIS EN COURS DE MONTAGE*

*Sur chaque châssis, on distingue, de bas en haut :*

- en plinthe, les tôles de protection derrière lesquelles courent les barres omnibus d'alimentation;*
- juste au-dessus, les socles destinés à recevoir les barettes, les fusibles et les diodes associés aux circuits,*
- les divers relais et blocs débrochables,*
- en partie supérieure, les connecteurs des câbles de raccordement de châssis à châssis.*



## Signalisation d'espace

La signalisation d'espace est réalisée de façon très classique par block automatique permissif, avec signaux munis d'œillets de franchissement permettant de distinguer l'arrêt « espace » de l'arrêt « manœuvre ».

Le block automatique à signaux lumineux (BAL) utilisé est dénommé « block 24 volts » en raison de la tension de sa batterie d'alimentation. Le système utilisé permet la concentration du matériel en station, dans un rayon de 1 500 m. C'est un matériel dit de deuxième génération, dont les originalités se situent uniquement au plan technologique. L'alimentation des feux sous 24 volts, 400 Hz, permet par exemple de réduire la taille des transformateurs utilisés; le

contrôle de l'intensité absorbée par les feux permet d'autre part la détection des lampes hors d'usage, de courts-circuits au culot et de certaines erreurs de puissance de lampe lors d'un remplacement. En cas de panne d'alimentation, la batterie réalise un secours sélectif : au-dessous d'un certain seuil de tension batterie, le secours, qui est total à l'origine, se limite ensuite aux feux essentiels.

## Technologie des équipements de signalisation

Les panneaux lumineux utilisés obéissent au code de feux SNCF. Dans les parties souterraines, les cibles sont du modèle habituel mis en place dès les premiers tronçons de ligne, dans la partie « La Défense-Etoile » en 1970 par exemple. En aérien, de nouveaux modèles de feux plus petits (diamètre du feu : 160 mm) ont par contre été adoptés. Des caissons d'un nouveau modèle, pour les « entrées » et « sorties » d'IPCS, ont également été mis au point.

Le cantonnement utilise des circuits de voie à impulsion de tension élevée Jeumont, avec raccordement des blocs émetteurs et récepteurs par connexions inductives placées à l'intérieur de la voie. Les blocs émetteurs et récepteurs, naguère installés dans des abris de signalisation en campagne (pour ceux qui étaient trop distants des postes), sont, pour les nouvelles parties de lignes, tous logés en station, la distance de l'équipement le plus éloigné n'excédant pas 1 500 m de part et d'autre.

La technologie de relaying est du type NS1 maintenant classique à la Régie.

Les moteurs d'aiguilles sont du type alternatif à friction, avec levier de manœuvre à main incorporé. Il n'y a pas de verrou électrique. Le contrôle est effectué par les verrous carter-coussinet (VCC) ou par contrôleurs Paulvé.

## Répétition ponctuelle des signaux

Le système de répétition ponctuelle des signaux dans les cabines de conduite des trains permet de contrôler que le conducteur a perçu l'état des signaux latéraux et a exécuté les manœuvres prescrites.

A cet effet, la voie est équipée, au droit de chaque signal (ou tout au moins de la majorité d'entre eux), de deux balises, constituées d'électro-aimants dont le sens d'aimantation est commandé par les relais de commutation des feux du signal. L'axe d'aimantation est horizontal et perpendiculaire aux rails, le pôle Nord pouvant être dirigé soit vers l'intérieur, soit vers l'extérieur de la voie. La lecture de ces balises est faite, au passage des trains, par deux capteurs embarqués qui sont essentiellement sensibles au sens du flux détecté. La combinaison deux à deux des quatre informations élémentaires obtenues au passage au droit d'un signal donne ainsi quatre informations composées rendant le système insensible au champ parasite engendré par le courant de traction circulant dans les rails : il est en effet nécessaire d'influencer les deux capteurs pour qu'une information soit prise en compte.

L'ensemble des états que peuvent présenter en ligne les cibles de signalisation latérale est classé en quatre groupes correspondant au code de répétition dans les cabines. Ces quatre groupes rassemblent, en gros, tous les aspects de voie libre ou assimilés d'une part, les annonces d'arrêt (signal ou obstacle) d'autre part, les arrêts permissifs en troisième lieu, et enfin, les arrêts absolus.

Pour certains signaux particuliers simples, qui ne sont pas susceptibles de présenter plus de deux aspects différents, l'une des balises est remplacée par une balise à champ fixe composant un aimant permanent, puisque son flux doit toujours être orienté dans le même sens.

L'implantation dissymétrique des balises, par rapport à l'axe de la voie, permet d'autre part de ne pas enregistrer sur le train les signaux pris à l'envers.



RATP - Travaux neufs

PANNEAU DE SIGNALISATION EN TUNNEL

Au premier plan, Tableau Indicateur de Vitesse et plaque Z, avec marchepied d'accès en position repliée. Au second plan, panneau de signalisation avec grille de protection, plate-forme d'entretien en position repliée, et échelle d'accès.

L'exploitation proprement dite du système se traduit :

- par un enregistrement, sur la bande du chronorachymètre du train, du groupe correspondant à l'indication de chaque panneau de signalisation franchi;
- par le contrôle du respect des consignes relatives à ce groupe;
- par déclenchement d'un signal sonore et arrêt du train par action sur la veille automatique, en cas de non-

respect de ces consignes de la part du conducteur.

La réalisation technologique des équipements ne présente aucune particularité notable. Il faut seulement remarquer, sur un plan général, que le système, présentant toujours une information ponctuelle positive, ne peut être considéré, bien que très fiable, comme « de sécurité », au sens habituellement donné à ce terme en technique de signalisation.

**BALISES DE RÉPÉTITION PONCTUELLE DES SIGNAUX**

La photo présente le cas de balises implantées au pied d'un signal ne comportant que deux indications : la balise extérieure (à gauche), de type « fixe », est constituée d'un simple aimant permanent; la balise intérieure (à droite), est seule du type « commutable ».

Pour le cas général des signaux courants, l'équipement comporte deux balises de type « commutable » identiques, de part et d'autre du rail.



**RÉPÉTITION CONTINUE DES SIGNAUX — ÉQUIPEMENT DE LOGE DE CONDUITE**

Sur la table de conduite des motrices, on distingue, situés derrière le microphone de téléphonie des trains et à côté du chronotachymètre, les trois voyants de répétition continue, respectivement « vert » « blanc » et « jaune », de gauche à droite, correspondant à des indications latérales de « voie libre », « avertissement » et « arrêt »



**Répétition  
continue  
des signaux**

Le système de répétition continue des signaux à bord des trains est réalisé, sur les nouveaux tronçons du RER, pratiquement sous la même forme technologique que celle adoptée pour la première réalisation, en novembre 1970 sur la ligne de Boissy-Saint-Léger. Ce dispositif, qui ne se substitue pas à la signalisation latérale classique mais au contraire la complète, permet de pallier les restrictions de visibilité des signaux dues aux sinuosités du parcours, et parfois au brouillard.

Pour l'exploitant, c'est à dire le conducteur de train, l'équipement se présente sous la forme de trois voyants, vert, blanc ou jaune, qui lui indiquent un ordre de marche caractéristique de l'aspect du prochain signal que va rencontrer le train; cet ordre de marche fait respectivement correspondre aux trois couleurs indiquées ci-dessus les consignes de voie libre, vitesse réduite, et arrêt ou vitesse très réduite.

Un seul voyant est allumé à la fois; l'extinction simultanée des trois voyants correspond à la mise hors service du dispositif, lors de certaines manœuvres

(pénétration en canton déjà occupé ou en zone non aménagée, circulation à contresens, etc...).

Sur le plan technique, le système nécessite :

- d'une part, le codage des informations relatives à l'aspect des signaux en ligne, selon l'une des quatre valeurs citées ci-dessus (vert, blanc, jaune et hors service); les informations élémentaires sont disponibles, pour cela, dans chacun des postes de signalisation successivement rencontrés sur la ligne;
- d'autre part, le transfert à bord des trains du code correspondant, à l'aide d'une transmission « voie-machine ». Cette transmission est réalisée de façon simple en jouant sur la cadence des impulsions de tension utilisées pour les circuits de voie de la signalisation d'espacement proprement dite (il faut rappeler en effet que le fonctionnement du circuit de voie à impulsion de tension élevée, lié très étroitement à la forme d'onde de l'impulsion, n'est par contre que peu sensible à leur cadence). Le recueil des impulsions à bord des trains ne nécessite donc que l'installation de capteurs électromagnétiques sur les motrices, aucun équipement spécifique (câble programme, etc...) n'étant par contre nécessaire sur la voie.

En plus des quatre cadences de base, une réserve de trois cadences supplémentaires est prévue. Le temps de réponse du dispositif est de l'ordre de deux secondes. Il faut noter que la répétition des signaux, essentiellement basée sur la lecture des impulsions « en aval » du train, c'est à dire avant leur shuntage par les essieux de la première motrice, n'est ainsi assurée, sur toute la longueur des cantons, que dans le sens normal de circulation, mais ne l'est plus en marche à contre sens.

Sur le plan de la sécurité, le dispositif répond aux principes appliqués habituellement en signalisation ferroviaire, tout défaut affectant les circuits et tout parasite recueilli par les capteurs ne pouvant qu'entraîner une indication de vitesse plus respective.

La technologie des équipements est classique. Dans les postes de signalisation, les émetteurs des circuits de voie sont pilotés par des blocs électroniques à cadences contrôlées qui définissent la cadence des impulsions. Chaque motrice est équipée de deux capteurs avec amplificateur incorporé, d'un coffret d'appareillage assurant les fonctions techniques (alimentation, déparasitage, sélection des cadences, affichage), et de trois voyants de cabine.

---

## Équipements annexes divers

---

En ce qui concerne l'alimentation de la ligne en courant de traction, il est indispensable d'éviter les risques de détérioration des fils caténaux ou de mettre en cause la sécurité des personnes, en interdisant la pénétration accidentelle des trains sur les sections de ligne hors tension et la remise sous tension par un pontage inopiné de ces sections. La protection intervient sous deux formes :

- au niveau des signaux, l'absence de tension caténaire en aval d'un train se traduit par la présentation d'un signal carré fermé; le dispositif de protection peut être annulé dans le cas de traction diesel;
- au niveau des équipements en courant de traction, par actionnement du dispositif dit de « protection de sectionnement », maintenant classique sur les lignes du RER.

Les parties aériennes de ligne sont enfin équipées d'un système de réchauffage des lames d'aiguille et des verrous carter-coussinet, utilisant des rubans chauffants électriques, alimentés en 380 V monophasé à travers un transformateur d'isolement (un secondaire par file de rail isolée).

L'alimentation des équipements de signalisation est faite en courant alternatif triphasé 380 V issu des postes éclairage - force, sur les circuits « permanents » pour les signaux et moteurs d'aiguilles, et sur circuit délestable pour le réchauffage. Le secours est réalisé par batteries pour les postes et les centres d'appareillage, avec une autonomie de 10 heures.

---

## Procédure

---

Le caractère sécuritaire particulier des installations de signalisation a, dès l'origine, montré la nécessité d'établir et de mettre en place, pour la construction de chaque poste de signalisation, une procédure stricte d'étude, de conception et de vérification par les divers services concernés de la Régie et du constructeur, de façon à aboutir à la mise en service d'équipements essen-

tiellement fiables et répondant en tous cas à tous les critères de sécurité requis en matière d'installation ferroviaire. Cette procédure a donné lieu à l'utilisation d'un vocabulaire particulier définissant officiellement les différentes étapes de la réalisation :

- l'exploitant exprime tout d'abord ses besoins sous la forme d'un « programme »;

- le fonctionnement des installations et les enclenchements sont ensuite détaillés dans les « plans techniques »;

- les circuits types permettant de réaliser les divers enclenchements sont alors donnés sur les « schémas de principe »;

- les divers circuits du poste de manœuvre sont ensuite établis et donnent lieu à l'édition des « schémas d'exécution »;

- enfin, la liste complète des essais à effectuer est détaillée dans les « cahiers d'essais ».

Le principe général du double examen des documents a été retenu. A ce titre, le groupe de travail « postes de manœuvres », créé pour cette tâche au Service des études, intervient en deuxième examen des plans techniques et en premier examen des schémas de principe.

Les essais des postes de manœuvres sont effectués en général en plusieurs temps :

- dans un premier stade, les appareils en campagne sont testés séparément, tandis que les enclenchements des PRS sont vérifiés sur « campagne fictive »; l'ensemble des circuits de chaque poste est à cet effet connecté sur un tableau d'essais muni de divers commutateurs et voyants de contrôle, qui permettent de simuler la position ou l'état des divers appareils en campagne, auxquels sera connecté le poste en phase définitive;

- avant la mise en service, le poste est ensuite connecté à ses appareils en ligne et l'ensemble des manœuvres est alors vérifié sur « campagne réelle »;
- des essais globaux sont enfin réalisés à l'aide de trains.

Il faut noter enfin que les divers éléments mis en œuvre dans les circuits de sécurité doivent avoir reçu l'homologation préalable de la division « signalisation » du Service des études.

# LES TELECOMMUNICATIONS DU RER

par **Pierre Genevoy**  
Ingénieur en chef adjoint à la Direction  
des travaux neufs

Pour rester fidèle à une philosophie générale adoptée dès les premières mises en service (ligne de Boissy-Saint-Léger en 1969 et navette « Étoile - La Défense » au début de 1970), les télécommunications des trois nouvelles sections du RER rassemblent différents types d'équipements qui permettent, entre exploitants ou entre exploitants et voyageurs, l'échange d'informations parlées, écrites, visuelles ou phoniques. Bien que très classiques sur le plan de la conception générale, ces équipements font appel, sur le plan de la réalisation, aux possibilités de techniques et de technologies modernes, ayant néanmoins fait leurs preuves, ailleurs et pendant suffisamment de temps, pour ne pas faire courir à leurs utilisateurs des risques inutiles.

Les principales installations entrant dans ce cadre sont :

- la téléphonie (réseau de lignes directes spécialisées, réseau automatique privé et branchement au réseau d'État);
- la téléphonie des trains;
- les réseaux de télévision;
- la sonorisation;
- la distribution de l'heure;
- l'affichage de la destination des trains;
- la détection d'incendie.

## Téléphonie

Les liaisons téléphoniques nécessaires à l'exploitation comportent, d'une part, des relations générales avec les différents services de la RATP, assurées par extension du réseau automatique privé de la Régie, et d'autre part, des liaisons spécialisées à courte ou moyenne distance, appropriées aux fonctions de chaque station, et qu'il est apparu plus économique et plus sécuritaire de constituer par des réseaux locaux autonomes.

## Téléphonie automatique

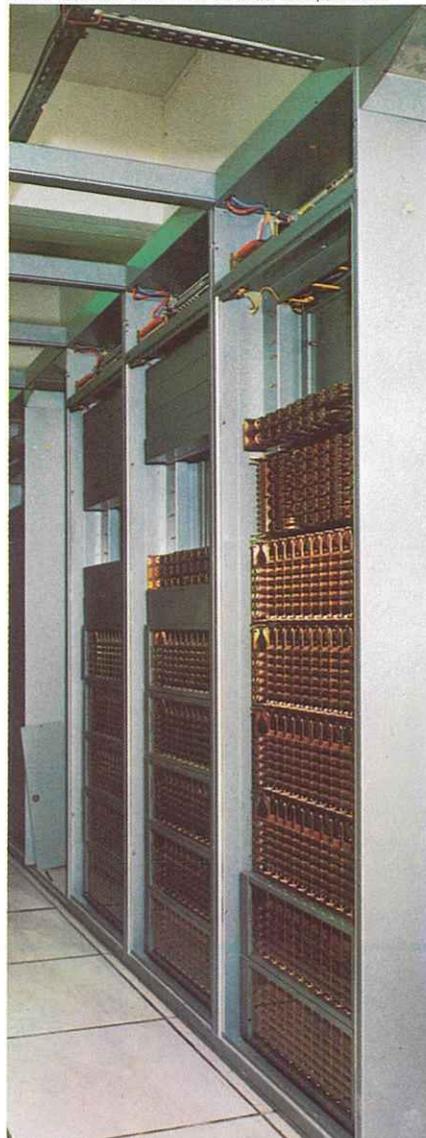
L'ensemble des actions concernant le réseau automatique privé RATP porte d'une part, sur le raccordement des postes d'usagers des sections « Auber-Nation » et « Luxembourg-Châtelet »

aux autocommutateurs existants de Bercy et Denfert-Rochereau, et d'autre part, sur la création d'un nouvel autocommutateur dans la gare de « Noisy » de la ligne A auquel sont raccordés les postes d'usagers des gares de « Nation », « Vincennes », « Fontenay-sous-Bois », « Nogent », « Val de Fontenay », « Neuilly-Plaisance », « Bry » et « Noisy ».

L'accès de certains postes d'usagers au réseau national des PTT est obtenu

### AUTOCOMMUTATEUR DE NOISY-LE-GRAND - MONT D'EST

*On distingue notamment les cadres de multisélecteurs du système Crossbar, qui occupent sensiblement les deux tiers inférieurs de chaque baie.*



RATP - Travaux neufs

par l'intermédiaire des prises directes des autocommutateurs de la Régie. Environ 350 postes de nouveaux usagers ont été ainsi raccordés au réseau RATP.

Les données de trafic prévoient 0,05 Erlang pour les lignes de postes et 0,07 Erlang pour les lignes interautomatiques. La numérotation est de type traditionnel, homogène à quatre chiffres, avec possibilité d'extension à cinq chiffres prévue sur l'autocommutateur de Noisy. Cet autocommutateur comporte nominalelement 300 directions, avec une extensibilité à 700 pour tenir compte des besoins futurs. La commutation est de type électromécanique « Crossbar ».

Pour les lignes de postes correspondant à des distances supérieures à sept kilomètres, ainsi que pour les lignes interautomatiques, les liaisons sont constituées par groupes de trente voies et acheminées au moyen d'un système de transmission temporel MIC type TN1b.

## Réseaux de téléphonie directe

(téléphonie dite « manuelle »)

Ces réseaux, exploités à partir de pupîtres à boutons, peuvent être classés en deux catégories indépendantes :

- réseaux des postes de manœuvre, essentiellement liés au trafic des trains;
- réseaux des centres de surveillance et des bureaux d'information, liés au trafic des gares.

Chaque réseau de poste de manœuvre, limité à la zone d'action du PLM correspondant, comprend principalement des liaisons avec les téléphones placés en pleine voie, soit à proximité des signaux d'arrêt (téléphones dits « de carré » reliés au pupître aiguilleur de façon individuelle), soit à proximité des coffrets de déclenchement permettant la coupure du courant de traction (téléphones dits « d'alarme », ramenés à leur PML en quatre groupes correspondant à chaque voie et à chaque demi-interstation amont et aval).

Tous les PML d'une même ligne sont d'autre part reliés entre eux par un réseau spécial dit « d'appel général », qui permet à chacun d'appeler simultanément tous les autres, soit pour passer un message d'intérêt général, soit éven-

tuellement pour entrer en communication avec l'un d'eux en particulier.

Les réseaux des centres de surveillance et des bureaux d'information, destinés aux chefs de service des stations et de conception similaire à ceux des postes de manœuvre, sont constitués essentiellement par des liaisons internes indispensables à l'exploitation de chaque gare.

Ils comportent également des liaisons latérales avec les centres de surveillance ou bureaux d'information des gares encadrantes. Un réseau d'appel général, similaire à celui des postes de manœuvre, les relie de même entre eux.

L'ensemble de ces réseaux est enfin relié aux postes de commande centralisée respectifs de chaque ligne (PCC de Vincennes pour la ligne A, PCC de Bourdon pour la ligne B) qui, en exécution du rôle de supervision générale dont ils sont chargés, doivent pouvoir intervenir directement sur le trafic de leurs lignes. Y aboutissent ainsi, outre les différentes lignes du réseau automatique privé RATP et du réseau commuté d'État, les circuits d'appel général des postes de manœuvre (AG 2) et des chefs de service (AG 1) et l'ensemble des lignes de postes de chaque PML.

Les diverses commutations sont réalisées par connexion à distance des équipements de téléphonie situés dans les gares. Cette « téléconnexion » emprunte le canal général de la télétransmission du poste de commande centralisée.

## Téléphonie des trains

La téléphonie des trains permet d'assurer une liaison permanente bilatérale entre PCC et trains en ligne, que ceux-ci soient en mouvement ou à l'arrêt.

Les installations de ce type qui viennent d'être mises en service sont les extensions normales aux nouvelles parties de ligne des deux systèmes existant jusqu'alors :

- la téléphonie haute fréquence à courants porteurs pour la ligne A;
- la radiotéléphonie pour la ligne B.

Au stade futur de l'interconnexion, pour des raisons évidentes de compati-

bilité avec les équipements du matériel SNCF, l'ensemble des installations du RER sera reconverti et équipé du seul système de radiotéléphonie.

## Téléphonie haute fréquence

(sections nouvelles « Auber-Nation » et « Fontenay-sous-Bois - Noisy-le-Grand »)

La liaison couvre désormais l'ensemble de la ligne A, par un découpage en secteurs qui coïncide avec celui de l'alimentation en courant de traction. Elle est réalisée en alternat, de façon simultanée pour tous les trains se trouvant sur un même secteur.

Le PCC de Vincennes, quant à lui, peut lancer des appels étendus à plusieurs secteurs. Les conversations ont lieu à haut niveau sur les trains (microphone et haut-parleur); au PCC, elles aboutissent sur combiné téléphonique,

l'écoute seule étant doublée à haut niveau sur haut-parleur. Une tonalité d'attente à 800 Hz peut être émise sur chaque secteur par le régulateur du PCC, en cas d'appels simultanés ou d'encombrement de la ligne.

Sur chaque secteur, la transmission « sol-trains » est assurée, par l'intermédiaire du contact caténaire-pantographe, au moyen de courants porteurs modulés en fréquence, entre un émetteur-récepteur fixe, situé approximativement au centre du secteur, et les postes émetteurs-récepteurs mobiles installés à bord des motrices. La fréquence HF du courant porteur est de 105 kHz; la « porteuse HF » est modulée en fréquence par la parole. L'excursion de fréquence est de + ou - 4 kHz.

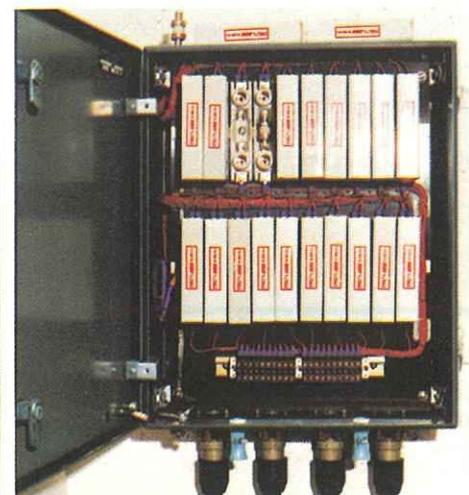
Chaque station fixe, affectée à chaque secteur téléphonique, échange à son tour avec le PCC la seule modulation par des paires du réseau de câbles téléphoniques traditionnels (câbles « grande distance »).

### ARMOIRE THF DE NOISY-LE-GRAND - MONT D'EST

On trouve successivement, de haut en bas : un rack répartiteur avec prises de test en face avant, un rack arrivées de câbles, deux tiroirs d'amplis de puissance (5 amplis par tiroir, avec, en face avant, les prises de test et boutons de réglage des tensions de sortie sur boîte de couplage), un tiroir émission-réception avec haut parleur de contrôle, un tiroir « translateur » avec signalisation de défauts en face avant, un rack d'alimentation et un rack batteries.

### TÉLÉPHONIE DES TRAINS - GARE DE LYON

Coffret de protection des circuits HF par fusibles para-surtension 1500 volts (les deux fusibles débouchés laissent voir les éclateurs; celui de gauche est posé sur le dessus du coffret).



La distribution HF à la caténaire est faite par câble spécial issu de la station fixe. Le nombre des points d'injection par secteur peut être adapté en fonction de l'affaiblissement particulier de certaines zones.

Le découplage de la HF et du courant de traction aux points d'injection et à bord des motrices, ainsi qu'entre secteurs adjacents en ligne, est réalisé par coffrets spéciaux, dénommés «boîtes de couplage» ou «boîtes de séparation», dont les éléments essentiels sont des condensateurs à haut isolement, connectés en T<sub>e</sub> ou en P<sub>i</sub> selon l'efficacité de séparation désirée.

Chaque station fixe comporte, en armoire, un groupe émetteur-récepteur de caractéristiques sensiblement analogues à celles des postes mobiles; la puissance haute fréquence à l'émission des postes mobiles est de 30 W; les groupes émetteurs-récepteurs fixes comportent dix sorties séparées réglables, d'une puissance d'émission HF de 30 W.

L'alimentation est normalement assurée, pour les armoires fixes, en courant alternatif monophasé 220 V issu du circuit «permanent»; une batterie incorporée à chaque armoire assure l'alimentation en secours, avec une autonomie de deux heures. Le matériel embarqué est alimenté à partir du 72 volts continu, en provenance de l'ensemble «batterie-statodyne» de la motrice.

Un dispositif d'entraide permet aux équipements d'un même élément (deux motrices encadrant une remorque) de se secourir mutuellement.

Le système transmet également au PCC par voie HF, l'alarme-vigilance émise à bord des trains en cas de défaillance du conducteur, sous forme d'une modulation de 800 Hz.

## Radiotéléphonie

(nouvelle section  
«Luxembourg-Châtelet»).

La liaison par radiotéléphonie relie l'ensemble des trains de la ligne de Sceaux au poste de commande centralisée de Bourdon-Crillon. Cette liaison bilatérale est réalisée par propagation d'ondes hertziennes entre des postes émetteurs-récepteurs mobiles implantés sur chaque motrice et des postes émetteurs-récepteurs fixes répartis le long de la ligne, et reliés par paires téléphoniques au PCC.

Le PCC peut appeler tous les trains de la ligne selon trois modes :

- en appel sélectif, chaque train étant contacté individuellement;
- en appel général, concernant à la fois tous les trains de la ligne;
- en appel par canton radio, concernant à la fois les seuls trains d'un même canton.

Les postes fixes et mobiles sont en veille permanente, sauf en période d'émission. En cas d'appel simultané de plusieurs trains vers le PCC, ce dernier doit faire un choix et demander à chaque conducteur de renouveler séparément son appel. En général, les trains d'un même canton radio ne peuvent s'entendre entre eux, mais le PCC a la possibilité de les mettre en relation, tout en restant à l'écoute.

Il existe enfin, comme pour la téléphonie par courants porteurs, un dispositif sur les trains dit d'«alarme-vigilance» déclenchant l'émission automatique et temporisée d'une alarme transmise par voie radio au PCC; la localisation de cette alarme intervient globalement au niveau de chaque canton radio.

Les conversations ont lieu à haut niveau sur les trains (microphone et haut-parleur), et sur combiné téléphonique, doublé par haut-parleur pour l'écoute seule, au PCC. Les échanges de conversation se font par alternat.

Le canal radio réservé à la liaison comprend deux fréquences, chacune étant affectée à un sens de transmission et modulée en phase par la parole :

- 456,450 MHz pour le sens PCC-train;
- 466,450 MHz pour le sens train-PCC.

L'excursion maximale de fréquence est de  $\pm 5$  KHz.

La sélection d'appel est obtenue par émission de fréquences «codes» de modulation, choisies dans la gamme des dix fréquences comprises entre 1080 Hz et 2160 Hz pour l'appel sélectif, et de 2520 Hz pour l'appel général et l'appel par canton radio.

La couverture radioélectrique de la partie en tunnel comprise entre Luxembourg et Châtelet est assurée :

- en tunnel courant, au moyen d'un câble rayonnant fixé à la partie supérieure de la voûte, sensiblement à la hauteur du toit des motrices;
- en station, au moyen d'un câble rayonnant fixé en murette de quai, par des antennes judicieusement disposées, ou par un système combinant les deux types d'«aérien».

Pour les parties aériennes de la ligne, qui représentent environ 90 % de sa longueur, la couverture est assurée par un émetteur-récepteur principal situé au Fort-de-Palaiseau, selon deux axes Ouest (Palaiseau-Saint Remy) et Nord (Palaiseau - Robinson - Bourg-la-Reine - Denfert-Rochereau). Certaines zones aériennes éloignées du récepteur principal, ainsi que certaines sections de tunnel court (tunnel de Gentilly ou de Bourg-la-Reine), sont équipées de récepteurs annexes afin d'améliorer la qualité de réception fixe.

Enfin, la partie de tunnel comprise entre Luxembourg et Denfert-Rochereau est couverte par un câble rayonnant, de manière identique à la partie de tunnel comprise entre Luxembourg et Châtelet.

Les émetteurs-récepteurs de station fixe courante ont une puissance d'émission de l'ordre de 10 W. L'alimentation des équipements est faite à partir du réseau 220 volts alternatif «permanent». L'alimentation de secours par batterie assure une autonomie de 24 heures.

L'émetteur-récepteur principal de Fort-de-Palaiseau est de plus doublé, avec commutation automatique, dès que la puissance de l'émetteur en service devient inférieure à la demi-puissance nominale.

Les précautions particulières sont prises pour éviter la création d'une zone d'interférences parasites entre stations fixes voisines. Le champ minimum assuré pour 98 % des lieux est de l'ordre de 3 microvolts, avec d'éventuels «trous» toujours inférieurs à un mètre, sur la partie souterraine de la ligne, de Denfert-Rochereau à Châtelet.

---

## Télévision

---

La surveillance télévisuelle effectuée dans les gares est réalisée selon deux réseaux distincts :

- l'un, composé de chaînes autonomes «caméra — liaison coaxiale — récepteur», est à la disposition des conducteurs des trains pour leur permettre de surveiller la montée et la descente des voyageurs, lorsque la longueur des rames ou la courbure des quais rend impossible une vue directe de l'ensemble des portes des voitures.
- l'autre est destiné à visualiser, dans les centres de surveillance ou les

bureaux d'information des gares, les divers accès et, en particulier, le fonctionnement et la manœuvre à distance des escaliers mécaniques.

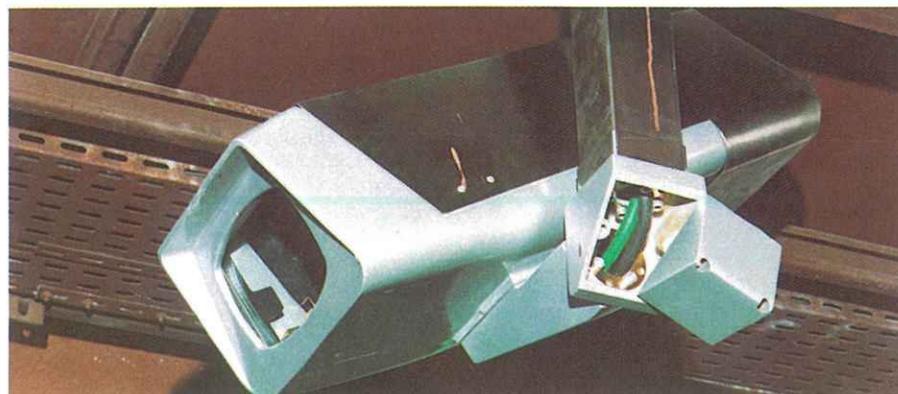
Ces réseaux, constitués en général d'un grand nombre de caméras restituant leur image sur une « régie » de deux à dix récepteurs selon l'importance des gares, nécessitent un dispositif de commutation d'images intermédiaire. Cette fonction est assurée, selon les cas et l'époque de leur installation, par simple sélecteur à relais ou de type électromécanique (CS de Nation, Étoile, ou La Défense), en commutation électronique avec logique câblée (CS d'Auber) ou logique-programmée (CS de Châtelet et de Gare de Lyon). En cas de débordement du nombre d'images sélectionnées par rapport au nombre d'écrans, la sélection de caméra non satisfaite est mise en attente, avec indication lumineuse du débordement, et restituée automatiquement dès la première disponibilité d'écran.

Les caméras utilisées sont du type « compact », maintenant classique, entièrement transistorisées.

Certains cas spéciaux d'accès (escaliers mécaniques longs et trottoirs roulants par exemple) utilisent pour leur visualisation un ensemble de deux caméras, dont l'une est équipée d'un dispositif supplémentaire de « truquage » permettant de faire apparaître sur un seul écran de réception les deux images partielles des lieux ainsi surveillés.

**NOUVEAU TYPE DE BOITIER SUPPORT POUR CAMÉRA DE TÉLÉVISION**  
(maquette de présentation pendant la période des travaux)

L'objectif et les câbles sont totalement enfermés dans le support et sont inaccessibles au public.



## Sonorisation

La diffusion d'annonces aux voyageurs est réalisée dans les gares par des installations de sonorisation auxquelles peuvent accéder divers organismes du Service de l'exploitation du réseau ferré.

ces organismes sont, dans l'ordre décroissant des priorités :

- les postes de commande centralisée,
- les postes de manœuvre, pour les gares en comportant, et pour la sonorisation des quais seulement,
- les centres de surveillance et bureaux d'information, pour l'ensemble des gares.

Dans chaque gare, la sonorisation est répartie en un certain nombre de zones, selon la grandeur et l'architecture des lieux.

Au stade actuel, les équipements relatifs aux PCC ne sont pas réalisés, seules des mesures conservatoires étant prises (réserves de liaisons dans les câbles) pour permettre ultérieurement la diffusion d'une modulation depuis Vincennes ou Bourdon.

En cas d'urgence ou de nécessité, les postes de manœuvre des gares peuvent effectuer des annonces sur chacun des quais, en priorité celles diffusées par les chefs de service. De même ultérieurement, les PCC pourront interrompre les annonces faites en local pour passer des messages prioritaires.

Les équipements utilisent des amplificateurs en modules de 50, 100 ou 200 watts sur carte imprimée. Les diffuseurs sont, soit des haut-parleurs individuels, soit des systèmes directifs (colonnes sonores), ou accordés (projecteurs de son).

Les équipements de sonorisation, considérés comme sécuritaires (diffusion d'annonces propres à rassurer ou à orienter le public en cas d'incendie par exemple), sont pourvus, dans les gares souterraines, d'une alimentation secourue par batterie et de liaisons réalisées en câbles de type « pyroténax » résistant au feu.

## Chronométrie

La distribution horaire est réalisée dans chaque gare à partir d'une centrale horaire alimentant en impulsions 48 volts, selon le mode « série », des horloges réceptrices réparties dans les divers locaux, accès ou quais.

Les centrales horaires sont équipées de régulateurs à fonctionnement autonome de grande précision (dérive journalière moyenne inférieure à 1/10<sup>e</sup> de seconde), avec synchronisation par le centre pilote de Vincennes pour l'ensemble du RER.

Dans les grandes gares (Châtelet, Gare de Lyon, etc.), et dans les gares terminus (Noisy par exemple), la centrale comporte un régulateur pilotant deux circuits de puissance, dont un en secours de l'autre. Dans les gares de moyenne importance, le régulateur ne comporte qu'un seul circuit. Chaque régulateur est constitué d'un pilote chronométrique à quartz (précision supérieure à 10<sup>-7</sup>) avec horloge de contrôle à affichage digital (diode à 7 segments).

Les horloges réceptrices, avec shunt associé, indiquent :

- la minute, à partir de la distribution « 1/2 minute inversée », pour les équipements des bureaux et des locaux à l'usage du public;
- la seconde, à partir de la même distribution « 1/2 minute inversée » mais avec trotteuse asservie (moteur synchrone), pour les horloges destinées aux services de l'exploitation.

Elles sont de type « à cadran » ou « à volets tournants », étanches ou protégées, selon leur destination.

## Affichage de la destination des trains

Sur chaque quai de gare, un ensemble de pancartage lumineux indique aux usagers la liste des gares desservies par le prochain train s'arrêtant dans la gare et matérialise la composition du convoi (tête et arrière du train, position d'arrêt des voitures de 1<sup>re</sup> classe).

Ce pancartage, prévu uniquement pour le sens normal des circulations, est commandé séquentiellement selon trois modes (« local manuel », « local automatique » et « PCC »). Le changement de séquence se fait automatiquement au passage des trains dans chaque gare. Le pupitre de commande en local se situe en général dans les postes de manœuvre ou, pour les gares n'en comportant pas, dans les bureaux d'information ou centres de surveillance. Cet affichage se présente directement « en clair » pour les voyageurs, par le jeu d'un codage par matrice à diodes.

Le mode « manuel » permet à l'exploitant d'afficher, en secours, pour chaque train à venir, la liste des gares desservies, par une triple sélection manuelle (lettre repère de la mission du train, chiffre repère de sa composition, et indication éventuelle de la voie de passage ou du quai de départ).

En mode « local automatique », le travail de sélection intervient automatiquement à partir de programmes enregistrés sur bande perforée ou sur mémoire REPRON selon les gares. Ces programmes, banalisés par voie, rassemblent sous forme codée l'ensemble des missions correspondant à toutes les circulations de la journée, chaque automatisme local y sélectionnant les informations relatives à sa propre gare.

En mode « PCC », l'appareillage est commandé directement par les automatismes du poste central, les organes de commande locale étant alors inactifs (PCC de Vincennes).

Les équipements de logiques locales sont réalisés, selon les gares, soit en appareillage câblé, soit par microprocesseurs (gares les plus récentes).

Sur les quais, les indicateurs de composition se présentent sous la forme de caissons à palettes éclairées par

### INDICATEURS DE DESTINATION ET DE COMPOSITION - LA DÉFENSE

On voit en haut l'indicateur de destination (les plots allumés désignent les stations desservies par le train) et au-dessous, l'indicateur de composition à palettes éclairées par réflexion. (On remarque à gauche une caméra de télévision en boîtier de l'« ancien » modèle.)

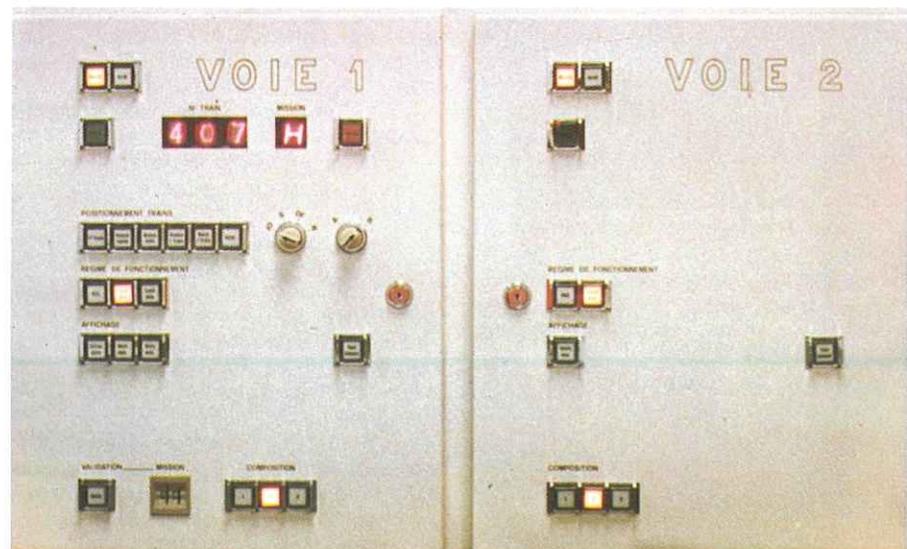


RATP - Carrier

### AFFICHAGE DE DESTINATION - PUPITRE DE COMMANDES LOCALES

La photo correspond à des équipements programmés en mémoire « Repron ». On trouve, sur les deux platines de commande V1 et V2, de haut en bas : les visualiseurs du numéro et de la mission du train et les différentes touches de positionnement des trains, de sélection de mode et d'affichage.

Les équipements commandés à partir d'un programme sur bande perforée ont une présentation analogue avec, en plus, un tiroir central contenant les bandes et les lecteurs.



RATP - Thibaut

réflexion, selon la technique bien connue et utilisée dans de nombreux aéroports (type Solari).

Les indicateurs de destination sont des caissons lumineux éclairés par transparence, sur lesquels les « stations desservies » sont désignées par l'allumage d'un plot lumineux en regard de leur nom. Chaque plot lumineux comporte neuf lampes basse tension de 16 000 heures de durée de vie, alimentées en parallèle, et arrangées en matrice de 3x3, de sorte que la luminosité du plot reste satisfaisante si trois lampes sur neuf sont éteintes. Une étude de fiabilité a montré que l'on pouvait espérer, au bout d'une année de fonctionnement, ne pas avoir plus d'un plot sur 1000 au total présentant plus de trois lampes éteintes. Cette technique permet, pour l'entretien, de remplacer les interventions sur dépêche par des visites périodiques programmées d'avance avec remplacement systématique des lampes au bout d'un certain temps de fonctionnement.

Les nouvelles gares de la ligne B sont équipées de dispositifs similaires à ceux fonctionnant jusqu'ici sur la ligne; les appareillages sont uniquement locaux, sans possibilité de reprise en automatisme par le PCC de Bourdon.



RATP - Thibaut

AFFICHAGE DE DESTINATION - DÉTAIL D'UN PLOT LUMINEUX

On distingue au centre les 9 lampes type « Midjet » logées dans les alvéoles réflecteurs. Le boîtier embrochable, en alliage léger moulé, fait office de support et de radiateur de chaleur.

## Centres de surveillance des grandes gares

Dès les premières phases d'installation, les grandes gares du RER ont été dotées d'équipements spécifiques de contrôle et de commande, regroupant en un point de la gare, appelé centre de surveillance, un ensemble de moyens susceptible d'assurer la sécurité des voyageurs en toute circonstance, et de canaliser leurs déplacements à l'intérieur de la gare de façon optimale.

Les fonctions ainsi regroupées concernent :

- la téléphonie, par lignes directes de sécurité, ou par lignes commutées du réseau automatique privé RATP ou du réseau d'État;
- la sonorisation de la gare, par « public-adress » ou par interphones, pour la diffusion d'annonces et de musique d'ambiance et pour la liaison avec les voyageurs en difficulté, sur les quais et dans les accès et salles divers;
- la commande et le contrôle des escaliers mécaniques et trottoirs roulants (mise en marche en montée ou descente, remise en marche après arrêt d'urgence par les systèmes « coup de poing » mis à la disposition des voyageurs), avec visualisation par télévision;
- la commande des ascenseurs (arrêts aux paliers haut et bas, redémarrage après un arrêt intempestif dû par exemple à une surcharge); les paliers sont visualisés par télévision; le fonctionnement des ascenseurs est automatique.
- la commande de surveillance des quais, accès et salles par télévision;
- la commande de l'éclairage de la gare, globalement ou par zones;
- la commande des lignes de contrôle (mise en passage simulé et mise hors tension);
- la commande individuelle des arrêts d'urgence de la ventilation et de la climatisation en cas d'incendie ou de défaillance des équipements (ces commandes ne sont actives qu'après actionnement d'un commutateur à clé, pour éviter les conséquences graves d'une manœuvre intempestive);
- le contrôle des alarmes techniques, correspondant à la surveillance du bon fonctionnement des principales installations de la gare (postes éclairage-force, épuisements, etc.);

— pour les gares récentes de Châtelet et de Gare de Lyon, la détection d'incendie).

Sur le plan ergonomique, la réalisation de ces équipements varie selon les gares et l'époque de réalisation : les premiers équipements (Nation, la Défense, Charles-de-Gaulle-Étoile) étaient constitués d'un pupitre unique regroupant un certain nombre de platines fonctionnelles correspondant à chacun des types de commande énumérés ci-dessus; ce pupitre était complété d'un tableau de contrôle optique unique portant, superposés ou juxtaposés, le synoptique des escaliers mécaniques, trottoirs roulants et ascenseurs d'une part, et la « régie » des écrans récepteurs de télévision d'autre part. Pour les trois dernières gares (Auber, Châtelet, Gare-de-Lyon), l'ensemble des fonctions est réparti entre un certain nombre de petits pupitres spécialisés (sept ou huit pupitres dont un plan de travail) correspondant chacun à une « famille » d'équipement, complétés d'un TCO pour la visualisation des appareils élévateurs et translateurs (visualisation de fonctionnement et visualisation des alarmes sur avarie), d'une baie de télévision en meuble distinct pour la « régie » de visualisation, et d'une baie technique, en meuble distinct également, pour les commandes de confirmation d'arrêt d'urgence des escaliers mécaniques, en cas d'incendie par exemple. (Voir photo en fin d'article ainsi que celles figurant dans la partie : « L'exploitation du RER »).

Les principes d'exécution essentiels de ces réalisations concernent :

- la sauvegarde au niveau local de la sécurité intrinsèque des appareils commandés; le centre de surveillance n'ayant qu'un rôle de contrôle et de commande « conditionnels », tout ordre issu du centre dont les conditions locales d'exécution ne seraient pas réunies (maintien en surcharge d'un ascenseur par exemple) ne serait pas exécuté par l'appareillage concerné;
- la réalisation des liaisons, faites par fils directs (« fil à fil »), à l'exclusion de toute télétransmission de type codé, non sécuritaire; certaines liaisons à caractère hautement sécuritaire sont de plus traitées en câbles incombustibles (pyroténax);
- la réalisation des alimentations issues, soit directement de la distribution en courant alternatif « permanent », (cas de la télévision), soit de systèmes secourus par batteries, pour des raisons de sécurité (cas de la téléphonie, de la sonorisation).

COMPARAISON QUANTITATIVE DES SIX GRANDS CENTRES DE SURVEILLANCE.

CENTRES DE SURVEILLANCE						
Fonctions \ Gares	Nation	Etoile	Défense	Auber	Châtelet	Gare de Lyon
TELEPHONIE						
Lignes directes	18	19	25	31	35	22
Autom. RATP	1	1	1	1	1	1
PTT	1	1	1	1	1	1
Appel Gal	1	1	1	1	4	2
Claviers	7x8 touches	7x8t.	7x8t.	6x9t.	7x9t.	5x9t.
ALARMES						
Nb. claviers	4x9voyants	4x8 <sup>v</sup>	4x9 <sup>v</sup>	6x11 <sup>v</sup>	7x11 <sup>v</sup>	7x11 <sup>v</sup>
ARRETS D'URGENCE						
Nb. claviers	4x2t.	4x2t.	4x2t.	4x5t.	6x4t.	6x5t.
SONO.						
Nb. zones	7	7	6	9	6	5
Nb. claviers	1x6t.+4x3t.	4x3t.	4x2t.	2x7t.	2x7t.	2x7t.
INTERPHONE						
Nb. zones	2	2	2	2	5	3
Nb. claviers	1x5t.	1x5t.	1x5t.	[ 1 x 7t. + 1t parasc	1x7t.	1x7t.
T V						
Moniteurs	6	8	10	10	10	10
Nb. zones	18	13	25	26	23 (cyclique)	20
Surveil. quais	8	8	16	8	32	10
Nb. claviers*	7x3t.	7x3t.	6x6t.	6x8t. (asc.) 16x2t.	{ 4x8t. 4x3t. 2x12t } cycliq.	5x8t.
EM. TR. ASC.						
Nb. EM	27	35	50	50	37	42 ph.provis. 38 ph.définitive
Nb. TR	0	0	0	4	3	0
Nb. asc.	0	0	0	15	0	0
Nb. claviers	36x5t.	42x5t.	60x5t.	(EM+TR) 66x5t. (asc.) 19x5t.	45x5t.	51x5t.
ECLAIRAGE						
Global						
Nb. zones	3	3	3	3	4	2
Nb. claviers	1x4t.	1x4t.	1x4t.	1x5t.	2x5t.	1x5t.
Zone						
Nb. zones	8	9	10	14	12	12
Nb. claviers	3x4t.	3x4t.	4x4t.	4x5t.	3x5t.	3x5t.
PEAGES						
Nb. claviers	2x2t	2x3t.	2x2t.	2x8t.	3x7t. et une imprimante	3x7t. et une imprimante
Pictogr. couloirs	2x3t	6x2t	4x1t			

\*plus une touche par escalier, ascenseur, trottoir roulant

L'appareillage technique relié aux centres de surveillance se répartit en général entre deux salles distinctes :

- une salle « courants faibles », pour les équipements de téléphonie, sonorisation, télévision et chronométrie;
- une salle « courants forts », réservée aux baies de relaiage qui constituent l'interface entre le centre de surveillance et les appareils élévateurs et translateurs de la gare.

Du point de vue technologique, les logiques de sélection, commutation et mise en mémoire sont, le plus souvent et d'une façon générale, réalisées en circuits intégrés. Certains types d'affichages (escaliers mécaniques par exemple) sont réalisés par modules électroluminescents alliant un aspect agréable à une longue durée de vie. Les organes de commande et de contrôle des pupitres sont réalisés par clavier de boutons poussoirs lumineux d'un type normalisé à la Régie.

## Détection d'incendie de Châtelet et Gare de Lyon

Les deux nouvelles grandes gares du RER sont dotées, étant donné leur importance, d'un système général de détection d'incendie, couvrant quatre réseaux distincts :

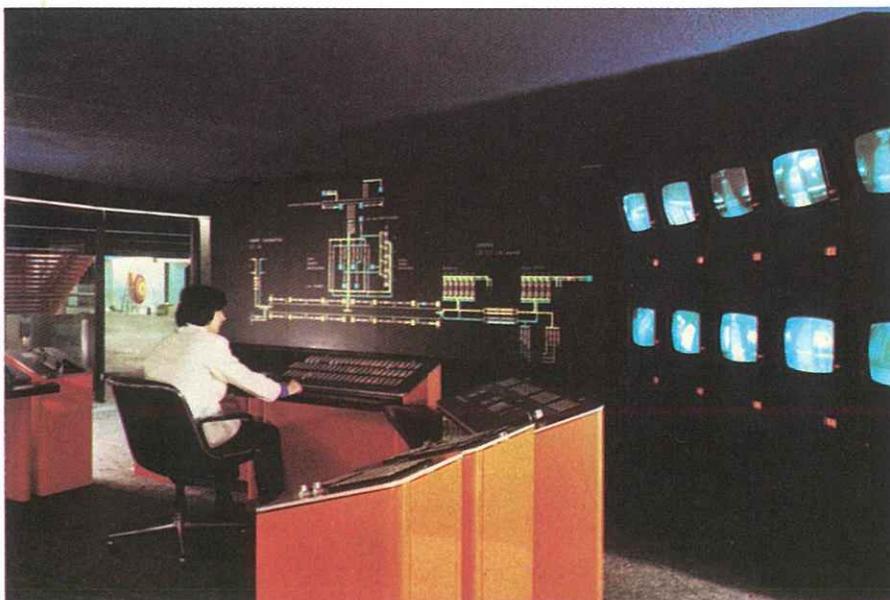
- un réseau des machineries d'appareils élévateurs et translateurs;

- un réseau pour les zones commerciales ou locaux commerciaux;
- un réseau pour les zones publiques (quais, salles d'échange);
- un réseau pour les locaux techniques et les galeries de câbles.

Les informations du premier réseau sont regroupées au centre de surveillance sur le tableau de contrôle optique général; celles des trois autres réseaux sont rassemblées, au centre de surveillance, sur un TCO particulier de « détection d'incendie », comportant une représentation schématique de la gare au moyen d'un tracé fixe.

Le TCO « détection d'incendie » est complété de téléphones directs, d'un réseau d'interphones à l'usage exclusif des sapeurs-pompiers en opération dans la gare, d'une liaison spécialisée avec les casernes de sapeurs-pompiers concernées, d'une platine de commande manuelle de désenfumage, ainsi que de voyants d'alarme relatifs aux emprises étrangères à la RATP (« incendie SEMAH » à Châtelet, « incendie SNCF » à Gare de Lyon).

Le matériel de détection est de type ionique sous forme ponctuelle. Toutes les liaisons sont réalisées en câble incombustible pyroténax jusqu'aux zones concernées. Les alimentations sont prises sur la source « permanent » du réseau alternatif 220 V/380 V; l'alimentation de secours est faite à partir de la source 48 volts commune à certaines installations de sécurité de la gare et assurant une autonomie de trois heures.



Centre de surveillance d'Auber.

- Au premier plan, de gauche à droite : les différents pupitres de commandes et leurs boutons poussoirs lumineux.

- Au fond, devant l'opérateur : le Tableau de Contrôle Optique.

- A droite : la baie de télévision comportant 10 écrans.

## L'ALIMENTATION DU RER EN ENERGIE

par Jean-Pierre Castex  
Inspecteur à la Direction  
des services techniques

L'alimentation traction a été conçue dans la perspective du trafic prévu pour l'interconnexion. Lorsque celle-ci sera réalisée, les postes de redressement subiront en effet des appels de puissance bien supérieurs à ceux qu'on connaît aujourd'hui.

Des programmes informatiques ont permis de simuler très exactement les circulations des trains des différentes missions prévues en phase finale de l'interconnexion et de déterminer pour des situations normales ou dégradées d'exploitation, les régimes de charge les plus durs auxquels seront soumis les postes de redressement équipant les parties centrales (la « croix ») du RER. A titre d'exemple, la puissance appelée en régime normal sur le tronçon « Châtelet - les Halles - Gare de Lyon » passera de 7,3 MW en 1977 à 21,5 MW en 1985.

Il a donc été décidé de réaliser, dès 1977, des postes de redressement de type nouveau, capables de faire face à ces besoins futurs.

Ces postes seront équipés de groupes transformateur-redresseur aptes à fournir des pointes de courant plus de deux fois supérieures à celles que peuvent supporter les groupes actuels (13 500 A au lieu de 6 000 A sous 1 500 V). Ces nouveaux groupes équiperont les quinze postes prévus en situation définitive :

- quatre pour le tronçon central de la ligne Est-Ouest;
- quatre pour le prolongement de la ligne de Sceaux à Châtelet - Les Halles;
- sept pour la branche de Marne-la-Vallée (deux PR de type 15 kV et cinq PR de type 20 kV).

Parmi ces postes, seuls ceux de Châtelet-Est, Gare de Lyon, Châtelet-Sud, Fontenay-Vallée de la Marne, Val-de-Fontenay, Neuilly-Plaisance et Noisy 1 ont été mis en service dès 1977; les autres le seront progressivement au fur et à mesure de l'augmentation du nombre des trains, de leur longueur et de leurs caractéristiques de traction, ainsi que du prolongement de la branche de Marne-la-Vallée.

Quelques difficultés ont d'ailleurs été rencontrées pour implanter ces postes de redressement dans les ensembles immobiliers des Halles ou de la gare de Lyon, ou pour les intégrer dans les sites résidentiels de la ville nouvelle de Marne-la-Vallée où l'on s'est attaché à respecter au mieux les contraintes d'esthétique et de protection de l'environnement.

La gare de « Châtelet - Les Halles » a posé des problèmes spécifiques, d'une part à cause de sa taille (sept voies à quai), d'autre part en raison de la coexistence des deux lignes A et B qui sont alimentées indépendamment en courant de traction, mais qui sont raccordées par plusieurs communications courtes. Pour circonscrire les incidents éventuels, il importait d'interdire les échanges d'énergie entre ces deux lignes, tout en assurant la continuité de l'alimentation électrique aux rames transitant d'une ligne à l'autre. A cet effet, un dispositif de sectionnement à diodes a été mis au point. Il apparaît sur les figures 1 et 2 qui représentent les

Poste central de l'énergie.



schémas de principe de l'alimentation électrique des voies de Châtelet, respectivement à la mise en service et pour la phase finale de l'interconnexion. On notera qu'en première étape, ce dispositif est également utilisé pour éviter le pontage entre les secteurs V1 et V2 de la ligne B.

Des innovations ont également été réalisées dans le domaine des caténaires. L'exiguïté des tunnels à voie unique a obligé les caténaristes à concevoir une suspension de la caténaire de faible

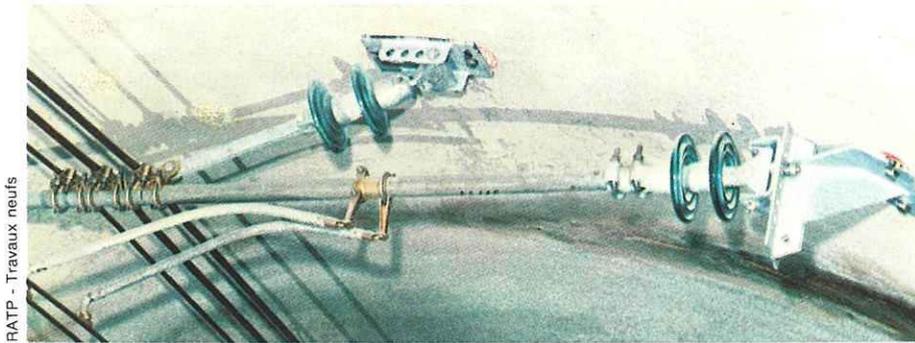
encombrement, inspirée de la suspension des caténaires 25 000 volts monophasés de la SNCF. D'autre part, sur le viaduc de Neuilly-Plaisance, l'aspect esthétique des supports de caténaires a été amélioré par l'adoption de portiques courbes.

Par ailleurs, les postes «éclairage-force» des complexes de Châtelet-les Halles et Gare de Lyon sont de taille inhabituelle, car l'importance des installations électriques et électromécaniques (escaliers mécaniques, ventila-

teurs, centrales de réfrigération, etc.) a nécessité la mise en service d'un grand nombre de transformateurs 1 500 V/ 380 V de 630 kVA (douze à Châtelet, quatorze à Gare de Lyon).

La puissance installée en basse tension est de 7,6 MW à Châtelet et de 8,8 MW à Gare de Lyon, dont respectivement 0,4 MW et 0,7 MW au titre du « permanent secouru ».

Les besoins en énergie électrique résultant de cette mise en service constituent une part importante dans l'accroissement des besoins globaux de la RATP (30 MW sur un accroissement global de 42 MW au cours du plan 1977-1982). Cet accroissement des besoins globaux des réseaux a nécessité la construction d'un nouveau poste haute tension « René Coty » dont le dernier numéro de « RATP Documentation-Information » a donné la description.



RATP - Travaux neufs

Ci-contre :  
Fixation des caténaires à Gare de Lyon.

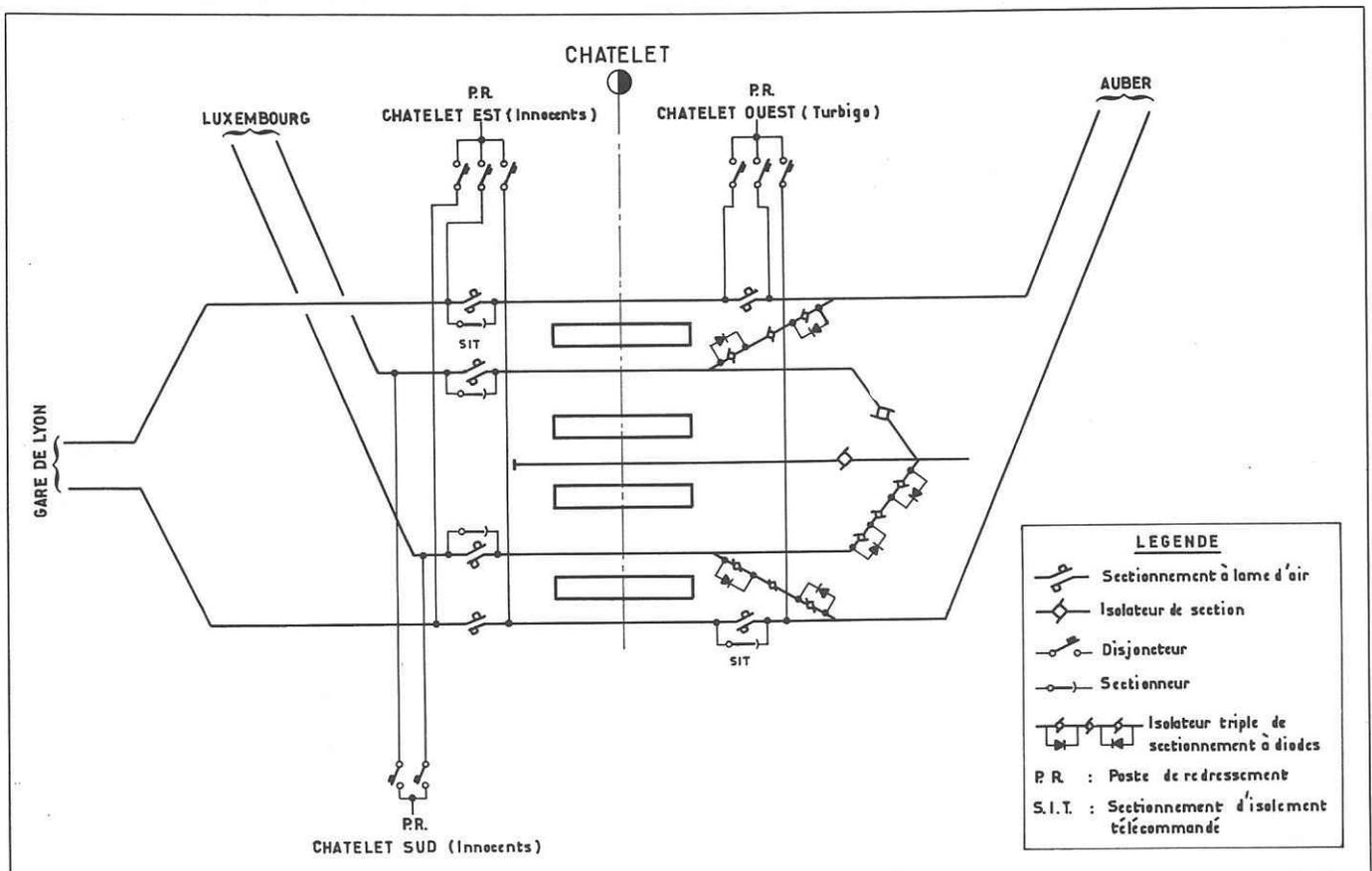
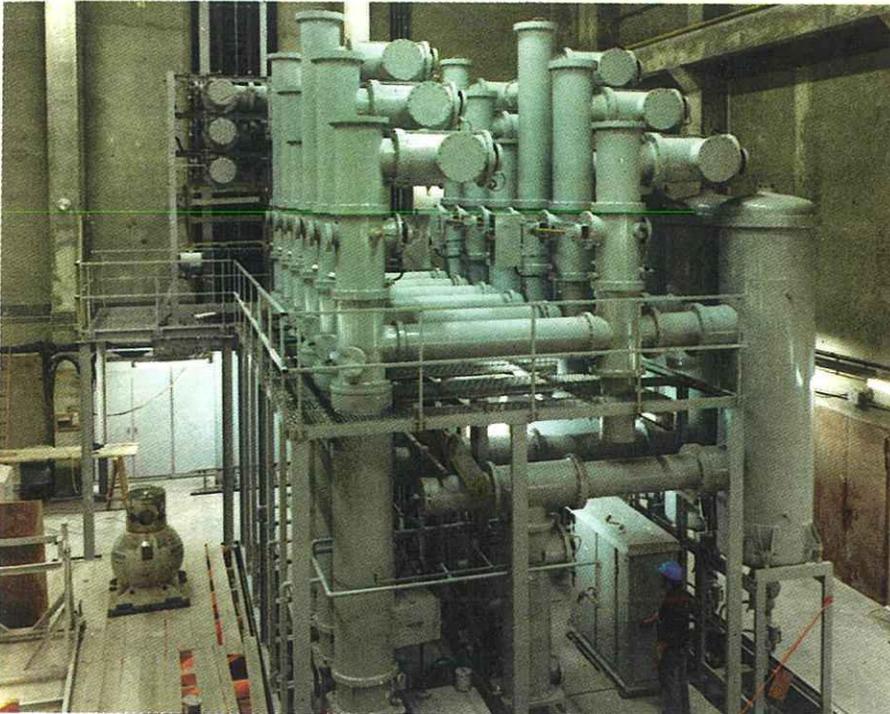


Figure 1 : schéma de principe de l'alimentation 1 500 V de Châtelet  
(1<sup>re</sup> Phase : terminus de la ligne B à Châtelet)



Ci-contre :  
Poste haute tension « René-Coty » « Équipements blindés 225 kV.

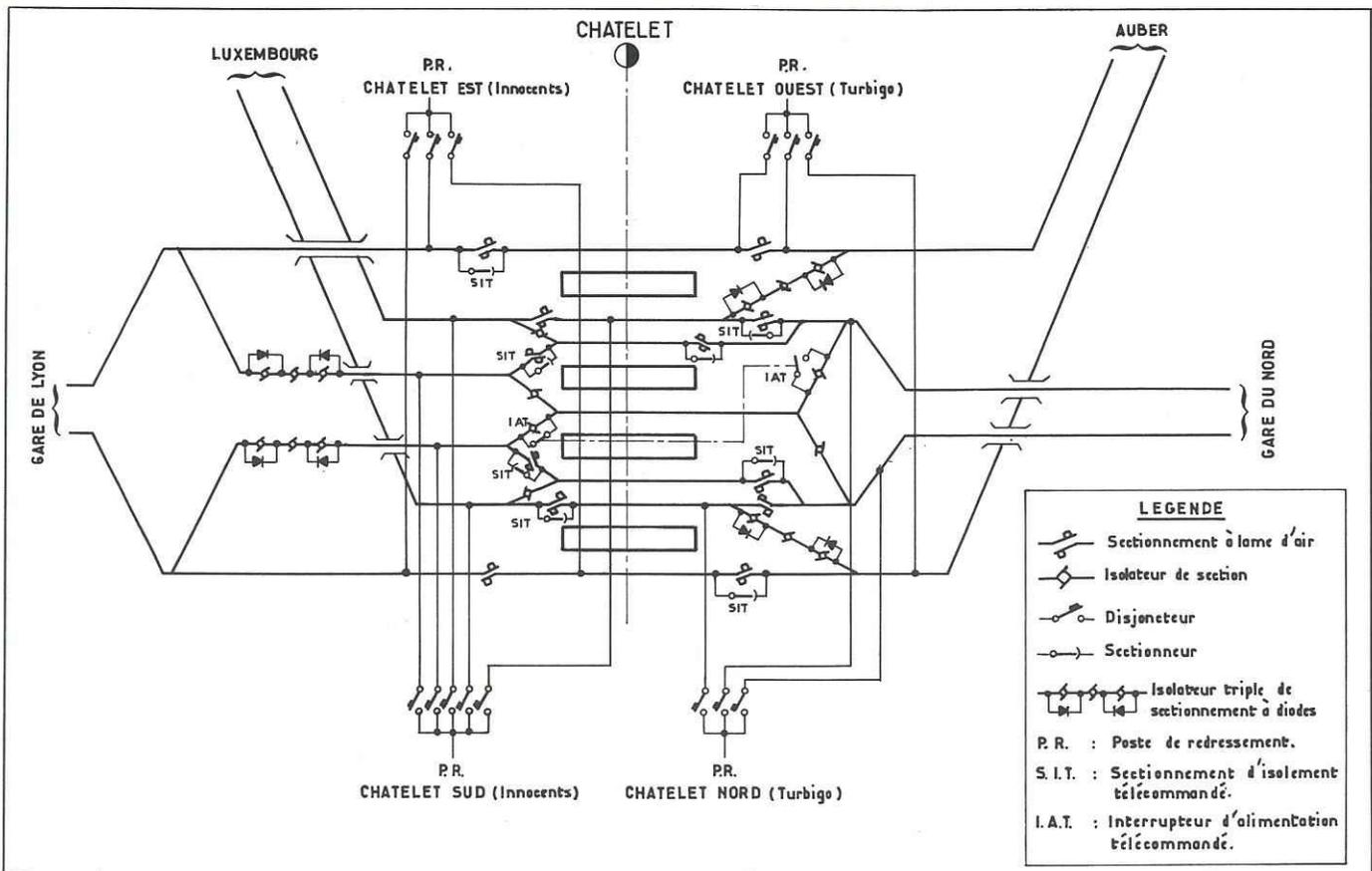


Figure 2 : schéma de principe de l'alimentation 1500 V de Châtelet  
(Phase finale : prolongement de la ligne B à Gare du Nord avec interconnexion au réseau SNCF)

# VENTILATION ET CLIMATISATION DU RER

par Pierre Lagrange  
Inspecteur principal à la Direction des  
travaux neufs

La partie souterraine du RER, construite à grande profondeur, constitue une enceinte pratiquement isolée dans laquelle se produisent d'importants dégagements de chaleur.

L'atmosphère de la totalité de ces volumes a dû être traitée afin d'assurer des conditions d'ambiance acceptables pour les voyageurs et le personnel tant au point de vue de la salubrité que du confort et de prévoir la ventilation nécessaire au désenfumage en cas d'incendie.

## Les objectifs relatifs à la qualité de l'atmosphère

Les objectifs relatifs à la qualité de l'atmosphère du RER ont été définis en fonction des conditions d'ambiance à réaliser pour obtenir un effet de confort thermique. Ce sont sensiblement les mêmes que ceux qui ont été adoptés pour le métro et dont a rendu compte un numéro spécial récent de « RATP Documentation-Information » (\*).

Objectifs d'ambiance :

- quatre renouvellements d'air toutes les heures;
- vitesse de l'air dans les parties recevant du public inférieure à 4 m/s en régime et à 5 m/s pendant des périodes n'excédant pas 20 s;
- filtrage de l'air efficace (élimination des poussières d'un diamètre supérieur à 3 microns);
- limitation du niveau sonore des installations de ventilation et de climatisation (à l'extérieur à 40 dBA ou 30 dBA en façade des immeubles selon qu'il s'agit d'immeubles de bureau ou d'habitation; à l'intérieur à 90 dBA, en tunnel au droit des ventilateurs, à 65 dBA au tympan de la station la plus proche des ventilateurs, à 45 dBA ailleurs et à 40 dBA dans les locaux où séjourne le personnel).

Objectifs de température en saison chaude :

- en tunnel et en station, température moyenne journalière limitée à 5 °C au-dessus de la température moyenne extérieure du même jour quand celle-ci est supérieure à la température moyenne du mois le plus chaud de l'année;
- dans les salles où se trouvent des commerces et où les voyageurs stationnent : température inférieure de 3 à 5 °C à la température extérieure;
- dans les locaux où séjourne le personnel : température inférieure à 25 °C.

En saison froide, il est prévu d'arrêter en tunnel les ventilateurs d'extraction si la température intérieure descend au-dessous de 16 °C, et d'arrêter les appareils d'insufflation si la température extérieure descend au-dessous de 10 °C. Dans les locaux qui sont réfrigérés, les appareils de climatisation sont arrêtés dès que la température intérieure descend en dessous de 18 °C.

## Base de l'étude des installations de traitement de l'atmosphère

L'étude des installations a débuté par un bilan thermique des différentes zones à traiter. Ce bilan a consisté à estimer les apports de chaleur et les échanges thermiques naturels avec les zones adjacentes en extérieur.

Les apports de chaleur sont essentiellement dus aux trains, aux voyageurs et aux équipements électriques.

L'apport des trains est très important : il s'élève à 10 KWh par kilomètre parcouru pour un élément de trois voitures de type MS 61. Il représente 80 % de l'apport de chaleur dans le tunnel et 60 % de l'apport de chaleur en station.

L'apport des voyageurs est de l'ordre de 120 cal/h par voyageur. Il représente 20 % de l'apport global en station.

L'éclairage dégage 20 à 30 W/m<sup>2</sup>. L'apport de chaleur qui en résulte atteint 20 % de l'apport total en gare.

A l'apport de chaleur de l'éclairage, s'ajoute l'apport de chaleur des équipements électriques ou mécaniques qui devient prépondérant dans les locaux techniques.

Les échanges thermiques naturels qui se produisent avec les zones adjacentes sont dus :

- pour le tunnel et les quais des stations, aux pertes par les parois qui sont toujours maintenues à une température relativement basse et pratiquement constante quelle que soit la saison, en raison de la profondeur du tunnel et du fait que sur 60 % de sa longueur il baigne dans la nappe phréatique : les parois absorbent ainsi 5 % de la chaleur dégagée;
- pour les salles et couloirs, aux apports des locaux adjacents (métro notamment) et aux échanges naturels avec l'extérieur par les accès.

Tous ces éléments ont permis de définir la consistance et la puissance des équipements dont on trouvera plus loin la description. Notons au passage l'importance des apports calorifiques (6 500 000 Kcal/h par exemple à Auber) dont certains facteurs favorables viennent heureusement limiter l'influence : le climat de Paris n'est qu'exceptionnellement très chaud, les heures de pointe de trafic ne coïncident pas avec les heures les plus chaudes de la journée et le trafic — portant la chaleur dégagée par les trains et les voyageurs — est sensiblement plus faible en été que le restant de l'année, les locaux souterrains ont une grande inertie thermique.

Notons également que le degré hygrométrique de l'atmosphère du métro varie en général de 45 à 60 % et reste donc dans les limites définies par les zones de confort. L'apport d'eau résultant des infiltrations et de la transpiration est en effet compensé par la chaleur sèche produite par les équipements électriques. De ce fait les équipements ont pu être notablement simplifiés puisqu'il n'a pas été nécessaire de traiter l'humidité relative de l'air.

## Le désenfumage

L'objectif recherché consiste à évacuer les fumées de la zone où elles se produisent et d'empêcher leur propaga-

(\*) RATP Documentation-Information - n° spécial de septembre-octobre 1976 : « L'atmosphère du métro » par D. Sutton et J. Flahaut.

tion vers les zones adjacentes afin d'éviter l'asphyxie et l'aveuglement des voyageurs qui se trouveraient dans une zone sinistrée, puis de permettre leur évacuation et l'intervention des pompiers.

Dans toute la mesure du possible, les installations de ventilation réalisées pour le traitement de l'atmosphère ont été conçues pour assurer également le désenfumage du tunnel et des stations.

Il a toutefois été nécessaire de mettre en place des installations propres au désenfumage dans les grandes salles permettant un renouvellement de l'air toutes les cinq minutes environ et une vitesse d'entraînement des fumées voisine de 0,50 m/s, ce qui correspond dans certains cas à 8 à 15 renouvellements d'air à l'heure.

## Principes de fonctionnement des installations

### Traitement de l'air

#### Ventilation simple (longitudinale) du tunnel

L'ambiance de l'ensemble du tunnel du RER a été traitée en ventilation simple au moyen d'ouvrages d'insufflation et d'ouvrages d'extraction répartis de façon alternative le long de la ligne.

#### Ventilation simple ou réfrigérée (transversale) des stations

Les apports maximaux se produisent en station. De ce fait, il s'est avéré nécessaire d'extraire ces calories directement là où elles se produisent.

A la ventilation longitudinale du tunnel, il a donc été « superposé » une ventilation transversale des stations.

Selon les possibilités de réalisation, ce traitement d'air a été effectué soit en ventilation simple (solution la plus économique) soit en ventilation réfrigérée (lorsqu'il n'a pas été possible de véhiculer des débits d'air suffisants).

Fig. 1 - Schéma de principe de la ventilation longitudinale du tunnel : les ouvrages d'insufflation (IT) et les ouvrages d'extraction (ET) assurent une ventilation efficace du tunnel (environ six renouvellements du volume d'air par heure)

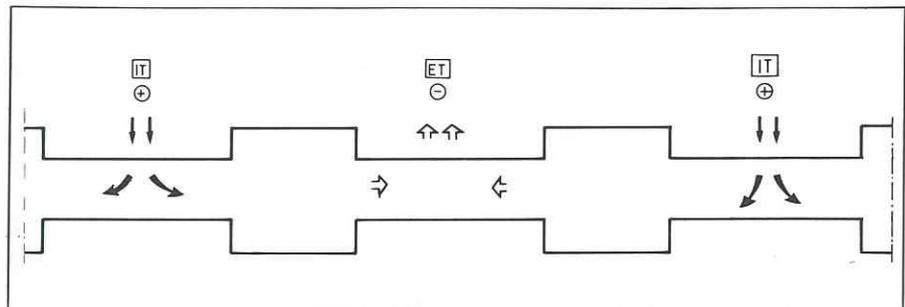


Fig. 2 - ouvrage d'insufflation type.

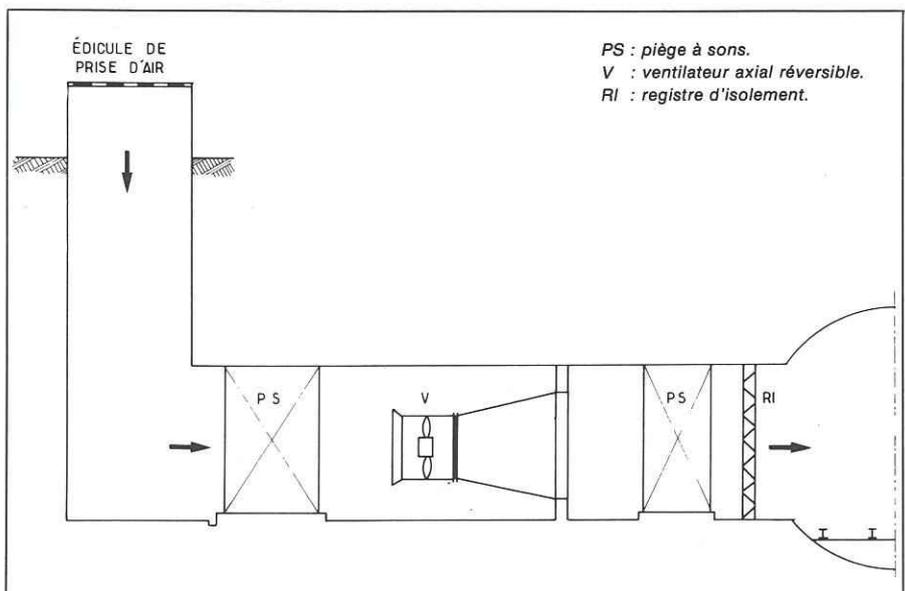
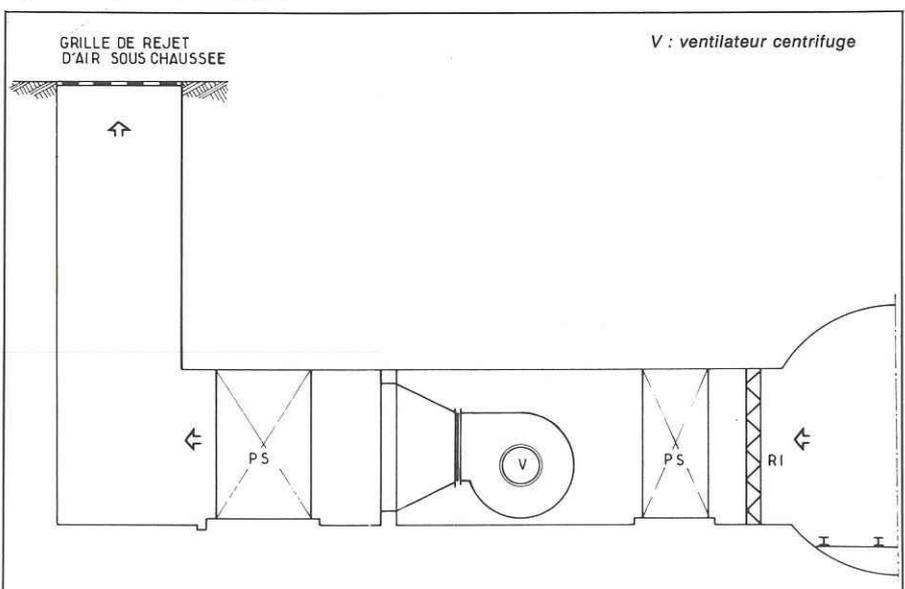


Fig. 3 - ouvrage d'extraction type.



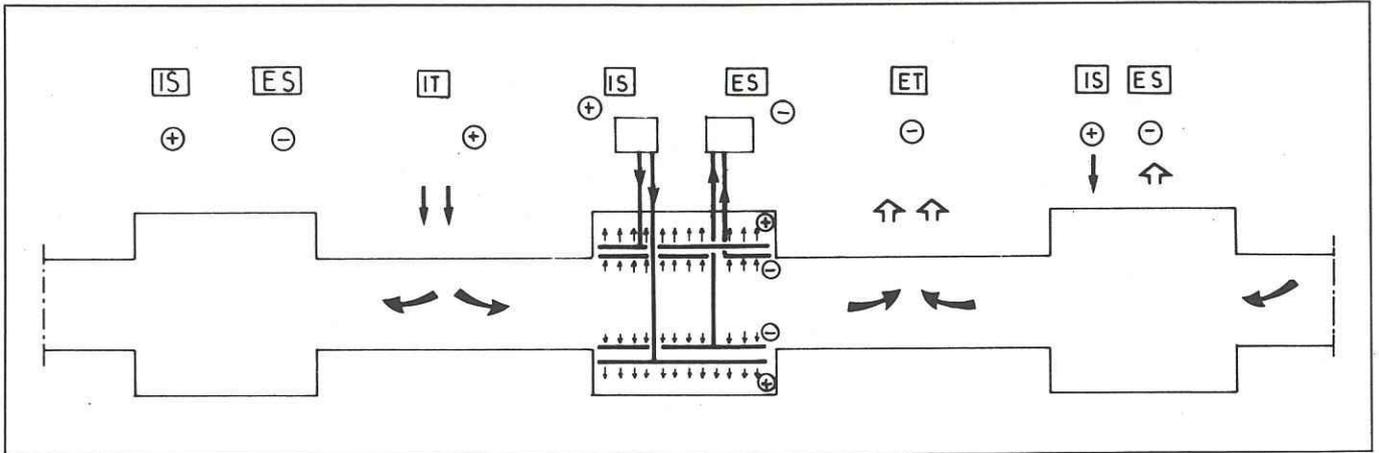


Fig. 4 et 5 - Schémas de principe de la ventilation «transversale» des stations :

- les calories sont « pompées » directement là ou elles se produisent par une gaine de reprise d'air placée sous le quai;
- l'air frais est insufflé en partie haute au-dessus des quais.

Le traitement d'air par ventilation simple est effectué au moyen de deux ouvrages :

- un ouvrage d'insufflation «station» (IS);
- un ouvrage d'extraction «station» (ES).

La conception de ces ouvrages est similaire à celle des ouvrages traitant le tunnel.

Le traitement d'air par ventilation réfrigérée est effectué au moyen d'un seul ouvrage (souvent scindé en deux demi-ouvrages identiques traitant chacun une moitié de la station) :

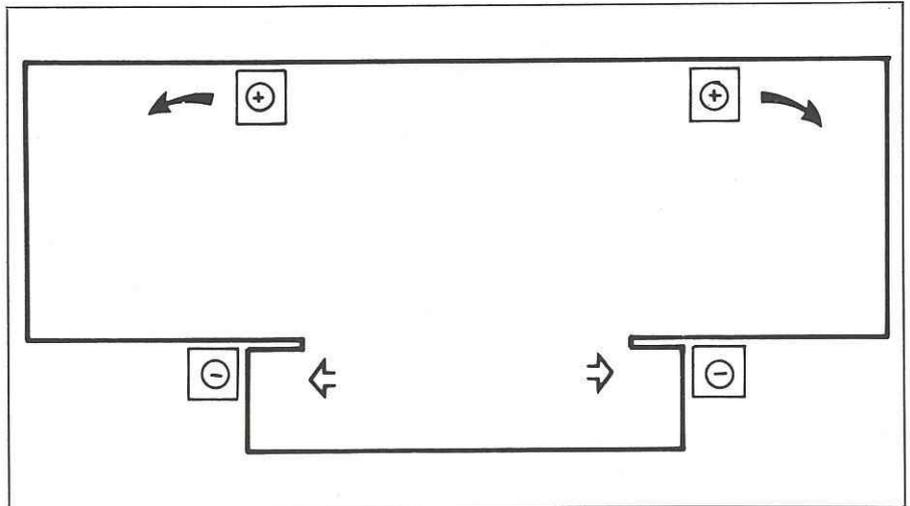
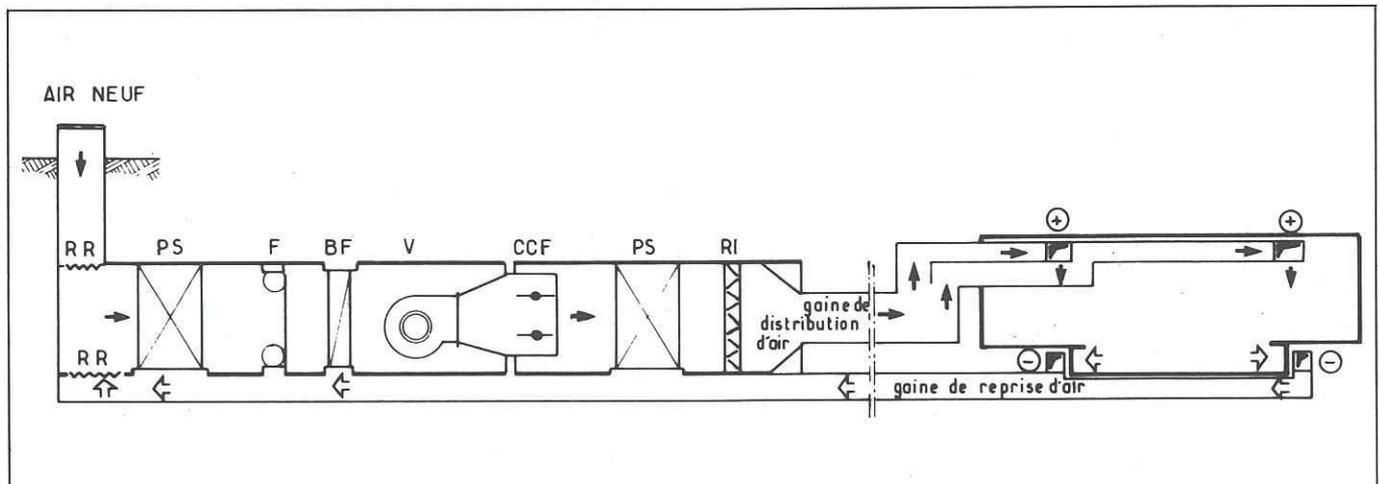


Fig. 6 - Ouvrage type de ventilation réfrigérée.

- |   |                             |
|---|-----------------------------|
| RR : registre de recyclage.                             | V : ventilateur centrifuge. |
| PS : piège à sons.                                      | CCF : clapet coupe-feu.     |
| F : filtre sec à déroulement automatique.               | RI : registre d'isolement.  |
| BF : batterie de réfrigération alimentée en eau glacée. |                             |



### Ventilation simple ou réfrigérée des salles d'échanges

Les principes de fonctionnement de ces installations sont identiques à ceux des stations.

### Ventilation réfrigérée des locaux techniques

Elle est effectuée au moyen de caissons de traitement d'air dont le principe de fonctionnement est identique; la différence essentielle tient à la taille des ouvrages : au lieu d'être réalisés en ouvrages maçonnés, ce sont des caissons en tôle implantés dans ou à proximité des locaux traités :

### Climatisation des locaux à usage du personnel

Le traitement de l'air de ces locaux est plus complet. Il comprend :

- le renouvellement de l'air (apport d'air neuf de 3 à 10 renouvellements du volume par heure);
- la filtration de l'air;
- la réfrigération ou le chauffage de l'air (le fonctionnement est asservi à un thermostat d'ambiance dont le point de consigne peut être réglé);
- la distribution de l'air au moyen de diffuseurs.

Suivant l'importance des locaux, la climatisation est assurée :

- soit à partir d'un caisson de traitement d'air (CTA) ou d'une armoire de climatisation autonome (ACTN) traitant plusieurs locaux;
- soit par des ventilo-convecteurs (VC) traitant un seul local.

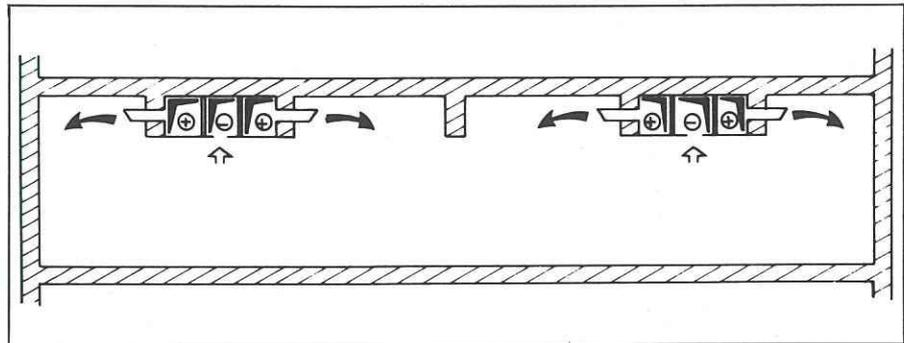


Fig. 7 - Ventilation réfrigérée de la salle des échanges de la station « Gare de Lyon »

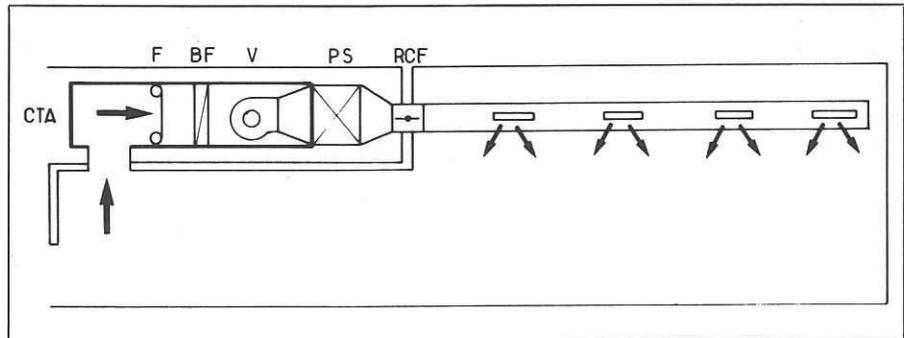


Fig. 8 - Ventilation réfrigérée d'un poste « éclairage et force » par caisson de traitement d'air (CTA).

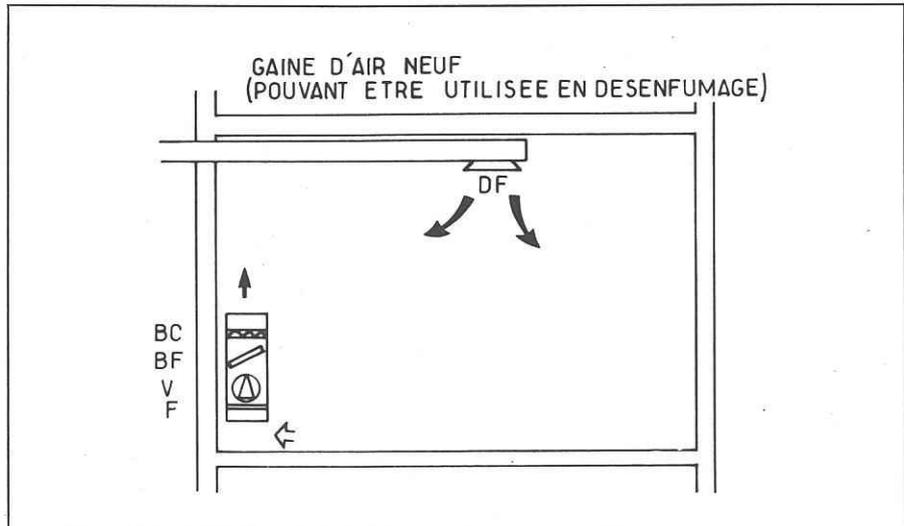


Fig. 9 : Climatisation par ventilo-convecteur.

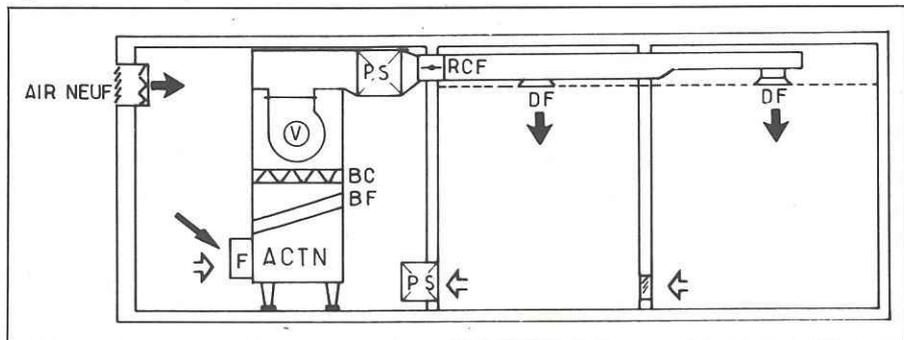


Fig. 10 : Climatisation par armoire de climatisation autonome (ACTN).

BC : batterie de chauffage  
DF : diffuseurs plafonniers

## La production et la distribution du froid

Les installations de production et de distribution du froid sont extrêmement importantes et complexes.

En voici le principe général :

- la réfrigération de l'air est assurée par passage sur des échangeurs, appelés batteries froides, alimentés en « eau glacée », eau arrivant à une température de + 6 °C et repartant à une température de + 12 °C;

- cette eau glacée est produite par des groupes frigorifiques installés dans une centrale de froid; ces groupes « pompent » les calories apportées par l'eau et les rejettent à l'extérieur au moyen d'échangeurs à air (aérocondenseurs).

- à partir de la centrale de froid, l'eau est pulsée par des groupes-pompes dans un circuit de distribution; le débit d'eau glacée traversant les batteries froides est régulé par une vanne asservie à un dispositif de contrôle de la température d'ambiance des locaux traités.

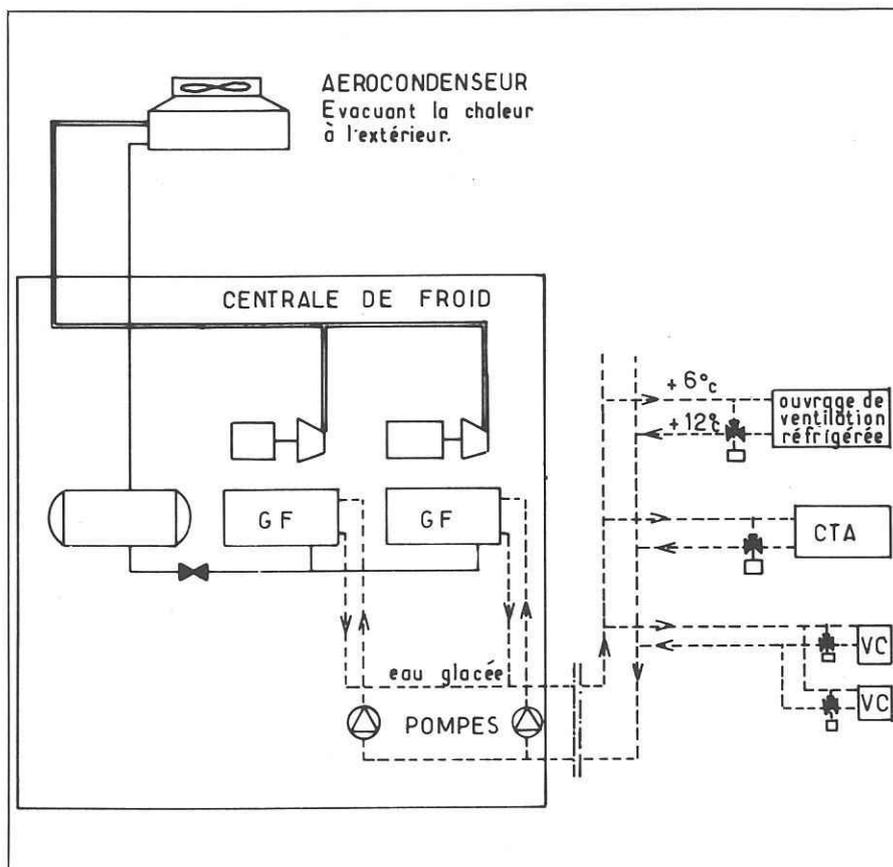


Fig. 11 - Schéma de principe de la production et de la distribution du froid (GF : groupes frigorifiques).

Fig. 12 - Principe de désenfumage.

## Le désenfumage

Le principe utilisé consiste :

- à mettre en dépression la zone sinistrée pour extraire les fumées;
- à mettre en pression les zones adjacentes pour éviter que les fumées ne s'y répandent.

L'application de ce principe général a conduit à réaliser des installations permettant de traiter tous les cas de sinistre prévisibles et d'adapter le fonctionnement des ventilateurs au cas de figure rencontré.

Pour faciliter l'intervention rapide des pompiers, des coffrets (« coffrets pompiers ») permettant la commande de toutes les ventilations (commande prioritaire) ont été disposés dans les accès principaux de toutes les gares.

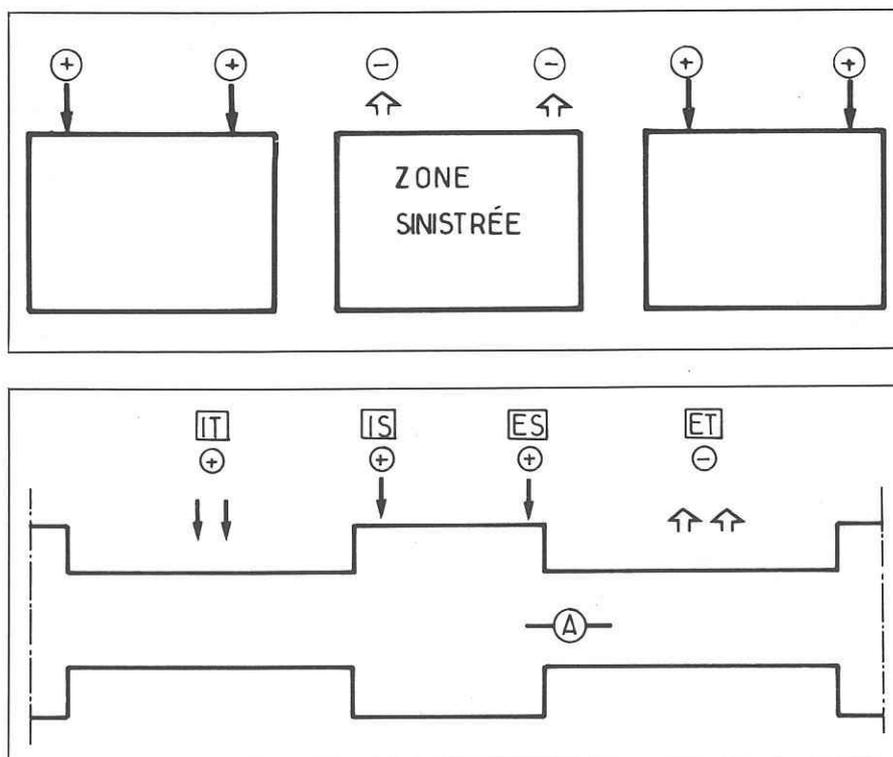


Fig. 13 - Pour un train en interstation (A), on devra :  
— garder la ventilation longitudinale normale du tunnel;  
— faire travailler l'ouvrage d'extraction de la station en insufflation.



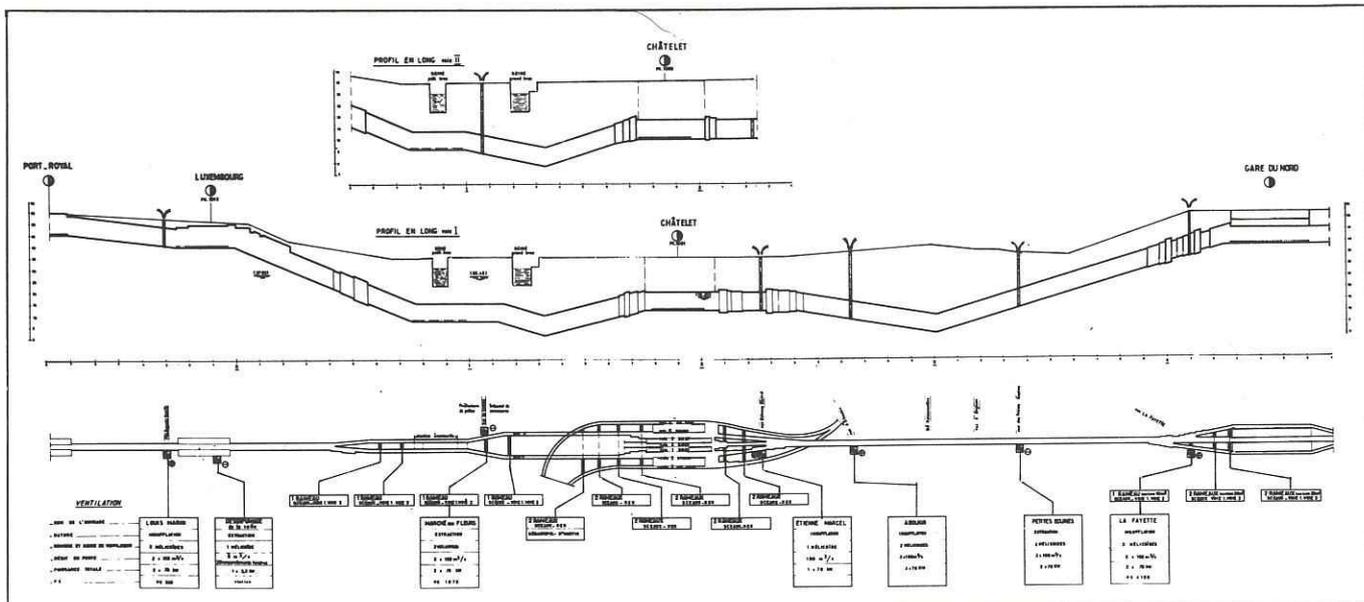


Fig. 16 - Port-Royal - Gare du Nord.

## Installations de ventilation simple ou réfrigérée des gares

Toutes les gares souterraines sont traitées. Parmi les multiples ouvrages réalisés, voici les derniers installés, ceux de « Châtelet » et « Gare de Lyon » :

### Châtelet

Deux centrales de ventilation, appelées centrale d'air Nord et centrale d'air Sud (construites dans les zones techniques situées aux extrémités Nord et Sud de la mezzanine niveau 17,50), assurent chacune le traitement de l'air et le désenfumage d'une demi-station.

#### Le traitement de l'air

Il est effectué :  
— au niveau des quais par une ventilation mécanique transversale procurant huit renouvellements horaires du volume d'air par insufflation d'air frais en partie haute, et extraction d'air chaud, en sous-quai, d'un débit équiva-

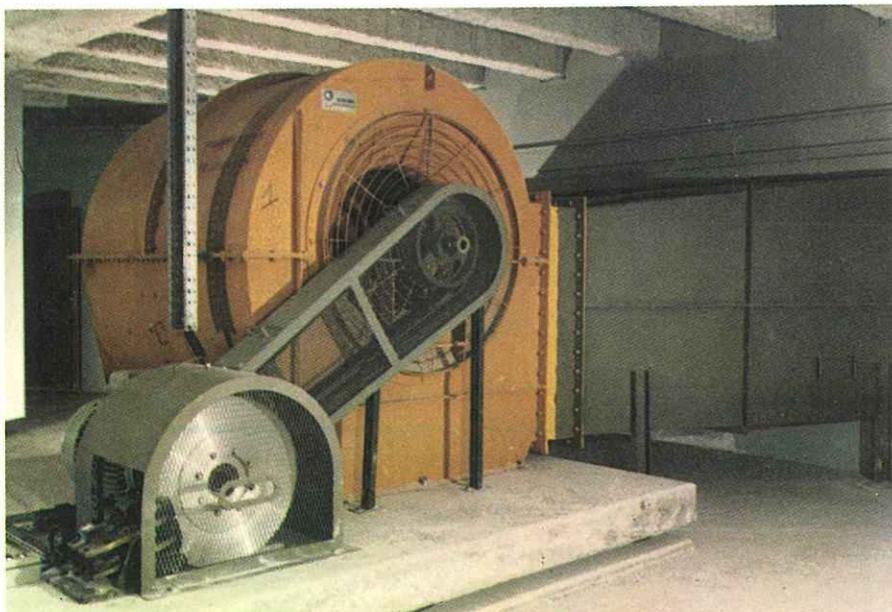
lent, à l'aide de douze groupes ventilateurs installés dans les deux centrales, soit, par centrale, trois ventilateurs d'insufflation et trois ventilateurs d'extraction);

— en mezzanine (niveau 17,50), par recyclage avec apport partiel d'air neuf correspondant à un débit d'air de six renouvellements du volume par heure; l'air mélangé, filtré et réfrigéré, est distribué en partie supérieure de cylindres verticaux ceinturant les poteaux de la structure de l'ouvrage; l'air chaud est repris latéralement en partie basse au

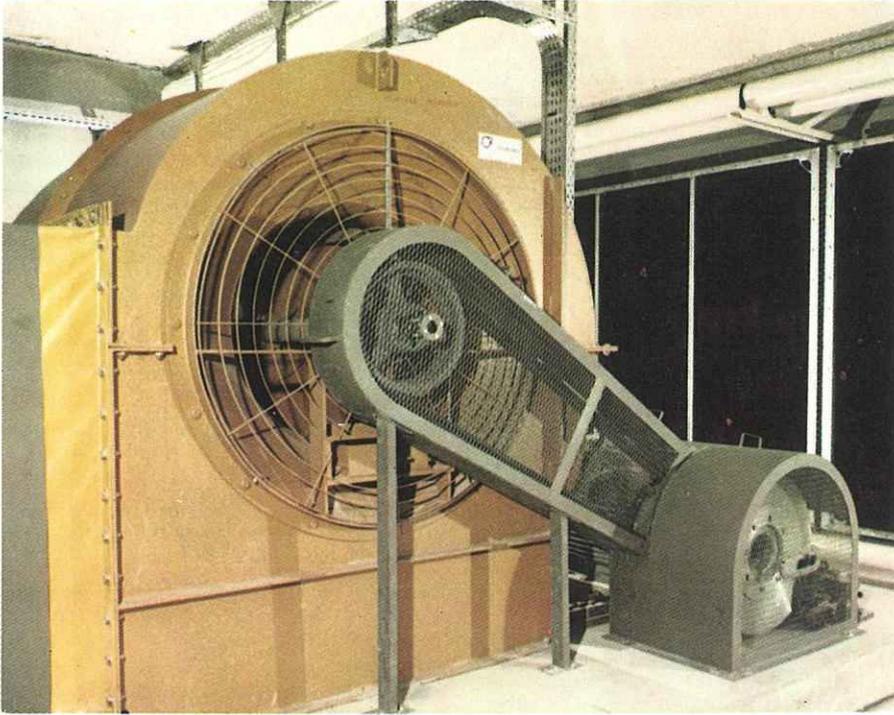
moyen de deux ventilateurs (un par centrale), la température de cette salle est maintenue inférieure à 27 °C, même en période chaude;

— dans les deux postes « éclairage et force » jouxtant les centrales d'air, par une ventilation mécanique qui évacue l'air chaud provenant des pertes par effet Joule dues aux transformateurs au moyen de deux ventilateurs (un par poste).

De plus une installation particulière assure la climatisation du centre de relations publiques :



Châtelet - Les Halles.  
Centrale d'air Sud.  
Ouvrage d'insufflation côté Saint-Germain-en-Laye.  
Ventilateur centrifuge de 120 000 m<sup>3</sup>/h.



RATP - Travaux neufs

**Châtelet - Les Halles :**  
Centrale d'air Sud.  
Ouvrage « recyclage mezzanine »  
(au fond la batterie froide).  
130 000 m<sup>3</sup>/h, 500 000 fg/h.

— deux caissons de traitement d'air, implantés dans des locaux adjacents, assurent le renouvellement, la filtration, le chauffage ou le refroidissement de l'air des salles de projection;  
— la production de l'eau glacée est assurée soit à partir d'un raccordement à une centrale frigorifique de grande puissance appartenant à un organisme extérieur (SEMAH), soit à partir d'une petite unité frigorifique autonome (d'une puissance de 30 000 fg/h).

Enfin les locaux à usage de personnel sont climatisés par des ventilo-convecteurs.

#### Le désenfumage

Les volumes concernés par le désenfumage du complexe RATP « Châtelet-Les Halles » correspondent :

- au niveau des quais;
- à la mezzanine;
- à la salle des billets ligne n° 4, côté forum (niveau 21,50).

Outre les installations de ventilation normale qui peuvent être utilisées pour le désenfumage, les installations comprennent :

- dans chacune des deux centrales de ventilation, un caisson de désenfumage aspirant les fumées en partie haute d'un des tympans de la mezzanine (ce caisson d'extraction est réversible pour la centrale Nord);
- dans la centrale Nord, uniquement
  - un ventilateur de désenfumage ou de mise en pression de la salle des billets de la ligne n° 4,
  - une ventilation de mise en pression du sas séparant la salle des billets du forum;
- un local de mise en pression des deux sas séparant la mezzanine des parkings.  
Ce local comporte deux ventilateurs reliés :
  - en amont, à la prise d'air neuf de la centrale Sud;
  - en aval aux deux sas mis en pression.

**Tableau récapitulatif des ouvrages**

Désignation de l'ouvrage	Centrale d'air Nord		Centrale d'air Sud	
	débit m <sup>3</sup> /h	puissance Ch	débit m <sup>3</sup> /h	puissance Ch
Caisson insufflation Boissy	120 000	50	120 000	50
Caisson insufflation SNCF	120 000	50	120 000	50
Caisson insufflation Saint-Germain	120 000	50	120 000	50
Caisson recyclage partiel mezzanine	130 000	75	130 000	75
	avec batterie froide de 500 000 fg/h		avec batterie froide de 500 000 fg/h	
Caisson extraction Boissy	120 000	50	120 000	50
Caisson extraction SNCF	120 000	50	120 000	50
Caisson désenfumage mezzanine	180 000	100	162 000	100
Ventilateur extraction PEF	180 000	—	180 000	—
Ventilateur désenfumage salle des billets ligne 4	36 000	—	—	—
Ventilateur surpression sas salle des billets ligne 4	900 000	—	—	—
Ventilateur des sas de parking	—	—	14 500	—
	—	—	26 500	—

Total en ventilation normale : 1 736 000 m<sup>3</sup>/h.

Tableau récapitulatif des manœuvres à effectuer en cas d'incendie.

Localisation du sinistre	Action sur les autres niveaux	
Niveau des quais	quais	Dépression obtenue par : — les 6 caissons d'extraction de la ventilation normale; — les ouvrages de ventilation d'extraction du tunnel côté Sud.
	mezzanine	Surpression obtenue par : — les 2 groupes de recyclage (les gaines de reprise étant condamnées par des registres) — le ventilateur réversible côté Nord fonctionnant en insufflation
	Salle des billets ligne 4	Surpression obtenue par le ventilateur de désenfumage réversible fonctionnant en insufflation (la gaine d'extraction étant condamnée)
Niveau mezzanine	quais	Surpression obtenue par : — les 6 caissons d'insufflation de la ventilation normale; — l'ouvrage d'insufflation du tunnel côté Nord
	mezzanine	Dépression obtenue par les 2 ventilateurs de désenfumage travaillant en extraction
	Salle des billets ligne 4	Surpression obtenue par le ventilateur de désenfumage
Salle des billets ligne 4	quais	Surpression (comme ci-dessus)
	mezzanine	Surpression (comme ci-dessus)
	Salle des billets ligne 4	Dépression obtenue par le ventilateur de désenfumage travaillant en extraction

Commande : dès l'apparition des premières fumées, le fonctionnement du désenfumage est obtenu, à partir du centre de surveillance situé en mezzanine ou de coffrets pompiers, par commande manuelle asservie à une commande automatique temporisée. L'ensemble est asservi à une détection d'incendie.

Nota : dès l'apparition de fumées à un niveau quelconque, de façon à être maître des sens de balayage obtenus par la ventilation, les quatre cheminées servant à combattre l'effet de piston, sont fermées.

## Gare de Lyon

Trois centrales de ventilation appelées centrales de ventilation n<sup>os</sup> 1, 2 et 3 (CV 1, CV 2, CV 3) assurent la ventilation et le désenfumage de l'ouvrage commun RATP - SNCF.

### Le traitement de l'air

— **Au niveau des quais RER**, la ventilation est assurée par insufflation d'un débit d'air neuf correspondant à sept renouvellements du volume du niveau par heure et extraction du même volume d'air chaud.

— **Au niveau des quais SNCF**, la ventilation est assurée, selon le même principe que pour les quais RER, par insufflation d'air neuf et extraction d'air chaud à un taux voisin de sept renouvellements par heure.

— **Au niveau de la salle des échanges**, le traitement de l'air est assuré par ventilation réfrigérée au moyen de deux ouvrages travaillant en recyclage (le débit d'air neuf ne descendant pas en dessous de 15 % du débit total).

— **Au niveau technique**, le traitement de l'air est assuré dans tous les locaux par :

- insufflation d'air neuf par gaine de distribution;
- extraction d'air vicié par les couloirs;
- climatisation (filtration, chauffage ou réfrigération) par des ventilo-convecteurs.

**Le désenfumage**

Le tableau ci-après définit les principes adoptés.

Localisation du sinistre	Action sur les autres niveaux	
Niveaux quais RER	quais RER	Dépression + extraction des fumées
	quais SNCF	Surpression
	Salle des échanges	Surpression
	Niveau technique	Arrêt des installations
Niveau quais SNCF	quais RER	Surpression
	quais SNCF	Dépression
	Niveau technique	Arrêt des installations
Niveau salle des échanges	quais RER	Surpression
	quais SNCF	Surpression
	Salle des échanges	Dépression + extraction des fumées
	Niveau technique	Arrêt des installations
Niveau technique	Salle des échanges	Surpression
	Niveau technique	Couloirs en surpression + extraction des fumées dans les locaux

**Tableau récapitulatif des ouvrages**

Désignation centrale	Situation		Désignation ouvrages	Ventilateur n°	Débit m³/h	Puissance Ch
	files	trains				
Centrale de ventilation n° 1 C V 1	C à G	3 à 6	Extraction quais RER (zone Ouest)	VE 3	145 000	100
			Insufflation quais RER (zone Ouest)	VE 4	145 000	100
			Insufflation quais SNCF (zone Ouest)	VE 5	202 000	150
			Recyclage salle des échanges (zone Ouest)	VE 6	165 000 avec batterie froide de 450 000 fg/h	150
			Extraction niveau technique	VE 7	10 000	1,5
			Mise en pression du couloir du niveau technique en désenfumage	VE 8	22 000	2

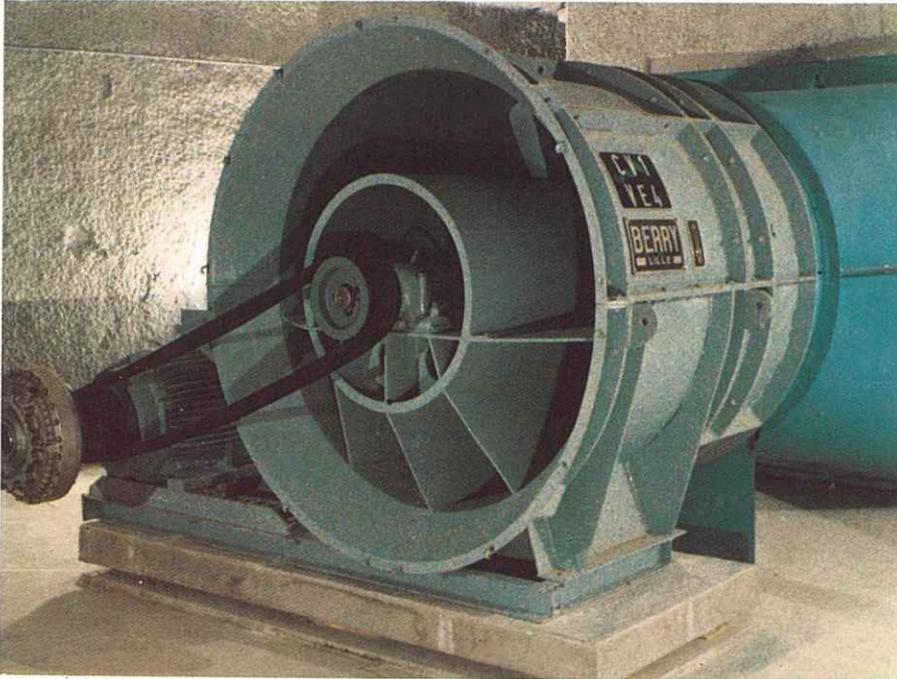
**Tableau récapitulatif des ouvrages (suite)**

Désignation centrale	Situation		Désignation ouvrages	Ventilateur n°	Débit m³/h	Puissance Ch
	files	trains				
Centrale de ventilation n° 2 C V 2	D à G	14 à 19	Extraction quais RER (zone Est)	VE 9	145 000	100
			Extraction quais SNCF (zone Ouest)	VE 10	202 000	75
			Insufflation quais RER (zone Est)	VE 11	145 000	100
			Désenfumage niveau technique	VE 12	42 200	30
Centrale de ventilation n° 3  CV3 (*)	D à G	22 à 26	Insufflation niveau technique	VE 13	26 400	15
			Extraction sanitaires	VE 14	6 700	3
			Extraction centrale de froid	VE 15	8 000	3
			Extraction niveau technique	VE 16	15 000	3
			Insufflation quais SNCF (zone Est)	VE 20	202 000	150
			Extraction quais SNCF (zone Est)	VE 21	202 000	75
			Recyclage salle des échanges (zone Est)	VE 22	165 000 avec batterie froide de 450 000 fg/h	150
			Insufflation niveau technique	VE 23	8 000	2
			Extraction sanitaires	VE 24	16 000	5,5
			Désenfumage niveau technique	VE 25	11 500	5,5
Ouvrage de désenfumage		0	Salle des échanges	VE 1 VE 2	162 000 4	60 4
Ouvrage de désenfumage		28	Salle des échanges	VE 18 VE 19	162 000 162 000	60 60
Ouvrage de désenfumage		20	Niveau technique	VE 17	22 000	4

Total en ventilation normale : 1 883 800 m³/h.

(\*) les niveaux quais SNCF et 28,35 devant être allongés au-delà des 315 m initialement prévus, les caractéristiques de certains ventilateurs de cette centrale seront modifiées.

Gare de Lyon : Centrale de ventilation n° 1 - Ventilation d'insufflation sur les quais RER (VE 4 : 145 000 m<sup>3</sup>/h).



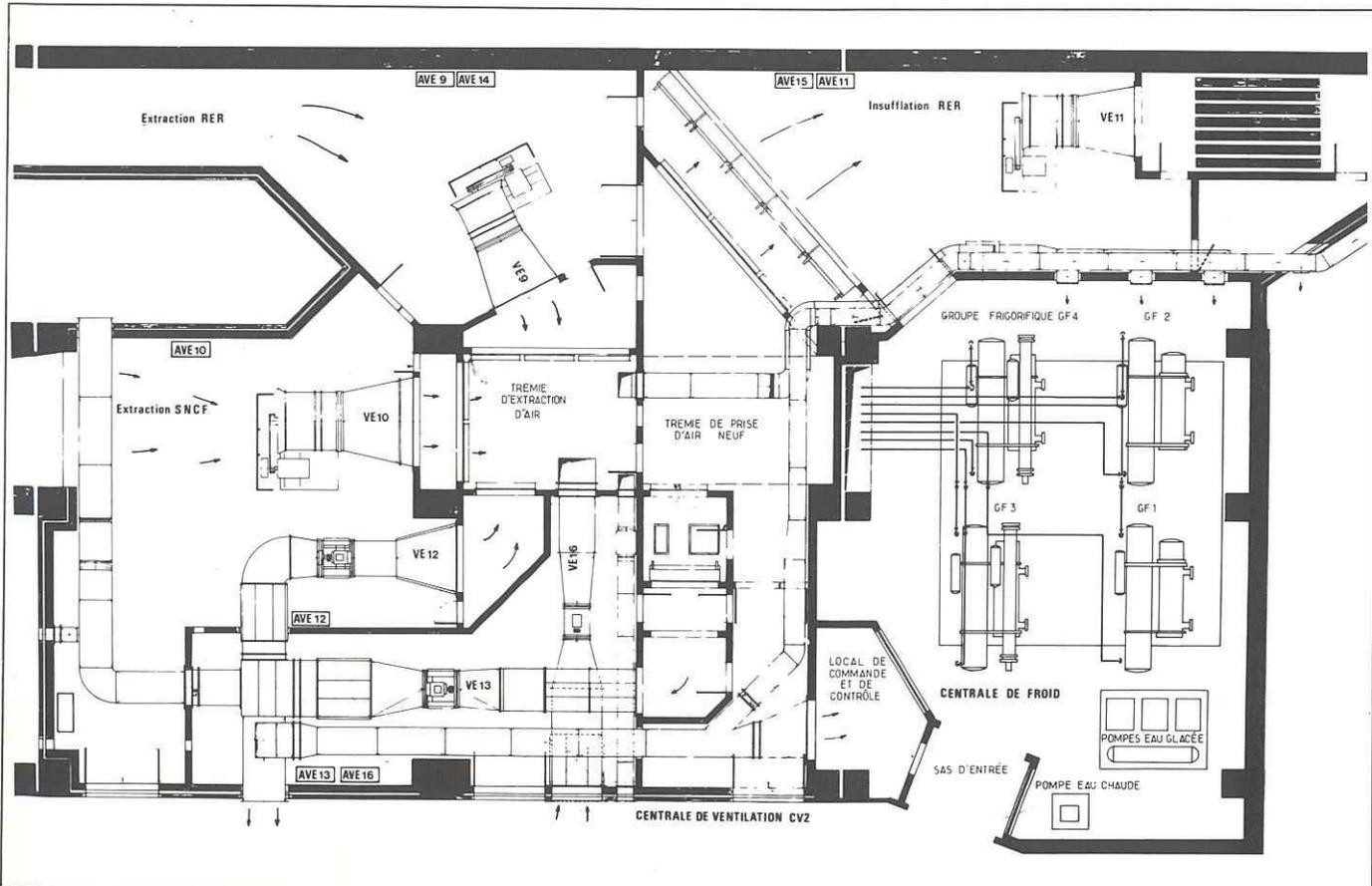
## Installations de production et de distribution du froid

Le traitement de l'air des gares souterraines du RER a nécessité la production et la distribution de froid sous forme d'eau glacée.

Cette eau glacée a été :

- soit produite dans des centrales autonomes (Auber, Nation, Gare de Lyon);
- soit achetée à des centrales extérieures (Châtelet, La Défense).

Fig. 17 - Gare de Lyon : vue en plan de la centrale de ventilation n° 2 (CV 2) et de la centrale de froid.



## Auber

Centrale de 6 000 000 fg/h (cette centrale a été pendant quelques années la plus importante au monde dans le système employé, à savoir refroidissement par aérocondenseur).

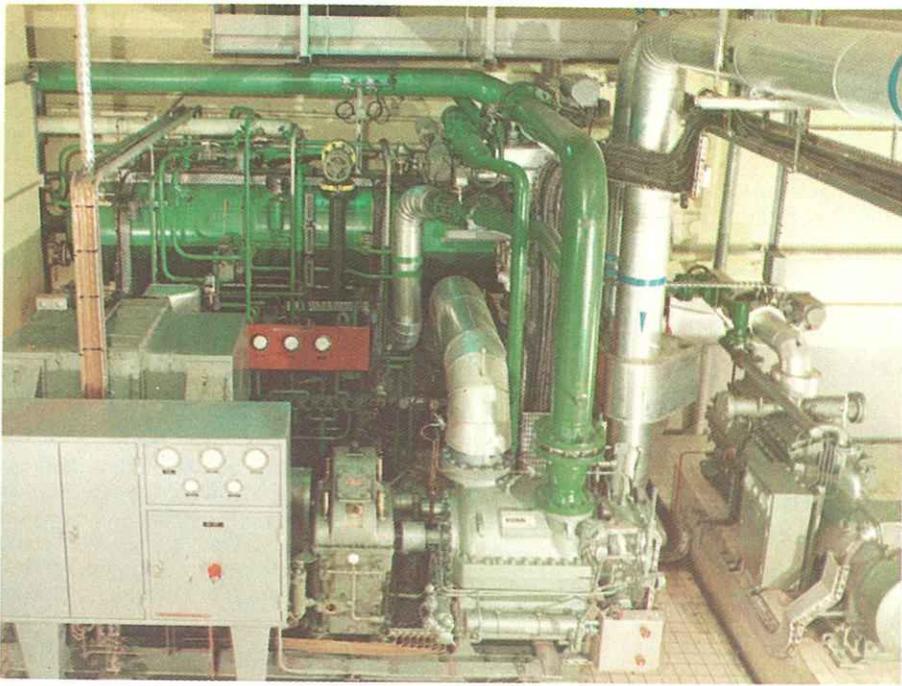
*Ci-dessous :*

**Auber :** terrasse - Vue de dessus des aérocondenseurs (longueur : 18,30 m, largeur 12,50 m, hauteur : 6,50 m, poids total : environ 90 tonnes).

*En bas :*

**Auber :** centrale de froid - Vue générale des salles des machines : 3 turbo-compresseurs de 1 050 ch chacun.





RATP - Travaux neufs

Nation : centrale de froid - Vue générale de la salle des machines.

## Nation

Centrale de 900 000 fg/h. La production de froid est assurée :

- en été, par un turbocompresseur de 900 000 fg/h;
- en demi-saison, par un groupe à pistons de 300 000 fg/h.

## Gare de Lyon

Centrale de 1 600 000 fg/h. La production de froid est assurée par quatre groupes à pistons de 400 000 fg/h, branchés en série-parallèle. Les aérocondenseurs sont placés sur le parvis au niveau 38,65.

Les installations de climatisation comprennent notamment :

- 2 batteries froides de 450 000 fg/h chacune (installées en CV 1 et en CV 3);
- 15 caissons de traitement d'air;
- 113 ventilo-convecteurs.

## Châtelet

Puissance consommée : 1 500 000 fg/h. Les installations de climatisation comprennent notamment :

- 2 batteries froides de 500 000 fg/h (recyclage mezzanine);
- quelques caissons de traitement d'air.

## La Défense

Ces installations ne concernent que des locaux commerciaux.

\*  
\*\*

Toutes les installations de traitement d'air, de production du froid et de désenfumage du RER ont été étudiées par les agents de la division « ventilation-climatisation » du service des équipements électriques et réalisées sous leur contrôle.

## CONTROLE DES SOUS-PRESSIONS DANS LES GRANDS OUVRAGES DU RER

par Elie Sivignon  
Ingénieur en chef adjoint, Chef du  
groupement « géologie-géotechnique » à la  
Direction des travaux neufs

Les partis constructifs adoptés pour les gares d'échange de la section « Auber - Nation » du RER :

— « Châtelet-Les Halles » située à la partie inférieure d'un forum ne comportant pratiquement pas de structures aériennes,

— « Gare de Lyon » placée sous la nouvelle gare de banlieue SNCF, elle-même souterraine,

ont amené la Régie à construire des volumes très importants pénétrant profondément (de l'ordre d'une quinzaine de mètres) dans des terrains contenant des nappes aquifères (phréatique et même sous-jacente).

L'eau exerce alors sous les ouvrages des pressions ascendantes qui ont tendance à les soulever.

Il ne suffit d'ailleurs pas que la stabilité de la gare soit globalement assurée (poids mort au moins égal à la poussée précitée, l'action favorable développée à la périphérie par les efforts de frottement ou de liaison étant souvent négligeable), il est aussi indispensable, ce qui est beaucoup plus contraignant, qu'elle soit réalisée localement dans toute l'étendue de la construction car la rigidité des structures est nettement insuffisante par rapport à l'importance des forces en jeu (milliers de tonnes) pour que cette construction puisse être considérée comme un solide indéformable.

Dans ce qui suit, les problèmes posés seront examinés dans le cas particulier de l'ouvrage « Gare de Lyon », puis des conclusions plus générales seront tirées de cet exemple.

### Cas de l'ouvrage « Gare de Lyon »

#### Dispositions générales

La gare du RER occupe le niveau le plus bas de l'ouvrage commun RATP - SNCF implanté en bordure de la rue de Bercy à l'emplacement de l'ancienne halle; sa longueur est de 225 m et son radier se situe à la cote (12,64 NGF), soit 21 m au-dessous du niveau de la rue (33,60 NGF environ).

La nouvelle gare de banlieue SNCF placée immédiatement au-dessus (niveau plancher 19,70 NGF) est plus longue de 90 m du côté de la rue Rambouillet. La largeur totale de l'ouvrage est de 42 m environ.

#### Description du site

#### Géologie

— les bancs de calcaire grossier (Lutécien) dont le toit plonge de 22,00 à 17,20 NGF (pente 2%) et l'épaisseur totale augmente de 21,30 à 22,50 m suivant l'axe de l'ouvrage en direction du Sud-Est; en tête, les bancs sont assez homogènes et bien réglés; à la base, ils deviennent glauconieux et comprennent des niveaux faiblement consolidés;

— les sables de Cuise (Yprésien), fins et incluant d'importantes passées silteuses ou argileuses (souvent riches en lignite); l'épaisseur de cette couche, non atteinte par l'excavation, est ici faible (proximité de l'axe anticlinal de Meudon), en moyenne 4 m.

#### Hydrogéologie

Les formations alluviales directement alimentées par la Seine, les bancs calcaires (marnes et caillasses, calcaire grossier), les sables de Cuise, sont aquifères. Toutefois, en l'absence d'horizon étanche entre ces niveaux, ceux-ci ne sont pas indépendants et forment un complexe, siège de nombreux échanges.

Par suite, bien que les caractéristiques de ces différents réservoirs varient

Formations	Perméabilité (m/s)	Remarque
Alluvions sableuses	1 à 2.10 <sup>-3</sup>	Sens horizontal Sens vertical Nombreux lits silteux ou argileux
Marnes et caillasses	1 à 2.10 <sup>-4</sup>	
Calcaire grossier	2 à 5.10 <sup>-5</sup>	
Sables de Cuise	10 <sup>-6</sup> à 10 <sup>-7</sup> 5.10 <sup>-5</sup> à 5.10 <sup>-6</sup>	

A partir du terrain naturel, on rencontre successivement :

— des remblais puis des alluvions, essentiellement sablo-graveleuses (quaternaire ancien) jusqu'à une cote comprise entre 20,70 et 22,00 NGF;

— des marnes et caillasses (Lutécien supérieur) très fortement érodées; elles apparaissent dans l'emprise de l'ouvrage à 40 m du pignon Diderot et atteignent 5,30 m d'épaisseur vers l'extrémité côté « Rambouillet »; seuls sont représentés les niveaux de base riches en calcaires siliceux séparés par de minces intercalations marneuses ou des filonnets d'argile magnésienne brune;

largement, les charges piézométriques en leur sein diffèrent assez peu; on peut admettre que pour une cote de retenue sensiblement normale (26,50 NGF) de la Seine distante de 250 m, le niveau des nappes reste compris, compte tenu des variations saisonnières, entre 22 et 26 NGF.

Un modèle numérique tridimensionnel à trois couches, couvrant 250 hectares a été mis en œuvre pour estimer l'amplitude maximale des ondes dues aux crues. Ce modèle a été étalonné en régime pseudo-permanent (étiage) et aussi en régime transitoire à partir des

mesures faites pendant la crue de février-mars 1970.

Les résultats obtenus au droit de l'ouvrage sont rassemblés dans le tableau ci-dessous :

## Stabilité de l'ouvrage

Pendant la construction

Crue	Relevé au pont d'Austerlitz		Période de récurrence (an)	Cote piézométrique maximale (NGF)	Remarque
	Cote maximale (NGF)	Surélévation (m)			
1970	31,20	+ 4,80	5	27,20	Observée Donnée par le modèle
1955	32,30	+ 5,90	50	28,30	
1910	34,20	+ 7,80	500	29,20	

Remarques - Pour la crue type 1910, la pointe a été écrêtée à 33 NGF de façon à tenir compte de l'effet de laminage dû aux aménagements réalisés depuis.

La charge maximale se produit dans le calcaire grossier qui se comporte comme un niveau semi-captif réagissant plus rapidement et plus fortement.

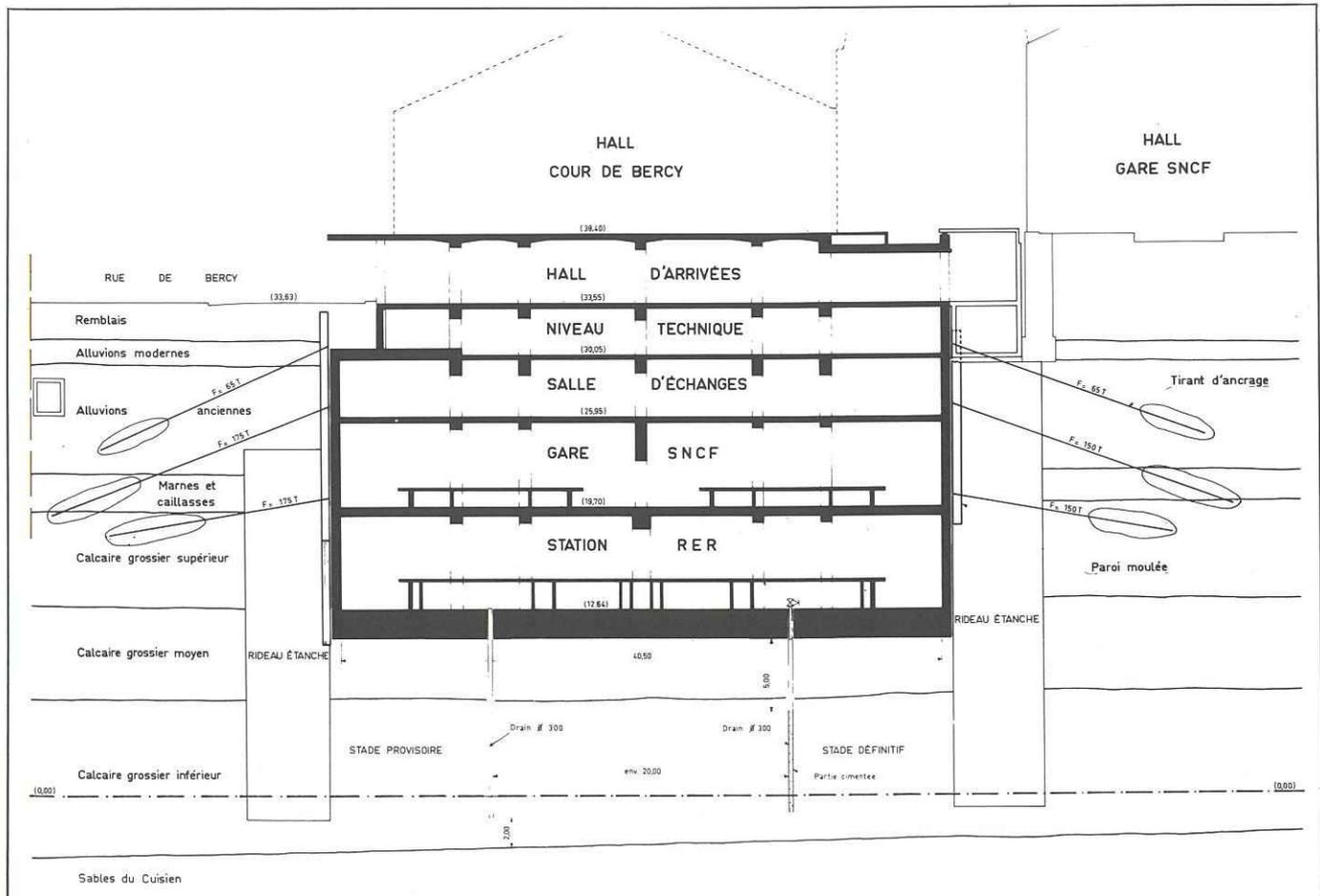
La situation la plus critique se présente habituellement lorsque les terrassements atteignent le fond de fouille et qu'aucun élément de structure n'est encore réalisé.

Pour écarter toute possibilité de soulèvement du fond sous l'action de l'eau contenue dans les formations sous-

jaçantes, il faut s'assurer que la pression interstitielle y régnant reste, à tout niveau, inférieure au poids des terrains (eau comprise) placés au-dessus.

Le calcul fait pour le fond de fouille à la cote 10,50 NGF en prenant, par sécurité, une valeur minimale de la densité du calcaire mouillé (2,25) a pratiquement montré qu'en drainant sur toute leur hauteur les bancs de calcaire restés en place après excavation (épaisseur moyenne 13 m), la condition précédente était satisfaite tant que la charge piézométrique au droit de l'ouvrage ne dépassait pas 28 NGF environ. Cette cote correspondant sensiblement à une crue du type 1955 (période de récurrence 50 ans), cette disposition fut jugée suffisante. En cas de crue plus forte, on pouvait soit pomper dans les drains pour diminuer encore la pression interstitielle soit, en dernier ressort, créer une contre-pression en laissant remonter le plan d'eau dans la fouille.

Fig. 1 - Coupe transversale de l'ouvrage « Gare de Lyon ».



Les drains forés au diamètre de 300 mm ont été arrêtés un peu au-dessus du contact avec le Cuisien (1,5 à 2 m) pour éviter tout risque d'entraînement de sable provenant de cette couche; ils sont au nombre de 34 (dont 10 sous l'allongement SNCF de 90 m) répartis sur deux lignes suivant une maille approximative de 20 × 20 m.

Pour limiter les venues d'eau latérales qui risquaient d'être importantes en raison de la forte perméabilité horizontale de cette formation stratifiée, un rideau d'étanchéité périphérique de 5 m d'épaisseur environ, recouvrant la base de la paroi moulée, a été réalisé par injection jusqu'à proximité du toit du Cuisien (figure 1).

### Après achèvement de l'ouvrage

Le poids mort apporté par l'ouvrage commun limité au plancher du parvis (38,40 NGF) réparti au niveau de la face inférieure du radier (10,50 NGF) s'élève à 16,6 t/m<sup>2</sup>; par suite, les sous-pressions se trouvent équilibrées pour un niveau de la nappe inférieure à 27,10 NGF. Or, les résultats fournis par le modèle montrent que pour les plus fortes crues de la Seine, cette cote est notablement dépassée (29,20 NGF pour la crue type 1910 modifiée), il a donc été nécessaire (au moins tant que les immeubles en superstructure ne seront pas édifiés) de mettre en place un dispositif assurant l'écrêtement des sous-pressions lors des remontées exceptionnelles.

Dans ce but, les drains existants ont été conservés. Leur profondeur a été ramenée à 5 m au-dessous du radier par cimentation de leur partie inférieure, ce qui leur assure une bonne efficacité tout en réduisant les débits captés.

Ils ont été équipés :

- à la traversée du radier, d'un tubage de 250 mm de diamètre sur lequel vient se raccorder l'étanchéité,
- en tête, d'une vanne d'arrêt à fermeture manuelle et d'un clapet anti-retour.

Enfin, ils ont été regroupés en cinq secteurs (figure 2) :

- un à chaque extrémité comprenant huit drains,
- trois en partie centrale comprenant six drains, raccordés séparément à un collecteur principal de 150 mm de diamètre par un ensemble comportant une électrovanne asservie à un pressostat réglable (avec possibilité de by-pass).

Il est ainsi possible de faire varier, pour un ensemble de travées correspondant à un secteur, la sous-pression maximale admissible en fonction du poids mort.

Après des valeurs intermédiaires correspondant à l'avancement des travaux par zone, le réglage final prévoit :

- l'ouverture automatique des électrovannes de secteur lorsque la cote piézométrique atteint 26,50-27,00 NGF, soit une charge en tête de drain de 14 m environ;
- leur fermeture automatique dès que cette cote revient au-dessous de 24,5-25,00 NGF.

Les eaux collectées sont évacuées vers l'égout par un poste d'épuisement, également à fonctionnement automatique.

Ce dispositif est complété par un réseau de contrôle permettant de surveiller :

- les pressions effectives sous le radier mesurées par huit cellules manométriques Glötz placées en des points éloignés des drains;
- les variations de niveau de la nappe autour de l'ouvrage relevées dans des piézomètres dont plusieurs équipés de limnigraphes enregistreurs.

## Conclusions dispositions générales

Lors de l'examen des problèmes posés par la stabilité des ouvrages soumis à des sous-pressions, on retrouve généralement les étapes rappelées ci-dessous :

### Acquisition de données caractéristiques du site

Les données recherchées concernent essentiellement la géologie et l'hydrologie du site et résultent habituellement des reconnaissances préalables pratiquées pour les ouvrages de génie civil (nature des terrains, géométrie des couches, identification des niveaux aquifères...).

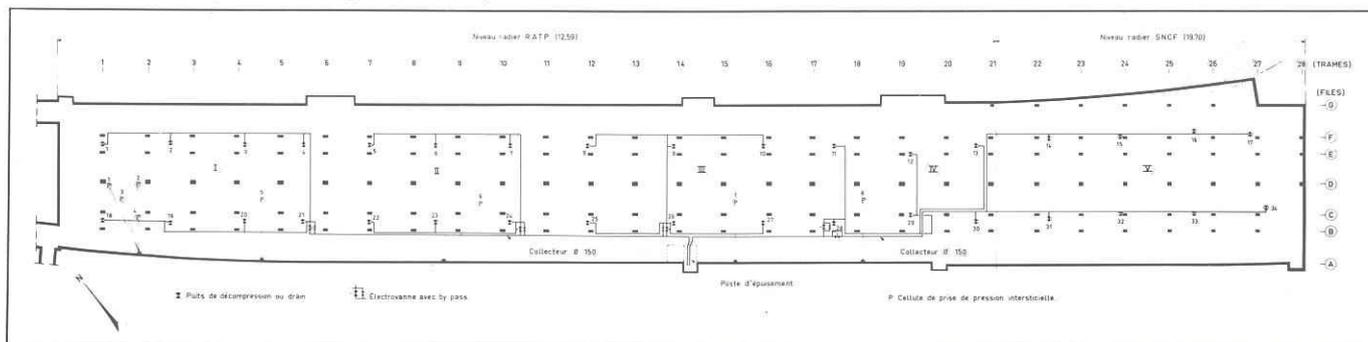
Toutefois on s'intéressera particulièrement :

- aux caractéristiques hydrodynamiques des formations aquifères;
- au régime des nappes.

Parmi les caractéristiques hydrodynamiques, la perméabilité est la plus importante car elle conditionne les possibilités de rabattement, de drainage et aussi d'étanchement d'une couche par injection. En cas d'anisotropie marquée (terrains lités), on distinguera la perméabilité horizontale ( $K_h$ ) et verticale ( $K_v$ ), cette dernière étant généralement beaucoup plus faible que la précédente.

En ce qui concerne le régime des nappes, l'estimation des cotes piézométriques maximales peut s'avérer déli-

Fig. 2 - Schéma d'un dispositif de drainage à « Gare de Lyon ».



cate; elle suppose une durée suffisante de la période d'observation et des dates de relevé convenablement choisies.

De plus, il devra être éventuellement tenu compte des phénomènes aléatoires dont l'influence, s'ils sont assez proches, peut ne pas être négligeable (remontée consécutive à l'arrêt de pompage, surélévation due à la crue d'une rivière).

## Définition des ouvrages

Cette opération est souvent menée en parallèle avec les premières études de stabilité pour éviter l'adoption de dispositions conduisant à des solutions techniquement peu satisfaisantes ou trop onéreuses. On pourra être ultérieurement amené à apporter quelques modifications de détail aux dispositions choisies pour permettre l'entretien et aussi le remplacement d'éléments contribuant à la stabilité (nettoyage des drains, exécution de nouveaux drains ou ancrages...).

## Détermination des conditions de stabilité

Après avoir défini les cas pour lesquels les conditions de stabilité ne sont pas remplies, on examine les dispositions propres à les satisfaire.

On peut envisager :

- d'augmenter le poids mort;
- de réduire la sous-pression.

Les dispositions du premier type sont permanentes, celles du second peuvent n'être que temporaires si la durée de leur action est limitée à l'existence d'un phénomène perturbateur occasionnel (crue).

Il est d'abord possible d'augmenter le poids de certains éléments de structure, par exemple en épaississant ou alourdissant (introduction de lots de ferrailles, mis en œuvre d'agrégats denses) le radier. De telles solutions ne sont viables que pour des excédents de pression très faibles (quelques tonnes par mètre carré), car elles conduisent à des coûts prohibitifs.

Lorsque les circonstances sont favorables (existence sous l'ouvrage de bancs rocheux, etc.), il paraît intéressant d'ajouter au poids de cet ouvrage celui des formations sous-jacentes qui

jouent alors le rôle de lest. La liaison ouvrage-lest est généralement réalisée par des tirants d'ancrage précontraints (limitation des déplacements possibles). Ces tirants se trouvent ainsi baignés par la nappe et posent le délicat problème de leur protection (résistance à la corrosion sous tension). On constate, dans de nombreux cas, que la transmission des forces de liaison au moyen d'ancrages nécessite la mise en œuvre d'importantes quantités d'acier (1 000 tonnes environ pour la gare du RER de «Châtelet-Les Halles» et le forum SEMAH, si ce procédé avait été adopté) ce qui entraîne pour cette méthode des dépenses de premier investissement élevées.

La réduction de la sous-pression peut être facilement obtenue par drainage dans leur masse des formations situées sous le radier ce qui entraîne un abaissement de la pression interstitielle en leur sein et corrélativement une diminution des forces de soulèvement. Les frais de fonctionnement de ce système correspondent à l'évacuation du débit drainé, soit dans le cas des gares du RER au relèvement par pompage des eaux jusqu'au niveau de l'égout. Il y a donc intérêt à ce que ce débit soit le plus faible possible.

Les venues d'eau alimentant le volume de terrain drainé traversent le rideau périphérique d'étanchéité assurant l'efficacité du drainage dans la zone qu'il délimite, ou arrivent par le fond de la boîte ainsi constituée.

On peut donc réduire ces venues et, par suite, le débit recueilli :

- en renforçant l'étanchéité périphérique (approfondissement ou ancrage du rideau dans une couche très peu perméable, création d'un fond étanche...);
- en acceptant à la sous-face du radier, ce qui a pour effet de diminuer le gradient hydraulique, une sous-pression maximale égale au poids propre des ouvrages; le radier dans ce cas doit être conçu pour résister à cette sous-pression et comporter une étanchéité, alors que pour un rabattement total (annulation complète de la sous-pression), un radier mince et perméable suffirait.

Les coûts (dépenses de premier établissement majorées des frais de fonctionnement, d'entretien et de renouvellement capitalisés) restent un facteur important du choix entre les différentes solutions possibles (ancrages, drainage partiel ou total), mais d'autres considérations peuvent conduire à écarter certaines d'entre elles qui, par exemple,

présenteraient des risques non négligeables pour la sécurité (inondation d'un tunnel ferroviaire, d'un central téléphonique souterrain) ou l'environnement (tassement des constructions voisines).

Dans l'exemple de la station « Gare de Lyon » exposé ci-dessus, les dispositions propres à assurer la stabilité ont subi des modifications au cours du temps (phases de construction et d'exploitation); on peut aussi être amené à les faire varier dans l'étendue d'un même ouvrage (forum des Halles) s'il comporte des zones présentant des caractéristiques différentes (cotes de radier, descentes de charges, etc).

## Surveillance Consignes de sécurité

Dans les ouvrages importants, un réseau de surveillance est habituellement mis en place; il a pour but :

- de vérifier que les données de base prises en compte dans les calculs ne sont pas dépassées;
- de contrôler le bon fonctionnement du dispositif réalisé.

D'une façon générale, on suit les variations :

- des niveaux piézométriques autour de l'ouvrage;
- des pressions effectives sous le radier.

Si le dispositif comprend un réseau de drainage, on mesure aussi en permanence (compteur) ou périodiquement (déversoirs, orifices calibrés) le débit recueilli, si possible par secteur. En effet, on peut déceler à partir d'anomalies dans la corrélation entre débit drainé et charge piézométrique, l'apparition de désordres (perte d'étanchéité du voile, début de colmatage...).

Dans le cas d'ancrages, il est possible de mesurer en plusieurs points les déplacements verticaux du radier en fonction des variations piézométriques, et de contrôler régulièrement la tension de certains tirants équipés à cet effet (cales dynamométriques).

Les consignes de sécurité donnent non seulement le détail des opérations périodiques de contrôle à effectuer, mais prescrivent aussi clairement les mesures à prendre en fonction des résultats fournis par le réseau de surveillance (sous-pression limite dépassée, niveau piézométrique atteignant une valeur donnée, etc).

# LES PHENOMENES AERODYNAMIQUES DUS A LA CIRCULATION DES TRAINS SUR LE RER

par Bernard Guillemette  
Inspecteur principal à la Direction des  
travaux neufs

## Introduction

Les notions de confort et de contrôle de l'environnement des voyageurs dans les systèmes de transports souterrains prennent de nos jours de plus en plus d'importance.

Non maîtrisés, les phénomènes aérodynamiques entraînés par la circulation des trains en tunnel peuvent dans ce domaine être la source d'inconvénients majeurs.

La réalisation du tronçon central du RER, comportant de grandes longueurs de tunnels à voie unique, a fourni à la RATP l'occasion d'étudier particulièrement l'ensemble de ces phénomènes.

Après un survol des principaux problèmes posés par les phénomènes aérodynamiques liés à la circulation des trains en tunnel, nous limiterons notre propos :

- à l'exposé des études entreprises sur ce sujet;
- à la description des essais réalisés en laboratoire sur maquettes hydrauliques et aérodynamiques, à Grenoble, par le département « Techniques des fluides » de la société Alstom.

## L'EFFET "PISTON"

### Phénomènes liés à l'effet « piston » des trains Généralités

### Influence des phénomènes aérodynamiques sur l'environnement et définition des critères à respecter

La circulation des trains en atmosphère confinée provoque des phénomènes de nature aérodynamique — essentiellement — des variations des pressions susceptibles d'être ressenties par les voyageurs et des déplacements d'air

pouvant entraîner la formation de vents violents dans les aires d'occupation ou de circulation du public (quais, mezzanines, gaines d'escaliers, couloirs, etc.).

D'un point de vue très général, un train en mouvement dans un tunnel contribue d'une part, à élever la pression devant lui, donc à mettre un volume plus ou moins étendu en surpression et d'autre part, à créer une zone de dépression derrière lui. La jonction entre ces deux régions est réalisée par une variation continue de la pression dans l'espace annulaire laissé libre entre le tunnel et le train.

A ces variations de pression dans le souterrain s'associent :

- un écoulement global de l'air à l'avant du train, à une vitesse un peu inférieure à celle de la rame;
- un écoulement de l'air, de l'avant vers l'arrière du train, entre ce dernier et les parois du tunnel;
- un écoulement global à l'arrière du train, dans le même sens que celui-ci.

La nécessité d'assurer à l'usager du RER confort et sécurité a conduit la RATP, comme les réseaux étrangers, à

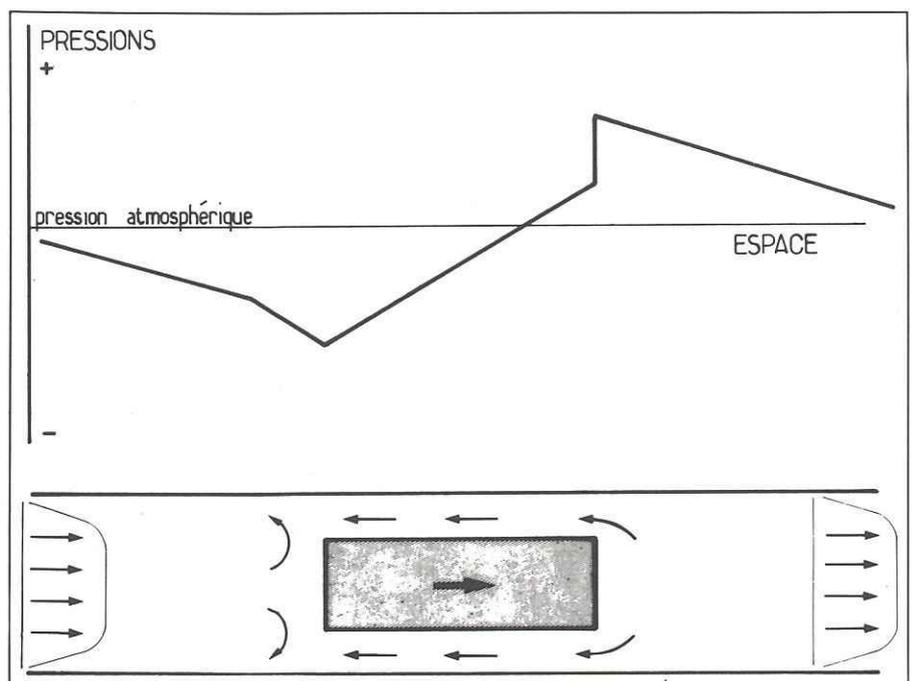


Fig. 1 - Variation de la pression et écoulement de l'air en souterrain, au passage d'un train.

définir des critères à respecter en matière de variations de pression et de vitesses d'air dans les zones publiques.

La perception des brusques variations de pression, sous la dépendance de l'oreille interne, est très individualisée. Le seuil des sensations désagréables est très variable suivant la qualité fonctionnelle de la trompe d'Eustache de chaque voyageur. Bien que les résultats expérimentaux fassent défaut, la limite acceptable des variations de pression est fixée aux États-Unis à la valeur de 0,06 PSI/s (livres par pouce carré) soit 42 mm de colonne d'eau par seconde.

Si les courants d'air peuvent être ressentis comme relativement agréables, notamment en période chaude, il est des valeurs de vitesses d'air qu'il convient de ne pas dépasser. Les critères de base ont été fixés pour le RER de la manière suivante :

dans les « zones voyageurs », les vitesses d'air ne doivent pas dépasser :

- 5 m/s lors de phénomènes transitoires, lorsque la durée de la pointe n'excède pas quelques secondes;
- 3,5 m/s pour les courants d'air permanents.

Ces critères de vitesses d'air sont les mêmes que ceux retenus par les responsables du London Transport Executive et correspondent à ceux que les Américains préconisent dans leur « Subway Environmental Design Handbook », où il est recommandé de limiter à 1 000 fpm ( $\approx 5,4$  m/s) les pointes de vitesse d'air dans les zones publiques des réseaux ferroviaires souterrains.

## Principaux paramètres déterminant l'importance de l'effet « piston » des trains

Dans la hiérarchie des paramètres déterminant l'amplitude des phénomènes aérodynamiques engendrés par la circulation des trains en tunnel, deux d'entre eux prédominent.

Le premier, parfois appelé coefficient de blocage, correspond au rapport entre la section droite du train et celle du tunnel. Si ce rapport est faible (tunnel à deux voies par exemple), l'effet de « piston » est modéré. Lorsque

ce rapport tend vers 1, l'effet de piston s'amplifie.

Le second caractérise la perméabilité du souterrain et s'évalue schématiquement par le nombre et la surface des communications entre celui-ci et l'extérieur. Grossièrement, plus les liaisons avec l'air libre sont nombreuses, plus l'élévation de pression intérieure est faible et l'effet de piston atténué. Nous verrons comment, en station, il convient de nuancer cette affirmation.

La vitesse de circulation des rames est également un paramètre important.

Plus elle est élevée, plus la différence de pression entre l'avant et l'arrière du train est grande. Pour préciser quelque peu, sans pour autant entrer dans les détails, on peut énoncer la loi suivante : dans la plage des vitesses de circulation couramment pratiquée dans les réseaux de métro, (ne dépassant guère 100 km/h), le coefficient de pression  $C_p$  (1) est indépendant de la vitesse du train.

En d'autres termes :

- la vitesse de l'air chassé à l'avant du train est proportionnelle à la vitesse du train;

- les variations de pression dans le souterrain sont proportionnelles au carré de la vitesse du train.

Enfin, parmi les éléments non négligeables, mais de moindre importance, on peut citer des frottements sur les parois du tunnel et du train, ainsi que la longueur des trains.

## Influence de l'effet « piston » des trains sur la conception des ouvrages souterrains

Cette revue sommaire des principaux paramètres influençant le phénomène

(1) Le coefficient de pression  $C_p$  s'exprime par :

$$C_p = \frac{P - P_0}{1/2 \rho V^2} \text{ où } P_0 \text{ est la pression atmosphérique, } P \text{ la pression statique dans le tunnel, } \rho \text{ la masse volumique de l'air et } V \text{ la vitesse du train.}$$

Le coefficient de pression représente donc la valeur de  $\Delta P$  rapportée à la pression dynamique créée par un flux d'air ayant la vitesse du train.

L'utilisation de ce nombre sans dimension permet de faciliter l'exploitation et la comparaison des résultats d'expérience.

de pistonement des trains permet déjà de pressentir que pour une vitesse de circulation déterminée, certaines dispositions des ouvrages et de leurs dimensions peuvent conduire au dépassement très net des critères énumérés plus haut et compromettre non seulement le confort des voyageurs, mais aussi parfois leur sécurité.

Il est souhaitable que les responsables des projets de lignes de métro soient avertis de l'existence de tels phénomènes, qu'ils sachent dans quelle mesure il est possible d'en tirer parti, et qu'ils connaissent les quelques règles à respecter pour les éviter ou les dispositions à prendre en vue de les combattre.

Nous nous contenterons ici d'énumérer les quelques idées générales qui nous paraissent devoir être retenues et renvoyons, pour plus de détails, le lecteur intéressé aux articles ou publications spécialisés.

Toutes ces règles s'articulent autour de la maîtrise ou de la modification des valeurs, soit du coefficient de blocage, soit de la perméabilité du souterrain.

## Effet de « piston » des trains et ventilation des tunnels

Puisque des trains se déplaçant dans un tunnel refoulent l'air devant eux et l'aspirent derrière, l'idée de profiter de cet effet pour faire participer les trains à la ventilation des tunnels vient tout naturellement à l'esprit.

La réalisation pratique de cette idée séduisante suppose un ajustement correct des principaux paramètres dans le but d'obtenir un effet de « piston » suffisamment intense et un taux de renouvellement d'air minimum.

Pour s'assurer de l'intensité de l'effet de « piston », on cherchera à rendre le coefficient de blocage le plus grand possible en prévoyant dans les projets des tunnels à voie unique de gabarit minimum. A titre d'exemple, même lorsque les méthodes constructives favorisent la réalisation d'ouvrages à double voie, les Américains, dans leurs constructions les plus récentes, n'hésitent pas à prévoir dans ce but la séparation du souterrain par un voile en béton afin de ramener la configuration à celle de deux tunnels à voie unique.

Parallèlement, l'efficacité du système requiert une perméabilité aérodynamique du souterrain convenable pour

aboutir au taux de renouvellement d'air voulu; ce résultat est obtenu en mettant le tunnel en communication avec l'atmosphère à intervalles réguliers par des cheminées de section suffisante et au profil aussi peu anguleuse que possible. Bien souvent, les contraintes qui s'expriment par la nécessité de trouver au sol les surfaces suffisantes compte tenu de l'urbanisation et du tracé des lignes, par les difficultés à intégrer les puits de liaison avec l'air libre dans un sous-sol plus ou moins encombré, par le coût élevé d'exécution de ces cheminées, rendent très difficile l'établissement d'un projet correct. Ainsi le tronçon central du RER, inscrit profondément sous les immeubles en plein centre de Paris, se prêtait très mal, compte tenu des remarques précédentes, à l'utilisation de l'effet de « piston » des trains. Toutefois, si toutes ces difficultés vaincues, le projet prend corps, il restera à combattre efficacement à l'approche des stations, l'effet par ailleurs favorisé avec soin en tunnel.

### Prévenir et combattre l'effet de « piston » des trains

Prévenir l'effet de « piston » des trains, c'est évidemment adopter à l'égard du coefficient de blocage l'attitude inverse de celle que nous venons de décrire. Chaque fois que pour des raisons géologiques ou d'ordre économique (amortissement de machine à forer par exemple), on projetera l'exécution de grandes longueurs de tunnels à voie unique, il faudra s'efforcer de limiter au maximum la valeur du coefficient de blocage. Cet impératif qui tend à faire prévoir un tunnel d'un diamètre

supérieur au strict nécessaire pour le passage du matériel roulant, est malheureusement difficilement conciliable avec le souci de minimiser les charges financières des projets.

Aussi, lorsque le diamètre des tunnels est fixé par des considérations qui l'emportent sur les recommandations qui précèdent, force est de concevoir des moyens de lutte contre les effets indésirables d'un phénomène de pistonement devenu inévitable.

Les dispositions constructives correspondantes consistent à augmenter la perméabilité du souterrain en favorisant la communication :

- en ligne, entre les deux tunnels à voie unique, par l'exécution de rameaux de jonction entre les tunnels;
- à l'approche des stations ou en station, entre les ouvrages et l'atmosphère, par la réalisation de cheminées de décompression.

Les rameaux, par l'effet de recyclage qu'ils produisent, permettent de diminuer la force du vent, tant à l'avant qu'à l'arrière des trains.

Les cheminées de décompression, complétées chaque fois que c'est possible par l'adjonction d'une chambre d'expansion, dérivent vers l'atmosphère une grande partie du débit poussé vers les stations.

En limitant l'intensité de l'effet « piston », ces dispositifs protègent les ouvrages des vents excessifs.

Il faut insister enfin sur la remarque essentielle, que c'est lors des premières réflexions, quand il est encore possible d'infléchir la structure des projets, qu'il faut examiner les problèmes de contrôle de l'environnement. En effet, par la suite, une fois les ouvrages exécutés, la mise en œuvre des moyens de lutte

contre l'effet de « piston » des trains devient sinon impossible, du moins très difficile et délicate. Les ouvrages spéciaux conçus après coup sont le plus souvent mal adaptés et d'une efficacité spéculative pour un coût exorbitant.

## Études et essais réalisés sur les phénomènes aérodynamiques liés à la circulation des trains en tunnel

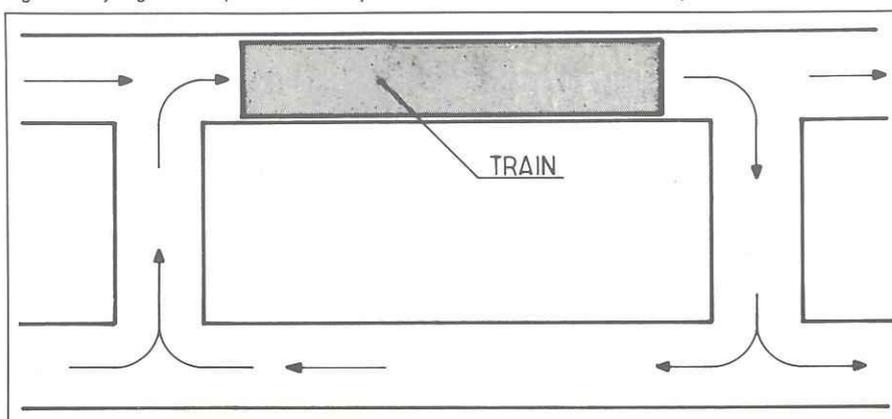
Les recherches entreprises avant les années 70 sur les phénomènes aérodynamiques liés à la circulation des trains en tunnel étaient encore peu nombreuses. Elles se rapportaient surtout :

- à l'évaluation de la résistance à l'avancement des trains en tunnel due à la traînée aérodynamique;
- aux problèmes posés par la traversée des tunnels à grande vitesse (vitesses supérieures à 200 km/h).

On peut aussi rappeler, sans prétendre être exhaustif :

- qu'à l'occasion de l'établissement du projet du tunnel sous la Manche, la SNCF avait entrepris en novembre 1965 une campagne d'essais en vraie grandeur dans les tunnels à voie unique du Simplon;
- que les Chemins de fer fédéraux suisses avaient de leur côté réalisé des essais dans les tunnels de Ricken et du Saint-Gothard;
- qu'avant la mise en service de la nouvelle ligne du Tokaïdo, les Japonais avaient procédé à des études assez complètes sur les phénomènes aérodynamiques liés à la circulation à grande vitesse;
- que dans le cadre des études liées à l'aérodynamique des trains circulant à très grande vitesse, le service de recherche de la SNCF avait mené à bien, avec le concours du CNRS, un ensemble d'études théoriques et expérimentales sur les phénomènes de compressibilité provoqués par la circulation des trains en tunnel et les effets de souffle induits avec ou sans croisement des trains;

Fig. 2 - Recyclage de l'air par rameaux de jonction entre deux tunnels à voie unique.



— que les Américains venaient de créer, précisément en 1970, un puissant groupe de recherche, dans le but de définir une doctrine pour le contrôle de l'environnement des systèmes de transports souterrains;

— qu'enfin des études théoriques réalisées soit aux États-Unis, soit en Angleterre, donnaient déjà quelques résultats partiels.

## Les premières études de la RATP

Les problèmes aérodynamiques liés à la circulation des trains allaient préoccuper la RATP de façon aiguë avec le projet d'achèvement de la ligne Est-Ouest du RER; la jonction «Auber-Nation» comportait de grandes longueurs de tunnels à voie unique où la vitesse des trains pouvait atteindre 100 km/h. Cette liaison au cœur de Paris devait comprendre en outre les gares de «Châtelet-Les Halles» et de «Gare de Lyon», ouvrages complexes du point de vue de la maîtrise des courants d'air que pourrait y provoquer l'effet de «piston».

Après s'être enquis des dispositions prises et de l'expérience acquise par les réseaux de métro étrangers comportant des parties importantes en tunnel à voie unique, notamment auprès du London Transport Executive qui venait d'achever la Victoria Line, la RATP entreprit une série d'études théoriques et expérimentales sur site, avec le concours du CNRS (2), en vue de mettre au point un programme de calcul permettant de déterminer les variations de pression et les écoulements d'air dans les tunnels.

Ces études permirent d'une part de s'assurer que les variations de pression entraînées dans les souterrains du RER par la circulation des trains jusqu'à 100 km/h ne risquaient en aucune façon d'être dangereuses pour les voyageurs, et d'autre part d'obtenir les courbes d'évolution en fonction du temps de la vitesse d'air insufflé dans les gares par l'arrivée des trains.

## Problèmes particuliers posés par la réalisation des gares du RER de «Châtelet-Les Halles» et de «Gare de Lyon»

La gare de «Châtelet-Les Halles» proprement dite comporte deux niveaux : le niveau des quais desservi par sept voies, dont plusieurs issues de tunnels à voie unique, et la mezzanine permettant les échanges avec le forum des Halles et les lignes en correspondances du métro.

L'ouvrage «Gare de Lyon» est constituée de quatre niveaux souterrains superposés où l'on retrouve de bas en haut :

- les quais RER desservis par deux tunnels à voie unique de part et d'autre;
- les quais SNCF;
- la salle des échanges permettant les différentes liaisons avec la gare SNCF de surface et le métro;
- le niveau technique.

Ces ensembles étaient trop complexes pour envisager d'entreprendre des études au moyen de modèles mathématiques fidèles. La RATP a fait appel au groupe «Techniques des fluides» de la société Alsthom (3) pour procéder à des essais en laboratoire afin de déterminer les moyens les mieux adaptés pour favoriser la décompression des stations. Suivant les possibilités des sites, le nombre, la position et la forme des cheminées nécessaires ont été étudiés sur maquette.

Une méthode originale non analogique, faisant appel à des modèles hydrauliques permettant de simuler les mouvements d'air avec de l'eau, a été retenue.

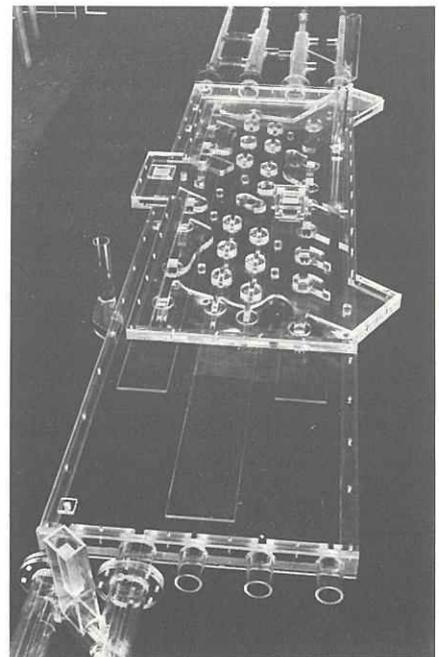
## Essais sur maquettes hydrauliques des gares de «Châtelet-Les Halles» et de «Gare de Lyon», en régime instationnaire

### Principes

Les essais ont été réalisés en similitude à partir des données géométriques des projets et de la connaissance des profils d'évolution en fonction du temps, de la vitesse de l'air insufflé dans chaque gare par l'arrivée des trains, déterminés lors des études antérieures.

Les modèles au 1/150<sup>e</sup> en altuglas représentant les niveaux des quais, de la mezzanine ou de la salle des échanges, les différentes sorties ou correspondances et les tunnels de part et d'autre des gares, étaient immergés dans un bassin sous une profondeur d'eau déterminée pour reproduire les conditions de l'atmosphère simulée.

Fig. 3 - Vue d'ensemble de la maquette (au 1/150<sup>e</sup>) de la gare de Châtelet-Les Halles avec les différentes cheminées de décompression testées.



(2) Laboratoire d'information et de mécanique pour les services de l'ingénieur, dirigé par le Professeur Malavard (CNRS - Orsay).

(3) Anciennement Société Neyrpic.

Le débit correspondant au souffle des trains était injecté dans les modèles par un système de cames judicieusement profilées, commandant le déplacement de pistons. Les modèles reproduisaient ainsi les phénomènes d'inertie qui interviennent dans la répartition des vents dans les ouvrages. Les maquettes accessibles tant par le dessus que par les côtés grâce à des hublots de grandes dimensions, permettaient de visualiser les écoulements dans d'excellentes conditions.

Fig. 4 - Détail de la maquette de la gare de Châtelet-Les Halles au niveau de la cheminée de décompression constituée par le noyau central de l'hélice de sécurité TS2.

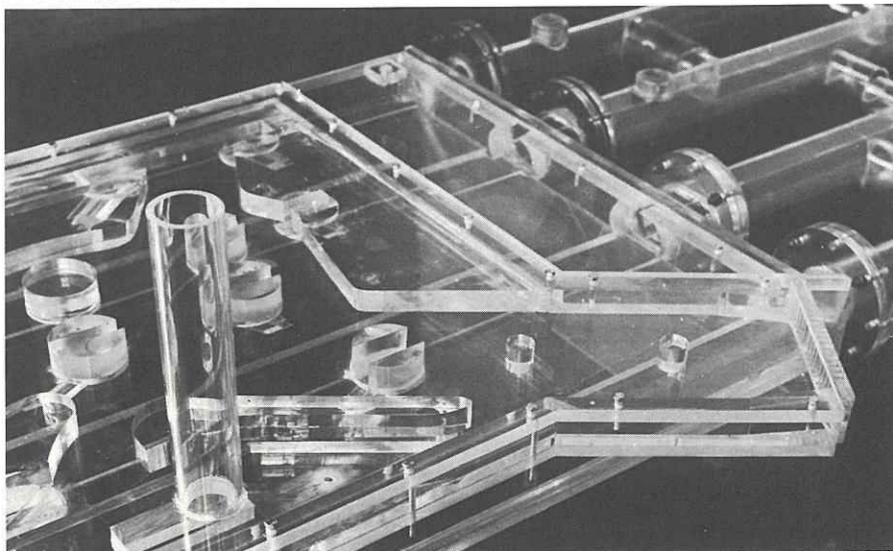
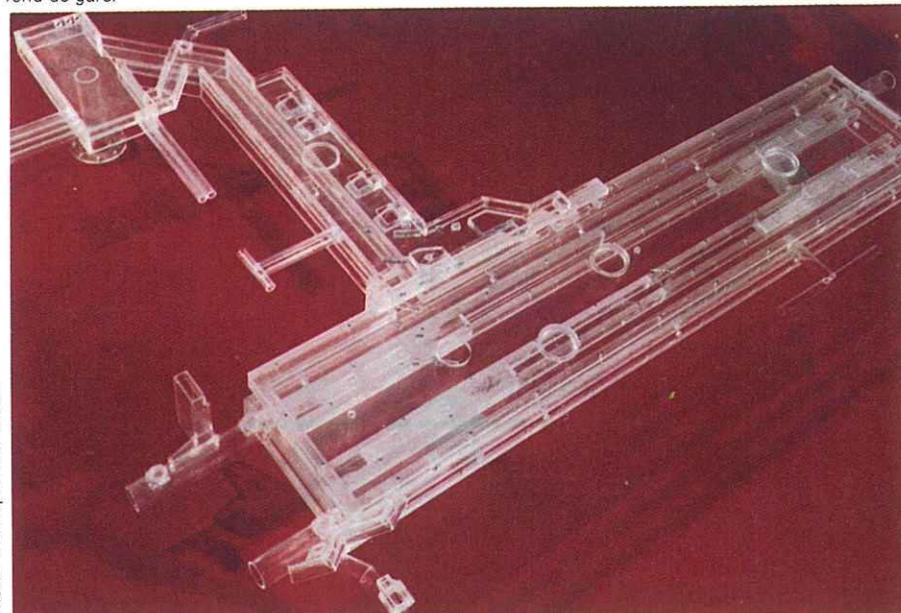


Fig. 5 - Vue d'ensemble de la maquette (au 1/150<sup>e</sup>) de la station « Gare de Lyon ». Elle reproduit, à côté de l'ouvrage commun RATP-SNCF, la salle des billets de la ligne n° 1 du métro et les couloirs de liaison sous le fond de gare.



## Similitude

La similitude a été étudiée afin de s'assurer de l'obtention de résultats représentant bien les phénomènes réels d'une part, et quantitativement significatifs d'autre part.

Les essais sur les modèles des gares de « Châtelet-Les Halles » et de « Gare de Lyon » ayant pour but l'étude des écoulements engendrés au sein d'un fluide par le déplacement d'un mobile

suivant une loi donnée (le phénomène réel, de nature essentiellement pulsatoire, étant dû au mouvement d'un train dans un tunnel), les invariants essentiels à respecter étaient les nombres adimensionnels de Reynolds et de Strouhal. Ce dernier, peu familier au non spécialiste, est encore appelé fréquence réduite. Il s'exprime par le rapport sans dimension  $L/VT$  et représente pour un écoulement instationnaire les quotients :

Pression différentielle d'inertie

Pression dynamique

ou

Accélération locale

Accélération convective

Ainsi schématiquement, après le choix d'une réduction des dimensions au 150<sup>e</sup>, la méthode employée permettait de diviser les temps par 15 et les vitesses par 10 tout en multipliant les pressions par 10, facilitant ainsi les mesures.

## Méthodes de mesure

Les mesures de pression ont été réalisées par capteur Statham à jauge type 222 TC.

Pour la mesure des vitesses, la nature complexe des écoulements et la nécessité d'obtenir des points de mesure assez serrés, de position non déterminée a priori, ont fait écarter l'usage de la sonde électrique à film chaud au bénéfice des mesures de vitesse par anémométrie Laser.

## Principe des mesures de vitesse par anémométrie Laser

Si deux faisceaux cohérents issus du même Laser se croisent, il existe un système de franges d'interférences brillantes consistant en une succession de plans parallèles équi-espacés de  $i = \lambda/2 \cdot \sin(\theta/2)$  où  $\lambda$  est la longueur d'onde de la lumière et  $\theta$  l'angle des deux faisceaux.

Les plans des franges sont perpendiculaires à la bissectrice extérieure  $\vec{n}$  de l'angle.

Si dans ces conditions, une particule diffusante animée d'une vitesse  $\vec{V}$  traverse la zone de concours de deux faisceaux, la lumière qu'elle va diffuser sera, pendant cette traversée, modulée dans le temps avec une fréquence  $f$

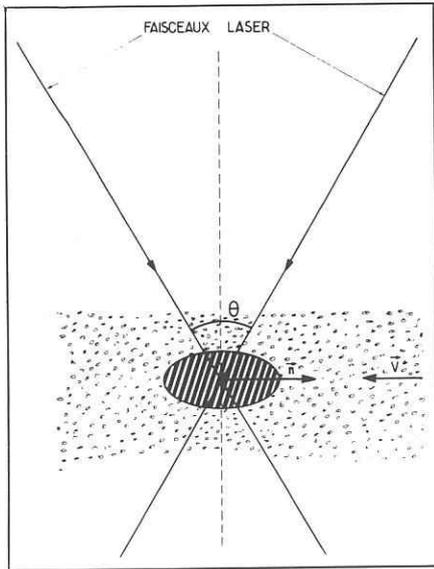


Fig. 6 - Mesure de la vitesse par anémométrie Laser.

proportionnelle à la projection de la vitesse  $\vec{V}$  sur  $\vec{n}$ . Le captage de cette lumière par un photomultiplicateur convenablement disposé et l'analyse de Fourier des fluctuations de son photocourant permettent de déterminer  $f$  et donc la projection de  $\vec{V}$  sur  $\vec{n}$ . Si enfin, cette particule se meut du fait de son entraînement par un fluide, la méthode ci-dessus permettra de connaître la vitesse de ce fluide. Insistons sur le caractère essentiellement local de la mesure.

L'aménagement de bossages pour passer la sonde électrique est ainsi évité, la mesure Laser pouvant s'effectuer directement à travers la paroi. On gagne aussi toute la souplesse nécessaire pour réaliser préalablement une campagne de visualisation et effectuer ensuite au vol les mesures aux endroits reconnus les plus critiques d'après les clichés photographiques.

Le dispositif Laser était monté au-dessus du bassin contenant le modèle sur un double chariot permettant de balayer la totalité du modèle en plan, un système de pivotement de l'ensemble optique autour de l'axe vertical permettant d'orienter le réseau de franges d'interférences dans tous les azimuts, mesurant ainsi toute composante désirée de la vitesse dans un plan horizontal. Une crémaillère de translation verticale permettait de viser à des profondeurs variables dans le modèle.

Les particules diffusantes employées étaient constituées de fins éléments de poudre d'aluminium en suspension dans l'eau à faible concentration.

## Principaux résultats

Les campagnes de visualisation et l'analyse des résultats des essais ont permis de dégager les remarques générales qui vont suivre.

D'importants mouvements tourbillonnaires s'établissent en gare tant au niveau des quais que de la mezzanine pour Châtelet-Les Halles ou de la salle des échanges pour Gare de Lyon;

L'augmentation de la perméabilité aérodynamique de la mezzanine (essais réalisés avec simulation d'une cheminée mettant la mezzanine seule en communication avec l'atmosphère), entraîne le transfert d'un débit plus important du niveau des quais vers le niveau supérieur et un accroissement sensible (jusqu'à 60 %) des vents dans les gaines des escaliers reliant les deux volumes.

Cette dernière remarque fait apparaître que si l'on dispose en station des cheminées de décompression, il est important que celles-ci fassent communiquer directement le niveau des quais avec l'air libre, sous peine d'obtenir dans certaines zones de passage des voyageurs un résultat inverse de l'effet recherché.

Les cheminées de décompression disposées à l'entrée des gares sur les tunnels d'arrivée des trains sont très

efficaces. Elles diminuent à Châtelet-Les Halles d'environ 25 % les vitesses maximales des vents dans les sorties de la mezzanine et prélèvent environ 30 % du débit refoulé par les trains dans la station « Gare de Lyon ».

Nous ne donnerons que quelques chiffres.

A Châtelet-Les Halles, il a été possible, compte tenu de l'environnement architectural, de réserver quatre cheminées de décompression. Lors de l'arrivée simultanée de quatre trains en gare (situation rendue très probable par le nombre de voies la desservant et les conditions d'exploitation prévues), les vitesses d'air maximales (pointes) sont réduites par l'action de ces quatre cheminées :

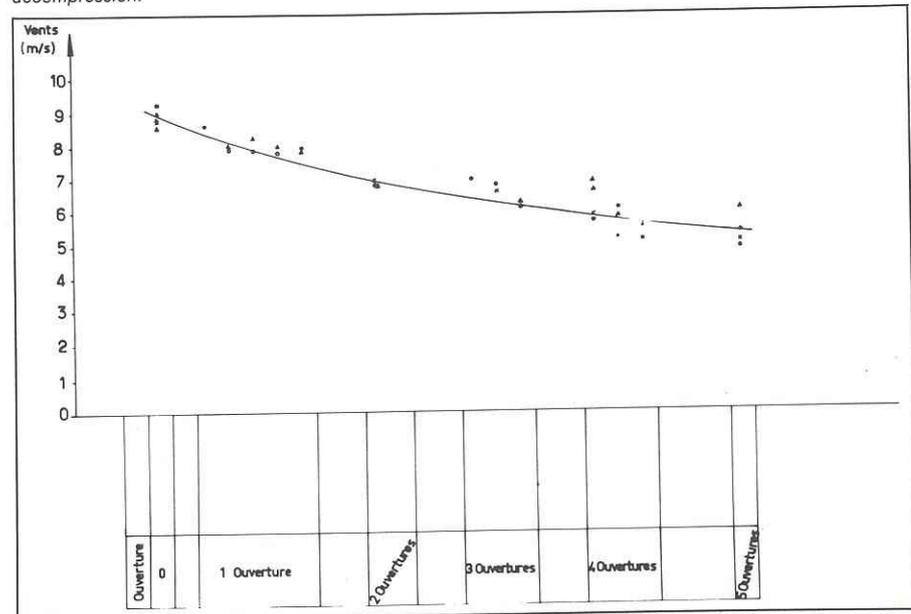
- de 7 m/s à 5 m/s environ dans les gaines des escaliers de liaison entre les quais et la mezzanine;
- de 9 m/s à 6 m/s environ dans les sorties de la mezzanine.

A Gare de Lyon, trois cheminées de décompression ont pu être préservées, deux sur les tunnels d'arrivée de part et d'autre de la gare, une sur le tunnel de sortie des trains en direction de Châtelet.

Par l'action de ces orifices de décompression lors de l'arrivée simultanée de deux trains, les vitesses maximales des vents sont abaissées :

- dans les escaliers mécaniques, en moyenne de 13 m/s à 9,5 m/s;
- dans les sorties, de 8 m/s à 5,8 m/s.

Fig. 7 - Courbe mettant en évidence l'abaissement progressif de la vitesse maximale des courants d'air dans les sorties de la gare de « Châtelet-Les Halles » par la mise en action d'un nombre croissant de cheminées de décompression.





Les valeurs très élevées relevées dans les gaines d'escaliers correspondent à l'exploitation de la station en gare RER seule. Elles sont le résultat du très petit nombre des communications entre les quais RER et la salle des échanges dans cette phase, de nombreux escaliers mécaniques reliant les différents niveaux de l'ouvrage n'étant pas installés. Les essais sur maquette mirent ainsi en évidence la nécessité de ne pas obturer les trémies des escaliers mécaniques non équipées afin d'assurer une perméabilité suffisante des volumes et de ramener les vitesses d'air à des valeurs acceptables voisines de 5 m/s.

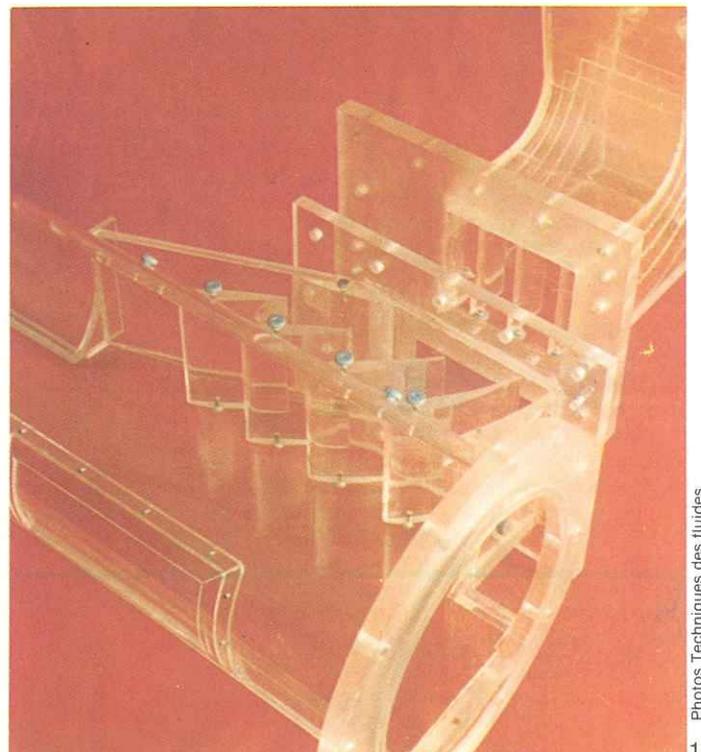
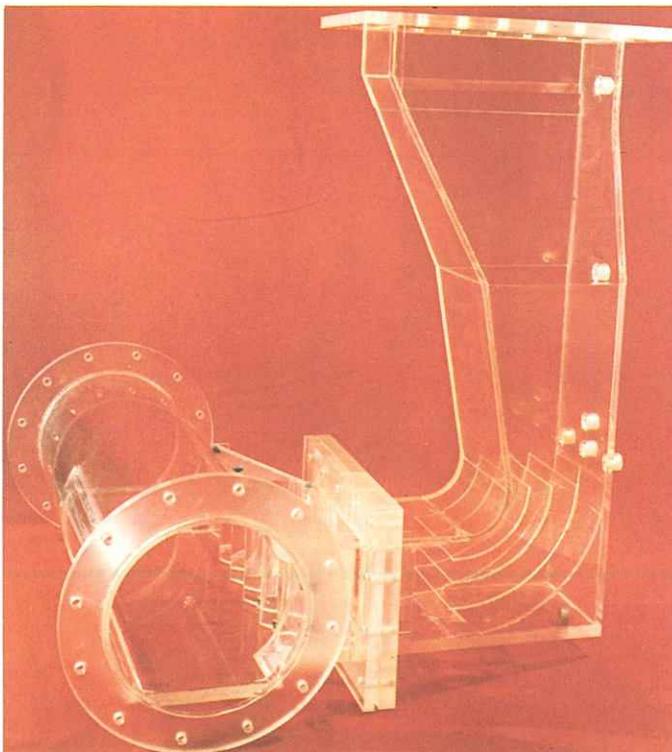
Fig. 8 - Vue de la maquette (au 1/21<sup>e</sup>) destinée aux essais aérodynamiques de la cheminée de décompression « Ste-Opportune » proche du tympan sud de la gare de Châtelet-Les Halles. Sur cette photo, les profils d'ailes destinés à améliorer la qualité de l'écoulement et le convergent/divergent sont bien visibles.

## Essais sur maquettes aérodynamiques

Les résultats obtenus sur les modèles hydrauliques ont mis en évidence l'abaissement significatif des vitesses d'air dans les sorties des gares par la disposition des cheminées de décompression. La visualisation des écoulements et l'analyse des résultats obtenus montraient cependant que les performances aérodynamiques des cheminées étaient limitées par l'existence de nombreuses pertes de charge dues au mauvais profilage de leur structure, génie civil nu. Les vents mesurés enfin (6 m/s), restaient légèrement supérieurs au critère fixé (5 m/s). Les sites du Châtelet ou de la gare de Lyon ne permettant pas la réalisation de nouvelles cheminées de décompression, ne restait comme solution pour atteindre le but fixé que d'améliorer le rendement

Fig. 9 - Vue d'ensemble de la maquette (au 1/21<sup>e</sup>) destinée aux essais aérodynamiques de la cheminée de décompression située à l'entrée de la station « Gare de Lyon », voie n° 1.

Fig. 10 - Détail des ailettes habillant les poteaux à l'entrée de la cheminée de décompression « Gare de Lyon », voie n° 1.



aérodynamique des cheminées existantes; objectif d'ailleurs d'autant plus intéressant que ces ouvrages sont coûteux et qu'il est souhaitable d'en tirer le meilleur parti possible.

Des essais sur maquettes aérodynamiques au 1/21<sup>e</sup> de deux cheminées de décompression ont donc été entrepris afin :

- de définir les principes pouvant guider la détermination de carénages destinés à réduire au minimum les pertes d'écoulement;
- d'évaluer les gains obtenus sur les performances par les « habillages ».

Les idées directrices pour la définition des carénages ont consisté à chercher à :

- favoriser l'entonnement et à améliorer les différents changements de directions par l'habillage des coudes et la disposition de profils d'ailes;
- favoriser un effet de succion dans la cheminée par la disposition d'un convergent-divergent correct.

## Similitude

Dans ce type d'essais classique, en régime stationnaire, les conditions de

similitude se limitent à respecter :  
— d'une part la contre-pression existant au niveau de l'entrée en gare par rapport à la pression en sortie de cheminée de décompression;  
— d'autre part le nombre de Reynolds de l'écoulement.

## Principaux résultats

Au cours des essais, l'une des cheminées qui comporte une chambre d'expansion (élargissement du tunnel à l'entonnement) est apparue d'emblée comme ayant de relativement bonnes performances sans aucun traitement du génie civil. La mise en place des formes de parois permit d'obtenir un gain de 15 à 20 % par rapport à la cheminée nue. Ces résultats mettent bien en évidence s'il en était besoin, l'intérêt qu'il y a à concevoir des ouvrages aux formes simples et bien disposés.

La seconde cheminée à laquelle est également associé un élargissement du tunnel comporte malheureusement d'une part, des poteaux cylindriques au droit de l'entonnement pour des raisons de résistance, et d'autre part, des chan-

gements de forme qui n'ont pu être évités.

Les essais ont montré que par un habillage approprié, le gain obtenu était toujours supérieur à 60 % et pouvait même atteindre 150 % aux faibles contre-pressions.

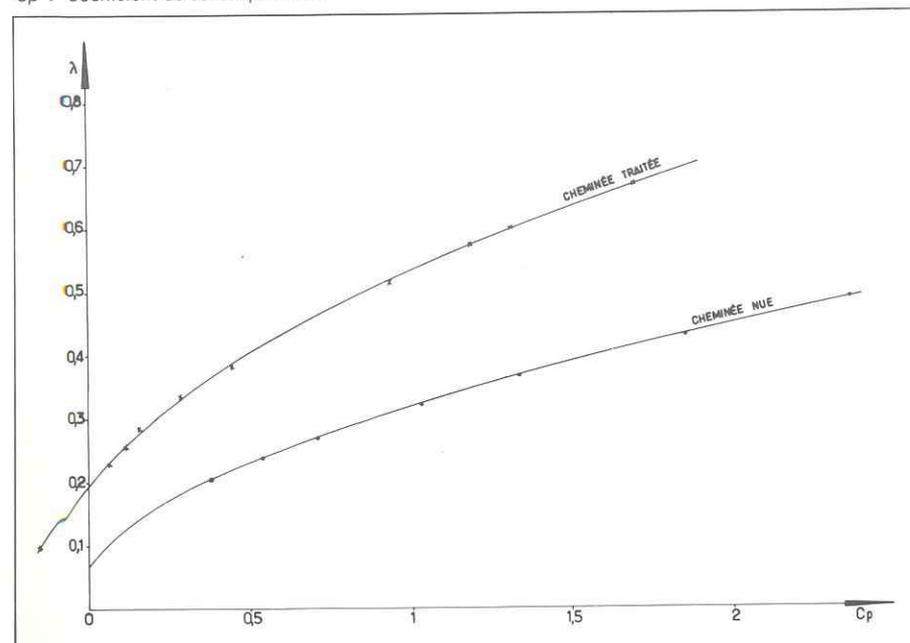
## Conclusion

L'ensemble des études entreprises tant sur les phénomènes aérodynamiques généraux liés à la circulation des trains en atmosphère confinée, que sur l'analyse détaillée de cas complexes comme ceux des ouvrages de Châtelet et de Gare de Lyon nous a ainsi permis, grâce à l'expérience acquise et aux nombreux résultats recueillis, d'être en mesure de prévoir pour chaque projet l'amplitude des phénomènes imputables à l'effet de « piston » des trains et de déterminer dans chaque cas les dispositions à prendre pour assurer le confort et la sécurité des voyageurs.

Fig. 1 1 - Courbes montrant l'amélioration du rendement aérodynamique d'une cheminée de décompression (à Gare de Lyon) obtenue par habillage interne.

$$\lambda = \frac{\text{Débit dérivé par la cheminée}}{\text{Débit total poussé par le train}}$$

Cp : Coefficient de contre-pression.



# LA COMMANDE CENTRALISÉE DU RER

par Pierre Genevoy  
Ingénieur en chef adjoint à la Direction des  
travaux neufs

Dès l'origine de leurs premières études relatives au RER, les services d'exploitation de la Régie ont senti la nécessité d'assurer, pour ce réseau, une fluidité optimale de la circulation des trains, et ce malgré les performances de capacité de transport poussées qui étaient attendues du système. On a donc, en particulier, souhaité bénéficier d'une commande centralisée, dont les premières installations sur le métro avaient démontré les avantages, notamment pour la résolution rapide des situations de service perturbé et pour l'accroissement de la sécurité du transport.

Il a donc été prévu de mettre en place, dans la gare de Vincennes, un poste de commande centralisée (PCC), unique pour la totalité de la future ligne A du RER, et regroupant l'ensemble des moyens de commande et de contrôle relatifs aux diverses missions des trains et à leur alimentation en énergie (en particulier, situation des convois, disposition des appareils de voie, état des feux de protection, tracé des itinéraires et manœuvre des appareillages d'alimentation en courant de traction).

Conçue techniquement pour être adaptée aux particularités d'un réseau régional, la commande centralisée devait enfin comporter un niveau d'automatisme susceptible notamment de prendre en charge la gestion complète de la circulation des trains, et libérant en exploitation normale les agents des gares de la fonction d'aiguilleur; seule, la conduite proprement dite des trains, assurée par agent unique, resterait manuelle.

Ainsi organisé, le système offre trois niveaux d'exploitation, selon un principe auquel la Régie s'est souvent attaché à rester fidèle, notamment pour la conception générale de ses réalisations à l'étranger.

— *Commande centralisée automatique.* En situation normale, l'automatisme central assure seul le déroulement prévu de la mission de chaque train. Une télétransmission, reliant le poste central aux divers équipements en ligne, lui fournit à chaque instant l'ensemble des informations qui lui permettent d'émettre, en retour, les ordres nécessaires à la circulation des trains conformément au programme enregistré en début de service.

— *Commande centralisée manuelle.* En cas de défaillance de l'automatisme central, ou en cas d'intervention d'une

situation perturbée de trafic non prévue à son programme, la gestion est reprise en manuel par les opérateurs du poste central dans la situation analogue à celle d'une commande centralisée classique.

— *Commande locale.*

Enfin, si la télétransmission elle-même est défaillante, ou si des contraintes particulières d'exploitation l'imposent, le trafic des trains sur les diverses sections de la ligne est repris en local, depuis les postes de manœuvre locale dits PML, par les agents des gares occupés à d'autres tâches en temps normal. Cette situation dégradée ne doit être qu'exceptionnelle et géographiquement limitée; les équipements, et notamment la télétransmission, obéissent pour cela au principe général de la modularité propre à assurer une indépendance totale des gares entre elles.

On peut constater aujourd'hui que ces principes généraux ont été satisfaits tout au long des diverses étapes de réalisation du RER, tout en adaptant naturellement la configuration des équipements aux besoins souvent évolutifs de l'exploitation et en profitant des possibilités accrues des technologies récentes. Après une première phase, qui, fin 1969 avec la mise à la disposition du public de la ligne de Boissy-Saint-Léger, permettait une exploitation de chaque tronçon de ligne en commande locale, une seconde étape a permis, avec la mise en service d'une télétransmission, la suppression de personnel local et d'exploitation du trafic depuis le poste de commande centralisée. En 1972, c'étaient simultanément la mise en commande automatique de la ligne de Boissy-Saint-Léger et la mise en service de la ligne de Saint-Germain-en-Laye dans une exploitation de type local.

Un peu plus de quatre ans auront été nécessaires pour atteindre le stade suivant : en cette fin 1977, l'ensemble de la ligne A du RER se trouve maintenant rattaché au poste central de Vincennes. Le plus haut niveau d'automatisation n'est cependant pas encore atteint pour ces récentes mises en service; il le sera au moment où sera réalisée l'interconnexion. Mais les problèmes que pose l'interconnexion, qui appartiennent maintenant au proche futur, sont en la matière riches d'enseignement; il est donc utile de bien cerner toutes les difficultés qu'ils vont poser pour les résoudre aussi correctement que possible.

---

## Ligne de Boissy-Saint-Léger Rappel de la constitution de la commande centralisée

---

Pour la réalisation de la commande centralisée de la ligne de Boissy-Saint-Léger, la configuration à trois niveaux évoquée précédemment s'est traduite par les équipements mentionnés ci-dessous.

— La *commande locale*, est assurée par huit postes de manœuvre locale (PML de Nation, Vincennes, Fontenay, Joinville, Parc-Saint-Maur, La Varenne, Sucy et Boissy), qui commandent chacun la circulation des trains, dans leur zone, par action sur un poste de signalisation (PRS) et, pour quatre d'entre eux (Vincennes, Joinville, La Varenne et Boissy), assurent la gestion de l'alimentation des caténaires en énergie de traction par action sur un poste de commande traction (PCT).

Enfin, la commande locale de l'affichage de destination des trains (dispositif intimement lié à la circulation des trains) est réalisée à partir des armoires de commande situées, dans chaque gare, soit au PML, soit, à défaut, dans le bureau d'information.

Toutes les liaisons entre les équipements de commande locale (PRS, PCT, armoires-pupitres d'affichage) et les appareils commandés, situés en campagne ou dans les chambres d'appareillage (PR, guérites de pleine voie, etc.), sont réalisées en fils directs (liaisons dites « fil à fil »), afin d'obtenir un haut degré de sécurité et de fiabilité.

— Au niveau de la *commande centralisée manuelle*, la gestion des trains est prise en compte à partir de pupitres (un par PRS) et d'un tableau de contrôle optique (TCO) servis par des « aiguilleurs ». Chaque pupitre et la portion de TCO correspondante lui faisant face est, sur le plan fonctionnel, la répétition des pupitres et TCO locaux situés dans les PML; la liaison entre le PCC et les PML est assurée par une télétransmission électronique.

L'équipement de la salle d'exploitation du PCC est complété par le pupitre central des chefs de régulation, chargés de coordonner le travail des aiguilleurs et de superviser le fonctionnement d'ensemble de la ligne. En cas de situation perturbée, les chefs de régulation prennent toutes les initiatives propres à rétablir le trafic normal dans les délais les plus courts. Ils disposent à cette fin d'un certain nombre de moyens de communication et de renseignements, notamment le téléphone (trains, gares et campagne), et un système d'identification des trains sur écran cathodique.

Le TCO porte en partie supérieure le synoptique « signalisation » représentant schématiquement les voies en tracé continu; les voyants de contrôle concernent principalement l'état des zones de signalisation (itinéraire tracé, occupé ou détruit, zones d'approche), l'état des appareils de voie et signaux, et un certain nombre de contrôles auxiliaires (discordances, autorisations d'annulation, fosses de visite, alarmes diverses, etc.). La partie inférieure porte le synoptique « traction » représentant schématiquement les caténaires sur chaque voie. Normalement éteint, ce synoptique réunit les voyants de contrôle et les boutons de commande nécessaires à l'alimentation des caténaires par secteur, à la commande individuelle des appareils 1500 volts, à la reprise de délégation des commandes, aux mises hors service des coffrets de déclenchement et des dispositifs de protection de sectionnement, à diverses signalisations, tests et alarmes. Il faut noter au passage que les organes d'intervention sur la traction sont volontairement situés au TCO pour permettre à l'opérateur, en l'obligeant à se déplacer, notamment lors des manœuvres délica-

tes de remise sous tension, de ne pas agir par réflexe inconsidéré. Le bouton de déclenchement général, susceptible d'une action d'urgence, est situé par contre sur le pupitre régulateur, à portée de main.

Placés en arc de cercle, face au TCO, les pupitres aiguilleurs comportent les boutons de commande d'itinéraire, de commande de tracé permanent, avec voyants associés, les boutons de délégation en local et de reprise de délégation ou de commande automatique, les commutateurs de fermeture d'urgence des signaux et de commande de voie unique temporaire, de réchauffage d'aiguille, ainsi que divers organes de commandes spéciales (sonnerie départ), de tests et d'alarmes.

Le pupitre régulateur, comporte une platine de téléphonie (téléphonie automatique privée et réseau PTT, téléphonie des trains, lignes directes et lignes « téléconnectées » en report de toutes les platines individuelles équipant les PML) et une platine d'alarme regroupant les boutons-poussoirs de déclenchement général et d'acquiescement des alarmes dites d'« exploitation ». L'écran cathodique de visualisation des numéros d'identification des trains permet d'obtenir soit une vision d'ensemble du trafic en ligne, soit une vision « de loupe » sur une portion déterminée de la ligne. Une imprimante connectée aux équipements de télétransmission réalise par ailleurs l'édition des alarmes d'exploitation.

— Enfin, au niveau de la *commande centralisée automatique* (niveau dit de conduite par SCA, système de commande automatique), un ordinateur travaillant en temps réel assure les fonctions de commande automatique des itinéraires et de l'affichage de destination des trains dans les gares. Une

console de dialogue et un pupitre de fonctions placés en arrière du pupitre régulateur, sont les deux principaux périphériques d'exploitation associés au système et mis à la disposition des chefs de régulation. Les commandes d'itinéraire se caractérisent par une complète dualité d'action entre le SCA et les pupitres de commande manuelle. Outre la commande des itinéraires et de l'affichage de destination des trains, le SCA lance également les ordres de garage, de dégarage et de départ en ligne des trains aux terminus.

Sur le plan technique, le système de télétransmission relie en « étoile » le PCC aux gares en ligne. Plus précisément, les gares de la ligne sont classées en deux groupes :

- les gares principales, comportant un PML (avec ou sans PCT);
- les gares satellites.

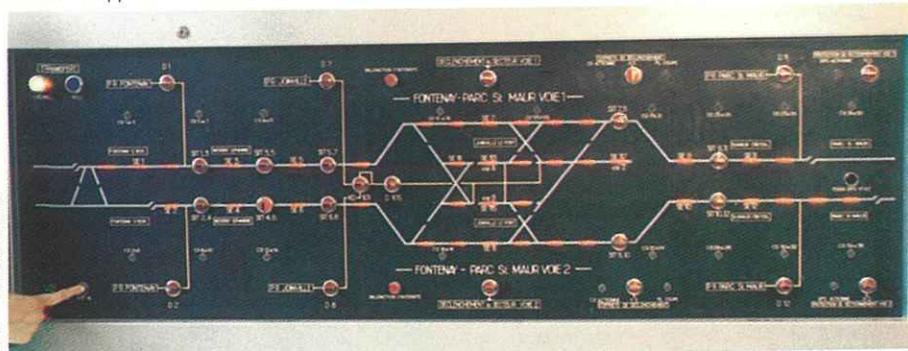
Chaque gare principale est reliée au PCC par une quarte prise dans un câble du type « téléphonique grande distance » réservé à cet usage (une paire pour la transmission des contrôles et une paire pour celle des commandes). Toutes les informations sont codées en binaire et émises en ligne à 2 400 bauds. Les gares satellites sont reliées chacune à la gare principale la plus proche, par une transmission autonome à faible capacité pour les contrôles, et par un adressage parallèle, avec sélection par codage, pour les commandes.

Les équipements de télétransmission assurent un découplage total entre les informations issues de la ligne (télécontrôles) et celles qui sont envoyées depuis le PCC (télécommandes). L'ensemble des informations est traité par deux calculateurs couplés aux modems, exécutant les mêmes tâches et se secourant mutuellement. Ces calculateurs sont distincts de celui du SCA. Certains périphériques (« explorateur » des commandes manuelles au PCC, interface avec le SCA, interface avec les modems de réception de contrôles), sont reliés simultanément aux deux calculateurs; les autres ne sont raccordés qu'au seul ordinateur « en ligne » (« connecteur » avec le TCO, interface avec les modems d'émission de commandes, console de visualisation des numéros de trains, télétypes d'alarme). Cette répartition assure un duplex intégral des installations.

Les calculateurs de télétransmission assurent la gestion des lignes de télétransmission, la prise en compte des commandes manuelles ou issues du SCA, la gestion du TCO, la gestion des

**POSTE DE COMMANDE TRACTION DE JOINVILLE-LE-PONT - TABLEAU DE CONTRÔLE OPTIQUE.**

Le synoptique est équipé de voyants de contrôle et de boutons de commande permettant d'agir en sécurité sur les divers appareils « traction » de la zone couverte par le poste.



alarmes, la dualité des commandes manuelles ou automatiques, la visualisation des numéros de trains et de leur position en ligne sur écran cathodique. Les machines utilisées, du type CT 21 de la CGCT, font preuve d'une très grande fiabilité grâce à un certain nombre de dispositions prises tant sur le matériel que sur le logiciel. Un tambour magnétique est associé à chaque calculateur, où sont stockés tous les programmes non résidents en mémoire ferrite.

Le calculateur du SCA est un CII 10020 de 32 Kmots de mémoire centrale, associé à une unité de disques de 3 mégaoctets. Une machine à écrire, un lecteur-perforateur de bande, une unité à ruban magnétique et une imprimante rapide en complètent la configuration.

*PCC DE VINCENNES - DÉTAIL DU TCO (sections « Boissy » et « Marne-la-Vallée » de la ligne A).*

*Le synoptique est affecté au « trafic » des trains, le synoptique inférieur à l'alimentation des caténaires en courant de traction. En dessous, une « main courante » renferme les serrures d'annulation de transit, avec compteur incorporé.*

*Au premier plan, on distingue la partie supérieure des pupitres « aiguilleurs » avec les boutons de commande d'itinéraire et les commutateurs de fermeture d'urgence.*

## Nouvelle ligne A

L'année 1977 a été pratiquement consacrée au raccordement, au poste de commande centralisée de Vincennes, de l'ensemble des installations de gares, pour les portions de ligne déjà en service en début d'année, mais exploités jusqu'ici localement (section « Auber - Saint-Germain-en-Laye »), ou pour les parties nouvelles (section « Auber - Nation » et section « Fontenay - Noisy-le-Grand »).

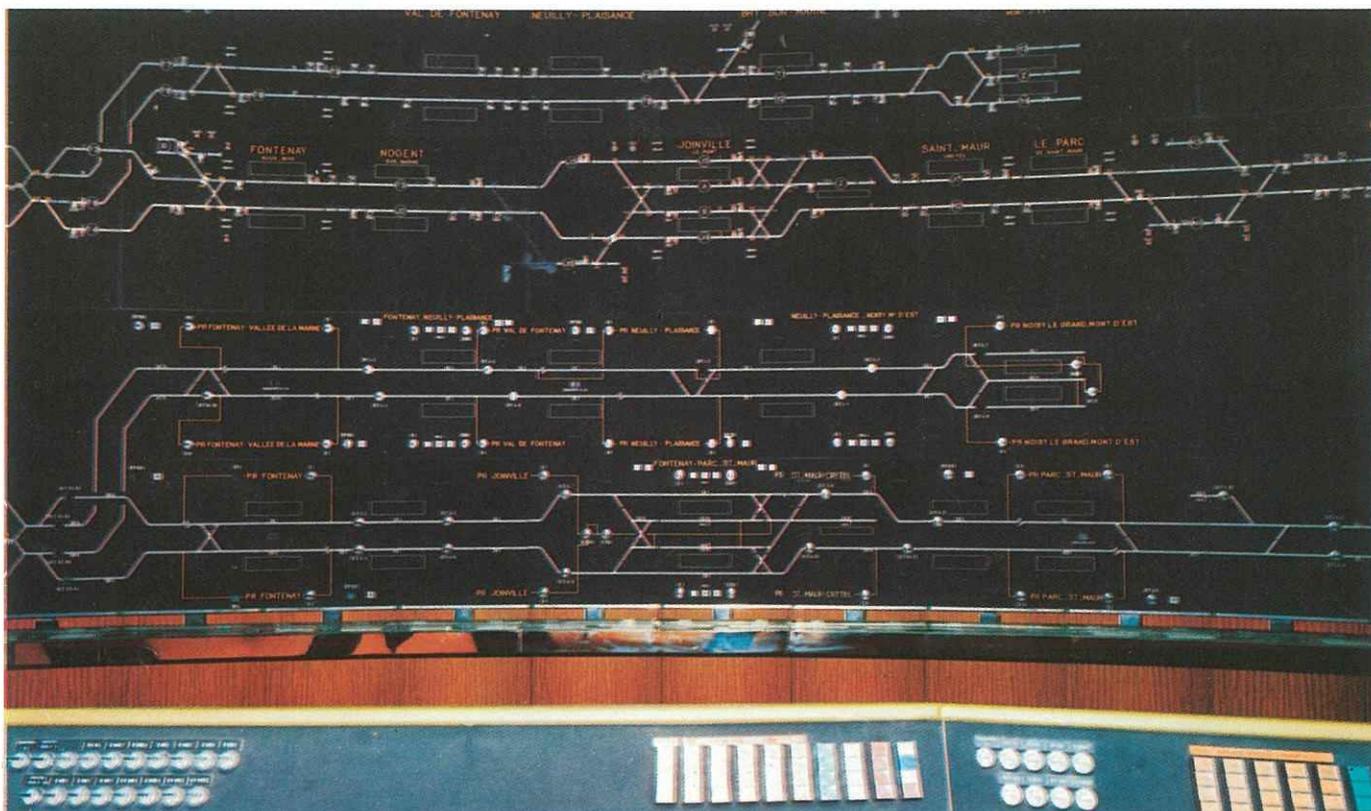
Le principe des modes dégradés d'exploitation, de même que les principes de délégation, restent identiques à ce qu'ils étaient auparavant sur la ligne de Boissy-Saint-Léger. L'aspect ergonomique des équipements d'exploitation au PCC est également inchangé, les nouvelles installations ne traduisant qu'une extension pure et simple des équipements déjà en place pour la ligne de Boissy. Le TCO et les pupitres aiguilleurs sont donc maintenant complètement équipés d'Est en Ouest, les deux groupes d'appareillage « Est » et « Ouest » du pupitre régulateur étant par

ailleurs à la disposition de deux agents distincts.

Dans le domaine de la signalisation, les opérations qui viennent de s'achever se sont traduites par le rattachement au PCC de sept PRS pour la ligne de Saint-Germain (Saint-Germain, Le Pecq, Rueil, La Défense, Étoile, Auber, Châtelet), et du PRS de Noisy, avec renforcement du PRS de Fontenay, pour la ligne de Marne-la-Vallée. Pour l'énergie, cinq PCT se partagent la ligne de Saint-Germain (Saint-Germain, Rueil, La Défense, Étoile, Châtelet), et deux la ligne de Marne-la-Vallée (Fontenay et Noisy).

Sur les plans technique et technologique, la configuration des nouvelles installations n'est par contre pas tout à fait identique à celle des installations de la ligne de Boissy. Constatant en effet les grandes difficultés que présentait le problème de l'extension de ces équipements à la totalité de la ligne A, le réexamen complet des solutions techniques et des fonctions d'exploitation, a débouché sur une nouvelle classification des niveaux et surtout sur un nouveau partage des fonctions entre les différents types d'appareillage :

— le « niveau 0 », qui correspond à la commande locale, est inchangé;



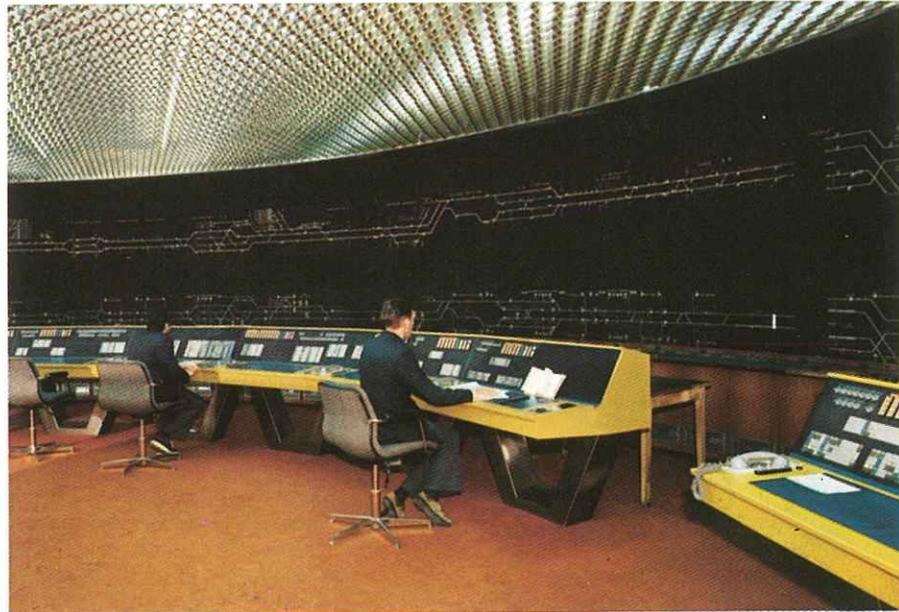
— le «niveau 1» réalise les fonctions dites de commande centralisée manuelle, c'est à dire la visualisation du trafic ferroviaire sur le TCO et la télécommande de la signalisation et de la traction et coïncide sensiblement avec le niveau «commande centralisée manuelle» de la ligne de Boissy.

— le «niveau 2» réalise les fonctions de commande centralisée automatique jugées essentielles à l'exploitation, telles que le suivi et la visualisation de l'identité des trains, la télécommande des panneaux d'affichage de destination des trains, et l'édition des alarmes d'exploitation sur machine à écrire.

— le «niveau 3» traite les autres fonctions de commande centralisée automatique, comme par exemple la commande automatique des itinéraires, la régulation du trafic, la liaison avec les équipements futurs de fluidification du trafic à Châtelet, après mise en fonctionnement de l'interconnexion, etc.

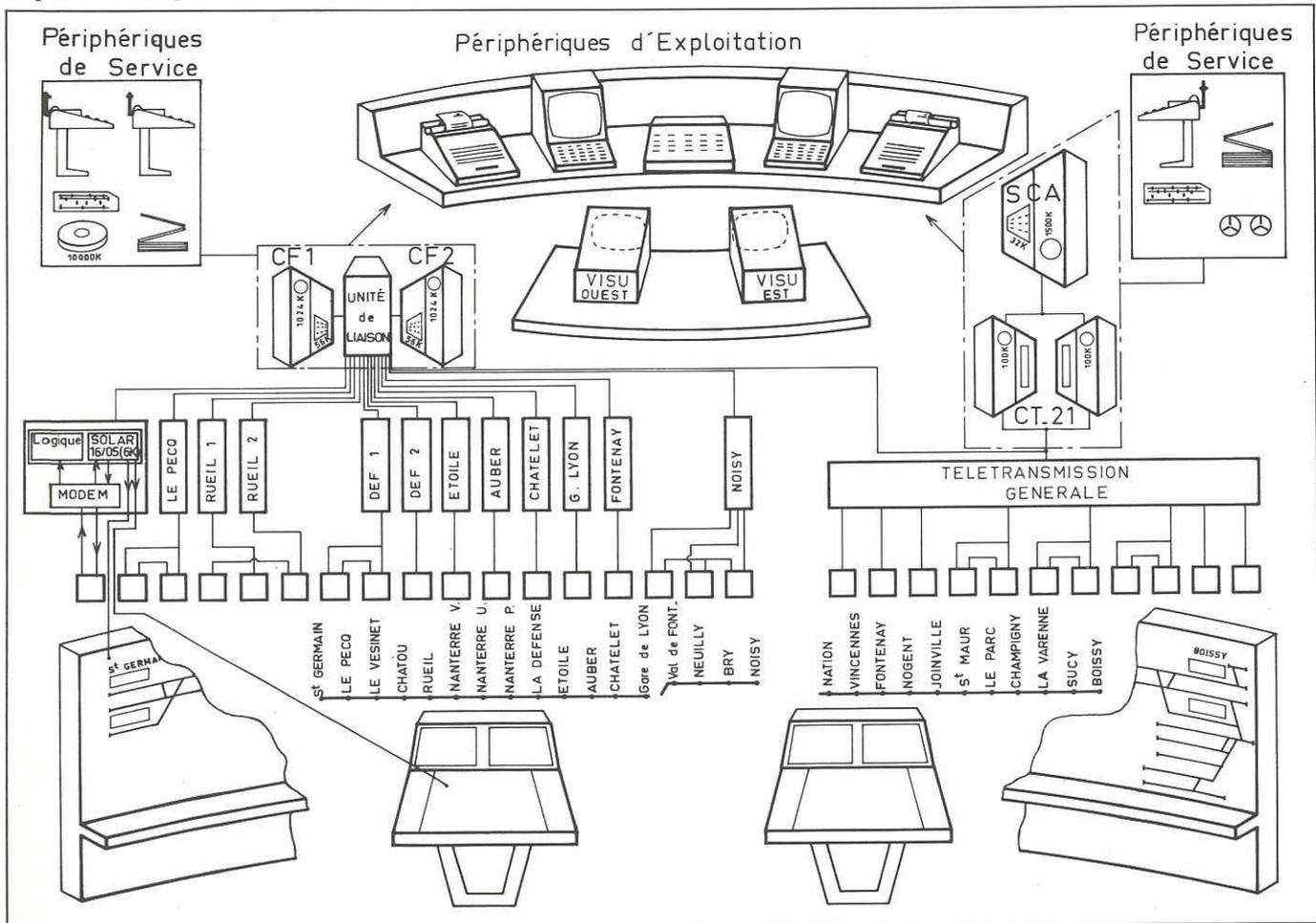
SALLE D'EXPLOITATION DU PCC DE VINCENNES

Vue partielle du TCO et des pupitres «aiguilleurs» correspondant à la partie Ouest de la ligne A.



RATP - Travaux neufs

Diagramme de configuration.



On voit donc que l'ensemble des tâches, que se partagent le SCA et les calculateurs CT 21 de télétransmission sur la ligne de Boissy, se trouve, pour les nouvelles sections et la ligne de Saint-Germain, réparti entre les trois niveaux qui viennent d'être évoqués. On peut dire en gros que le niveau 1 et le niveau 3 correspondent sensiblement aux niveaux d'exploitation cités en second et troisième lieu dans la description du précédent chapitre, le niveau 2 constituant dorénavant un palier intermédiaire prenant en charge la commande de l'affichage (traitée par SCA sur Boissy, la visualisation des numéros de trains et l'édition des alarmes d'exploitation (traitées par CT 21 sur Boissy)). Le niveau 2 joue également un rôle fondamental pour la connaissance de la situation en ligne à chaque instant; il constitue ainsi une véritable « banque de données » intervenant à l'origine de la quasi-totalité des traitements, notamment ceux du niveau 3.

La configuration et les caractéristiques technologiques du nouveau matériel se distinguent par une modularité totale, par PRS, des équipements de niveau 1 (il n'y a donc plus de calculateur banalisé pour la gestion des modems). Le calculateur réalisant les fonctions de niveau 2 reste, par contre, doublé comme le sont les CT 21 sur la ligne de Boissy. Les fonctions de niveau 3 ne sont pas encore réalisées actuellement. Elles seront vraisemblablement assurées par calculateur non doublé. Au cas où la capacité de traitement disponible des calculateurs de niveau 2 resterait suffisante, elles pourraient aussi éventuellement être intégrées à ce niveau.

Les équipements de niveau 1 comportent, pour chaque « module » correspondant à la gare principale avec ou sans gare satellite, selon les mêmes principes que sur la ligne de Boissy :

— un jeu de modems de télétransmission;

— une « logique d'affichage TCO », formée d'une partie en logique câblée pour l'allumage du TCO et des pupîtres et pour l'interface « armoire d'alarme », et d'une partie en logique programmée pour la prise en compte des commandes et les liaisons avec le niveau 2. Cette logique programmée est réalisée par des miniprocesseurs. Les liaisons de télétransmission sont de type « point à point ». Chaque gare principale est reliée au PCC par une ou plusieurs quarts spécialisées d'un câble réservé

à cet effet, selon un schéma semblable à celui de la ligne de Boissy. La vitesse de transmission est encore de 2 400 bauds.

La logique TCO assure, d'une part, le traitement des télécontrôles pour l'allumage du TCO et des pupîtres et pour la transmission au niveau 2 des contrôles intéressant ce niveau, et d'autre part, enregistre et adresse à la télétransmission les commandes issues du TCO, des pupîtres ou du niveau 2. Les commandes obéissent aux mêmes principes de dualité que sur la ligne de Boissy.

Les calculateurs sont des miniprocesseurs de « La Télémécanique », disposant de 6 Kmots de mémoire centrale; un pupître de commande et un téléimprimeur de service avec lecteur-perforateur de ruban incorporé, banalisés pour l'ensemble des dix calculateurs, complètent la configuration.

Le centre de traitement constituant le niveau 2 comporte deux calculateurs de « La Télémécanique », type T 1623, équipés chacun de 48 Kmots de mémoire ferrite, extensible à 64 Kmots, et d'un disque à têtes fixes de 1 024 Kmots à temps d'accès moyen de 10 ms. Ces calculateurs sont complétés d'un certain nombre de périphériques de service nécessaires à la maintenance du système : deux téléimprimeurs de service, une imprimante rapide de 600 l/mn, un lecteur de carte, un lecteur de ruban, un perforateur de ruban et une unité de disques amovibles. L'ensemble des appareils a été logé dans le centre de calcul situé derrière la salle d'exploitation du PCC, au prix d'un important agrandissement de la salle et d'une modification d'implantation du SCA.

Les périphériques d'exploitation, liés à ce niveau, situés en partie arrière du pupitre « régulateur » dans la salle d'exploitation comprennent :

— une console de visualisation, dite « de dialogue »;

— une machine à écrire silencieuse, dite « MAE d'exploitation »;

— un pupitre de fonctions.

Ces périphériques permettent en particulier le dialogue entre calculateurs et régulateurs pour les modifications de l'affichage de destination. Aux périphériques d'exploitation précédents s'ajoute encore, intégrée à la partie avant du pupitre « régulateur », une console de visualisation avec dispositif de sélection des images, pour l'affichage des numéros de trains.

Une réservation est enfin prévue pour le raccordement ultérieur d'un traceur de courbe de type Benson.

Chacun des deux calculateurs de niveau 2 fonctionne selon quatre états : en ligne, en réserve, en essai, ou en mise à jour. Le basculement de l'état « en ligne » à l'état « en réserve », et réciproquement, est automatique.

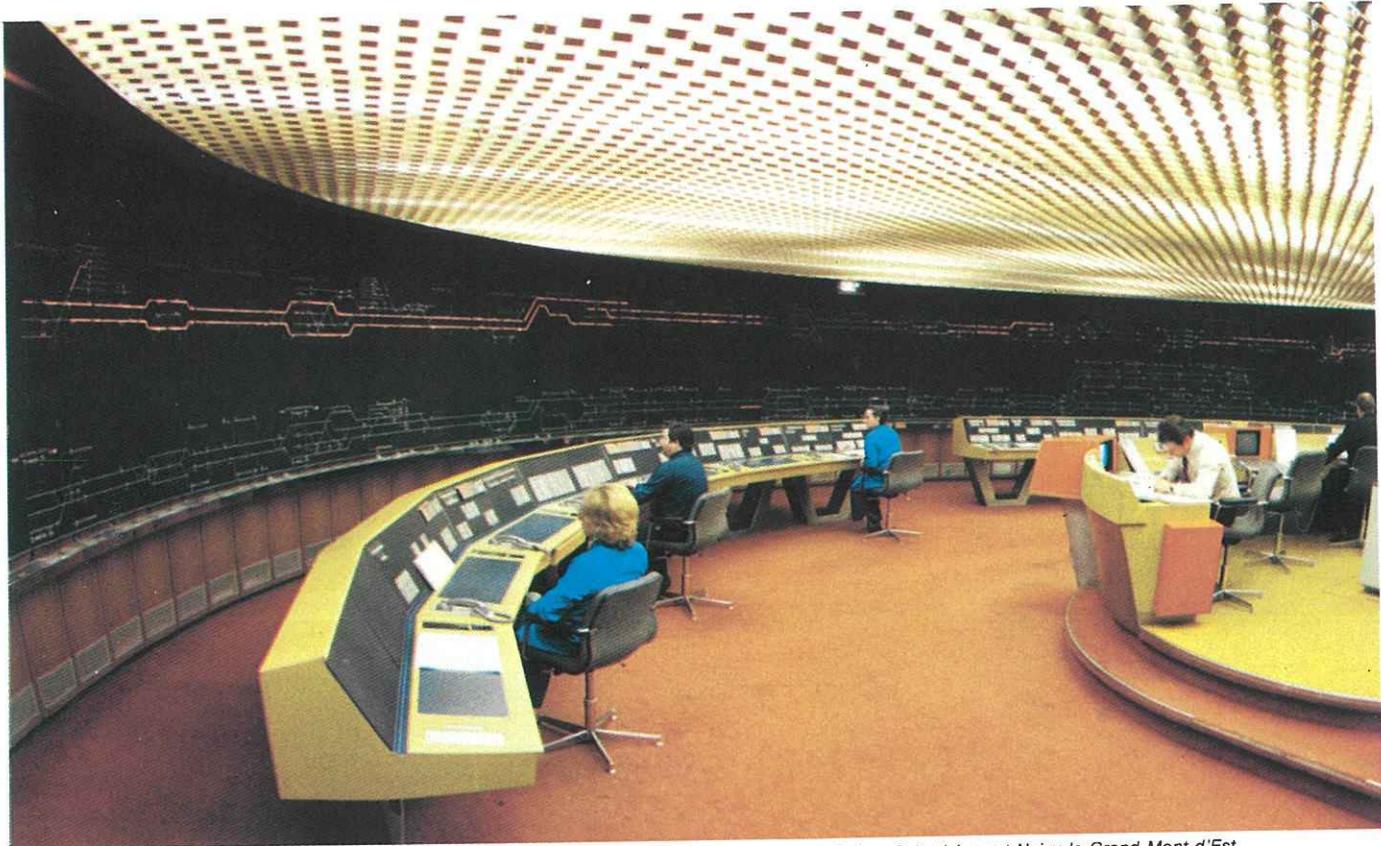
Les équipements de niveau 3, non encore réalisés si ce n'est, sous une forme équivalente et partielle, par le SCA de la ligne de Boissy-Saint-Léger, assureront principalement, pour l'ensemble de la ligne A, la commande automatique des itinéraires. Certains automatismes tels que la régulation ou le raccordement avec le système de fluidification de l'interconnexion sont également réservés. Ces tâches pourront être assurées par un ensemble de calculateurs, à raccorder au niveau 2.

Au stade futur de l'interconnexion du RER, l'exploitation de la section des lignes centrales interviendra d'une façon plus directe à partir d'un poste de commande spécial prévu à Châtelet, désigné par le sigle PARC (Poste d'Aiguillage et de Régulation de Châtelet). Ce poste aura à la fois un rôle de commande et un rôle de régulation de la marche des trains dans la zone d'interconnexion (il est prévu sur le tronçon commun un passage de train toutes les minutes).

Le PCC de Vincennes n'aura en principe aucune action directe sur le trafic SNCF ou de la ligne B. Il devra cependant informer le « PARC » de toutes les circulations convergeant vers la zone d'action de ce poste et exécuter les ordres de régulation et de « fluidification » qui lui seront adressés en retour.

Des réservations sont donc prévues sur les équipements de niveau 2 afin de pouvoir effectuer un échange bilatéral d'informations entre le PCC de Vincennes (niveau 2 et futur niveau 3 via le niveau 2), et le « PARC ».

Sur le plan de l'extensibilité, il faut préciser enfin que toutes les précautions nécessaires ont été prises pour assurer une extension des lignes correspondant à vingt-quatre PRS au maximum (leur nombre actuel est de quinze), sans interruption de l'exploitation en commande centralisée, et pour pouvoir intégrer le futur niveau 3.



RATP - Travaux neufs

*Au PCC de Vincennes, la ligne A forme maintenant un trace continu, de Saint-Germain-en-Laye à Boissy-Saint-Léger et Noisy-le-Grand-Mont d'Est.*



## L'IMPORTANCE DES NOUVELLES SECTIONS DE LIGNES POUR LE VOYAGEUR

par Philippe Essig,  
Directeur du réseau ferré

Le 8 décembre prochain, 17 kilomètres de lignes nouvelles vont donc être ouvertes à l'exploitation sur le RER qui en compte déjà près de 75, mais qui ne représente qu'une fraction des réseaux ferroviaires parisiens, la RATP exploitant par ailleurs 183,5 kilomètres de lignes de métro et la SNCF, 897 kilomètres de lignes de banlieue.

A ne considérer que la longueur des nouvelles sections de lignes, l'extension du réseau ferroviaire peut paraître marginale. La mise en service de ces nouvelles infrastructures, de par leur situation et leur capacité, constitue pourtant un événement très important puisque les conditions de transport de plusieurs centaines de milliers de Parisiens s'en trouveront améliorées.

Avec la jonction « Auber-Nation », c'est la première fois que des lignes à grand gabarit desservant la lointaine banlieue se rejoignent à travers Paris. Avec le prolongement de la ligne de Sceaux à Châtelet-Les Halles, c'est le premier maillon d'un nouveau réseau qui est scellé.

Les installations inaugurées en décembre constitueront en réalité le premier résultat de l'inflexion donnée à la politique des transports publics, pour lui apporter une dimension vraiment régionale, amorcée en 1965 avec la parution du schéma directeur d'aménagement et d'urbanisme, et confirmée par les décisions ultérieures, notamment celles concernant l'interconnexion.

Rappelons qu'il n'est pas possible aujourd'hui à un habitant de la banlieue d'atteindre Paris en chemin de fer, ailleurs que dans une gare située à la périphérie du centre actif et que, le plus souvent, de longs trajets en métro ou en autobus l'attendent encore pour atteindre sa destination terminale. Le désenclavement de ces gares, la multiplication des points d'échange entre les lignes de banlieue et le métro, autant que la création de dessertes nouvelles dans les zones périphériques d'urbanisation récente et mal reliées au reste de l'agglomération, constituent l'objectif majeur de la politique poursuivie depuis quinze ans, qui voit en ce moment le début de son aboutissement.

Fin 1977, tous les voyageurs situés dans les zones d'influence de la transversale Est-Ouest et de la ligne de Sceaux verront leur situation radicalement améliorée.

Le principal progrès tiendra à la réduction des temps de trajet. Les quelques exemples ci-dessous montrent quels seront les temps de parcours, à l'heure de pointe, sur des liaisons caractéristiques.

Le nombre de correspondances avec le métro sera considérablement accru,

comme le montre le tableau en bas de page.

Il en résultera des gains d'accessibilité importants dans Paris, dont les trois cartes jointes donnent une image, gains qui seront aussi très sensibles pour d'autres migrants que ceux qui habitent à proximité des lignes du RER, comme le montre la carte des gains d'accessibilité pour les voyageurs arrivant à Paris, à la gare de Lyon par les lignes de la SNCF.

Ces avantages gagneront certainement aux transports collectifs de nou-

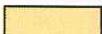
Trajet	Temps de parcours à l'heure de pointe du matin
Saint-Germain-en-Laye — Châtelet-Les Halles	27 mn
Défense — Nation	16 mn
Boissy-Saint-Léger — Châtelet-Les Halles	27 mn
Nogent-sur-Marne — Auber	14 mn
Noisy-Mont d'Est — Châtelet-Les Halles	20 mn
Massy-Palaiseau — Châtelet-Les Halles	24 mn
Bourg-la-Reine — Châtelet-Les Halles	14 mn
Denfert-Rochereau — Châtelet-Les Halles	7 mn

	Situation avant		Situation après	
Ligne A, section Est	Nation	4 lignes	Nation	4 lignes
			Gare-de-Lyon	1 ligne (+ SNCF)
			Châtelet-Les Halles	4 lignes
			Auber	4 lignes
			Charles-de-Gaulle-Étoile	3 lignes
Total		4 lignes		16 lignes
Ligne A, section Ouest	Charles-de-Gaulle-Étoile	3 lignes	d°	
	Auber	4 lignes		
Total		7 lignes		16 lignes
Ligne B	Denfert-Rochereau	2 lignes	Denfert-Rochereau	2 lignes
			Châtelet-Les Halles	4 lignes
Total		2 lignes		6 lignes

## ACCESSIBILITE en transports en commun depuis la gare de Lyon actuellement et en 1978

-  ligne de métro existante
-  ligne SNCF existante
-  métro régional état actuel
-  métro régional situation en 1978
-  prolongement de ligne de métro
-  prolongement de ligne SNCF

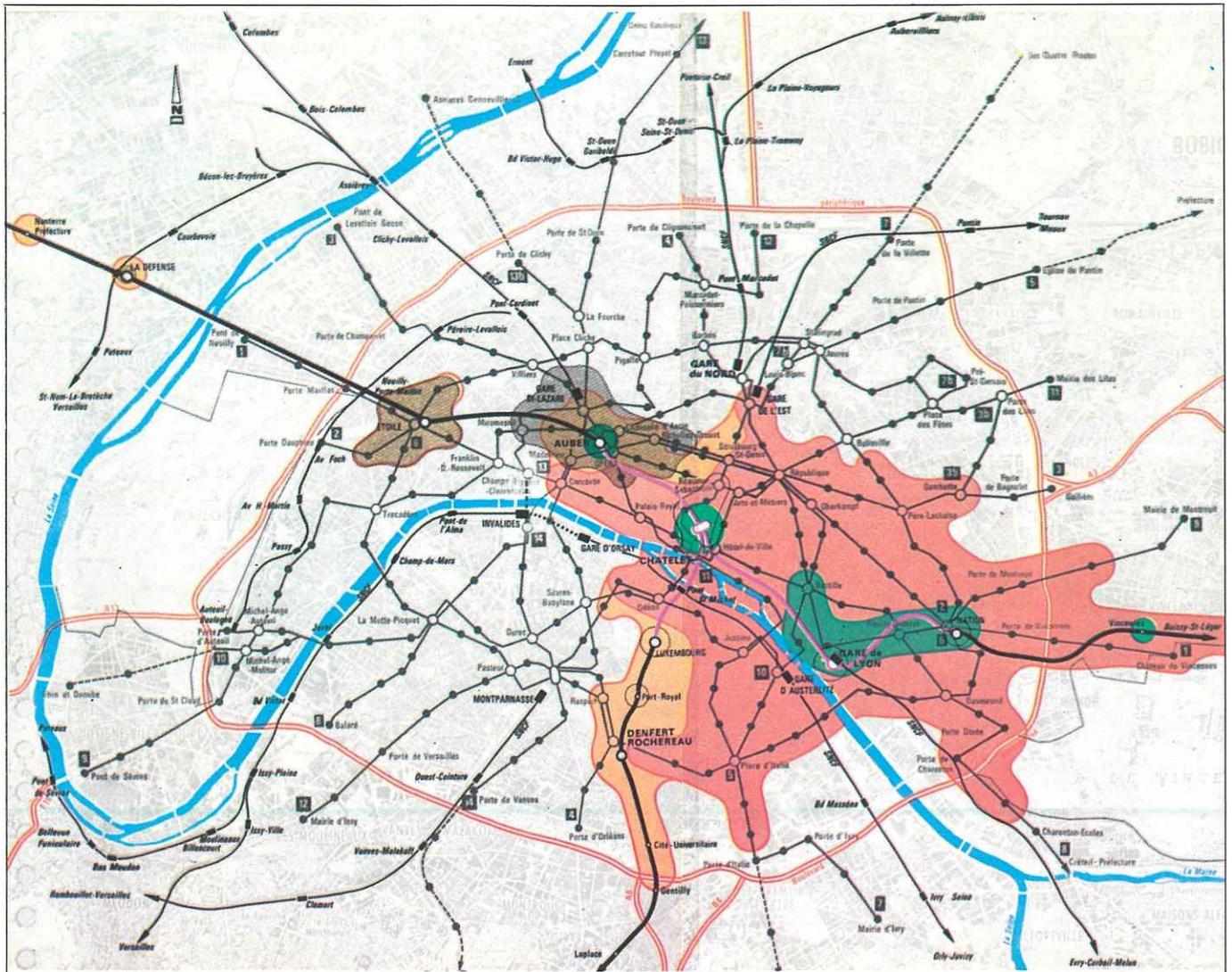
ISOCHRONES en transports en commun  
et marche à pied

état actuel		situation en 1978	
	10 mn		10 mn
	20 mn		20 mn

veaux voyageurs qui utilisaient jusqu'ici d'autres modes. Mais ils provoqueront aussi une modification des flux de voyageurs sur l'ensemble du métro, puisqu'on estime à plus de 25 000 le nombre de voyageurs de 2<sup>e</sup> classe qui emprunteront, à l'heure de pointe, les nouvelles sections du RER au-delà d'Auber vers l'Est et de Gare de Lyon vers l'Ouest, et à plus de 17 000 ceux qui poursuivront leur trajet vers le Nord au-delà de Luxembourg. Ce faisant, la jonction «Auber-Nation» et le prolongement «Luxembourg-Châtelet» amorceront la différenciation des fonctions respectives du métro et du RER dans Paris, différenciation qui ne prendra toute son ampleur qu'avec le plein développement du RER.

Le métro en effet, avec son maillage serré, assure une très bonne desserte

spatiale de Paris et plus particulièrement des quartiers centraux. En contrepartie, sa vitesse commerciale est relativement faible et certaines lignes sont actuellement trop chargées aux heures d'affluence. Il constitue donc un excellent instrument de diffusion adapté aux trajets relativement courts dans Paris et aux trajets terminaux pour les déplacements de plus grande longueur. La multiplication des correspondances entre RER et métro permettra donc à ce réseau de mieux jouer le rôle auquel il est le plus adapté. La prise en charge par le RER d'une part croissante du trafic dans Paris entraînera de plus une amélioration des conditions de transport dans le métro lui-même, avec une réduction sensible du taux de charge aux heures de pointe dans les trains circulant sur les lignes n<sup>os</sup> 1, 6 et 9, sur



la partie Sud de la ligne n° 4 et, à un moindre degré, sur les lignes n°s 3 et 8. Un certain nombre de « points noirs » seront supprimés, Denfert-Rochereau notamment.

Quant au RER, indépendamment des dessertes strictement nouvelles intéressant la banlieue Est de Paris, il assurera des liaisons à l'intérieur de Paris, beaucoup plus commodément que ne pouvait le faire le métro, entre Luxembourg et Châtelet par exemple ou Étoile et Opéra. En outre, il suppléera dans de nombreux cas à l'absence de rocade pour les liaisons de banlieue à banlieue, entre la banlieue Sud et La Défense par exemple, ou entre les banlieues Sud et Est.

Quels que soient les avantages que retiennent les voyageurs des nouvelles

prises en service, du fait des gains de temps et de l'amélioration des liaisons, la nouveauté du RER ne peut être appréciée sous l'angle de ce seul critère. Avec le RER, la RATP a en effet l'ambition de faire découvrir aux Parisiens une nouvelle manière de se déplacer dans Paris. Construisant un réseau neuf, elle a tenté de réaliser d'emblée ce qu'elle ne peut faire que progressivement sur le métro : offrir au public un moyen de transport attractif qui serait choisi et non subi. A cette fin, elle a particulièrement soigné tout ce qui touche à l'environnement du voyageur durant son séjour dans ses installations.

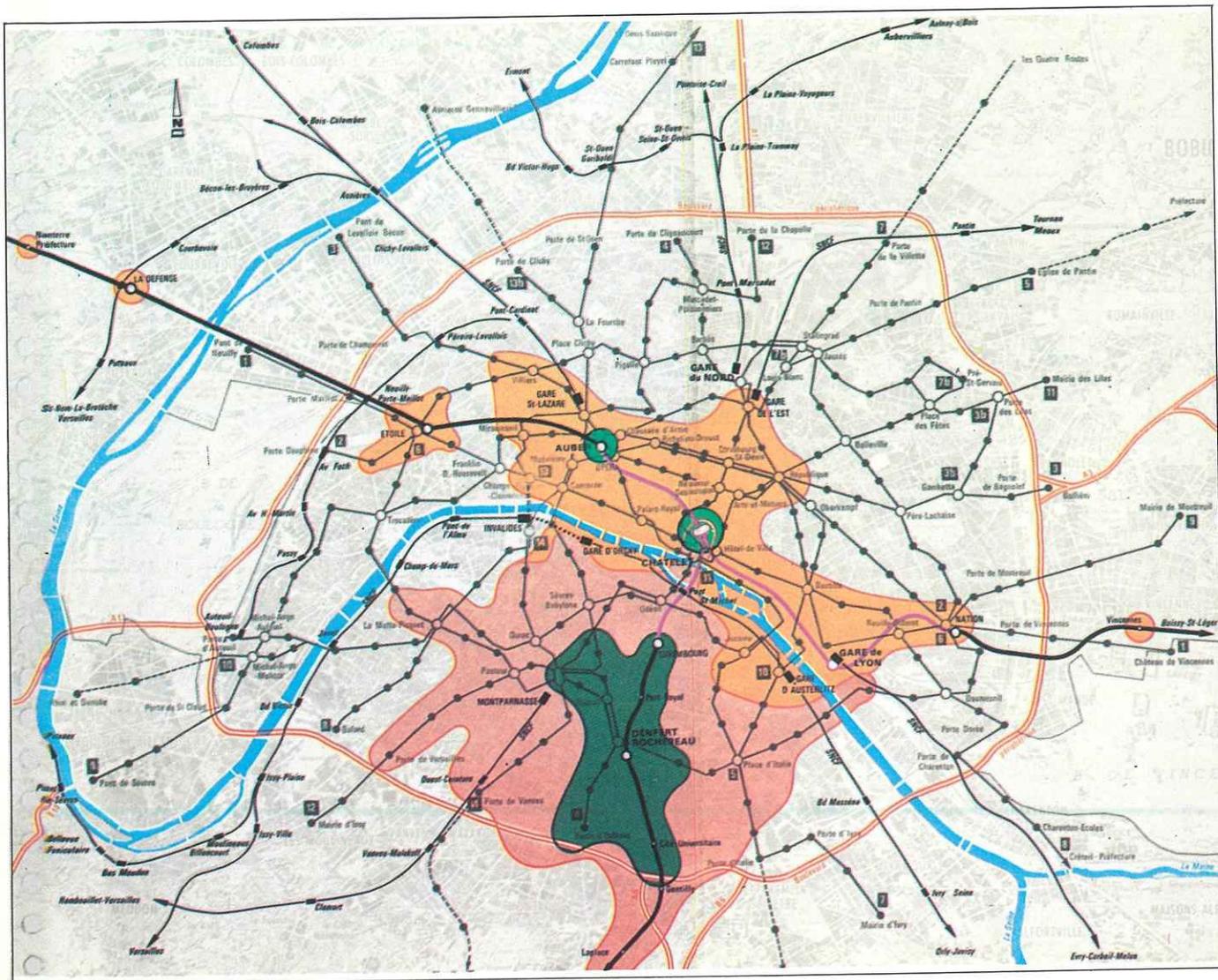
Le matériel roulant en service est spacieux, silencieux, bien éclairé. S'il doit subsister pourtant quelques années encore sur la ligne de Sceaux un nombre relativement important de voi-

## ACCESSIBILITE en transports en commun depuis Denfert-Rochereau actuellement et en 1978

-  ligne de métro existante
-  ligne SNCF existante
-  métro régional état actuel
-  métro régional situation en 1978
-  prolongement de ligne de métro
-  prolongement de ligne SNCF

### ISOCHRONES en transports en commun et marche à pied

état actuel		situation en 1978	
	10 mn		10 mn
	20 mn		20 mn



## ACCESSIBILITE en transports en commun depuis Auber actuellement et en 1978

-  ligne de métro existante
-  ligne SNCF existante
-  métro régional état actuel
-  métro régional situation en 1978
-  prolongement de ligne de métro
-  prolongement de ligne SNCF

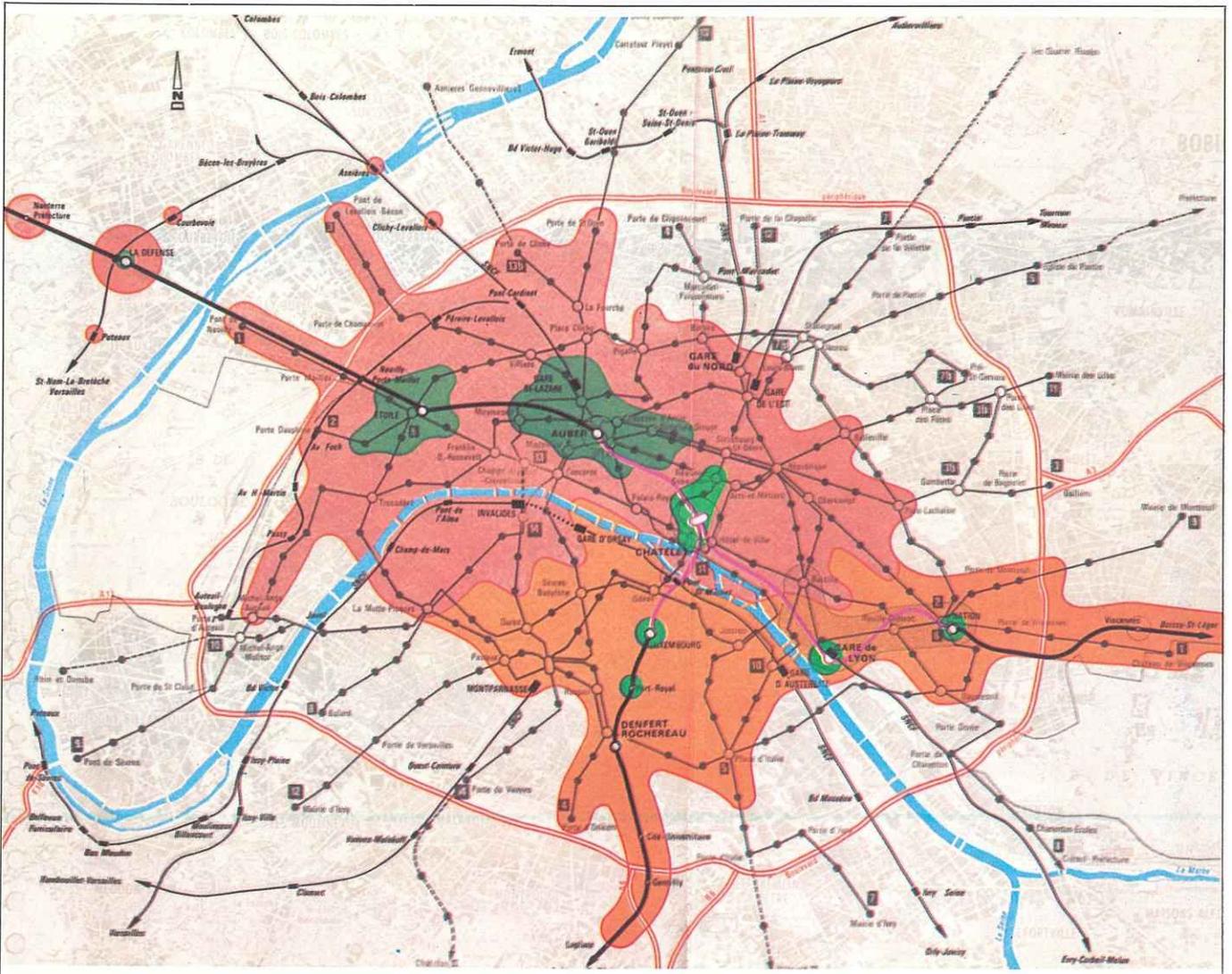
ISOCHRONES en transports en commun et marche à pied

état actuel		situation en 1978	
	10 mn		10 mn
	20 mn		20 mn

tures d'un type ancien, c'est que la Régie a dû très rapidement préparer l'étape suivante du développement du RER, et étudier et commander dès maintenant les voitures qui seront aptes à circuler sur le réseau interconnecté dont on sait qu'il exige un matériel bicourant. Mais dans moins de deux ans, les premières rames de ce nouveau matériel circuleront entre Robinson et Châtelet-Les Halles.

Les articles qui précèdent ont montré quel degré de confort on avait essayé d'atteindre dans l'aménagement des gares. La plupart des dénivelées ont été mécanisées. Les couloirs les plus longs ont été équipés de trottoirs roulants. L'ambiance de tous les locaux du RER a fait l'objet de nombreux soins grâce aux recherches architecturales, à la climatisation, à l'insonorisation, à l'éclairage.

Il s'agit maintenant d'animer ces installations, de les faire vivre. C'est là le rôle des exploitants, en contact quotidien avec le public.



# LES SERVICES PREVUS SUR LE RER

par Louis Le Bec  
Ingénieur chef de division  
à la Direction du réseau ferré

## Les horaires des trains

Les horaires des trains appliqués sur le RER diffèrent selon la période de l'année et selon le jour de la semaine. On distingue ainsi le service dit « d'hiver » applicable du 1<sup>er</sup> septembre au 30 juin et le service dit « d'été » applicable du 1<sup>er</sup> juillet au 31 août. Chaque service comporte deux horaires, l'un applicable les jours ouvrables, l'autre les samedis, dimanches et jours fériés.

Les horaires du RER sont beaucoup plus complexes que ceux du métro en raison de la diversité des missions des différents trains. La mission d'un train, rappelons-le, est caractérisée par la station d'origine, la station terminale et les stations intermédiaires où le train marque l'arrêt. Sur le métro, en effet, tous les trains ont le plus souvent la même mission, la ligne étant parcourue en omnibus entre les deux terminus extrêmes; dans les cas les plus complexes (lignes possédant soit une fourche, soit un terminus intermédiaire), il n'y a que deux types de missions effectuées par les trains successifs avec une alternance simple du type 1-1 ou 2-1. Si on ajoute que les fréquences sont élevées tout au long de la journée, l'information des voyageurs ne soulève guère de difficultés, celle-ci se résumant à leur indiquer les heures des premiers et derniers départs, la fréquence des trains aux différentes heures de la journée et, le cas échéant, la destination du premier train attendu en station. En particulier, il n'est pas utile de rendre public l'horaire des trains.

Il en va différemment sur le RER dont les lignes, sensiblement plus longues, comportent à la fois des branches et des terminus intermédiaires, et dont la plupart des trains effectuent des parcours semi-directs, c'est-à-dire ne marquent pas l'arrêt dans toutes les gares qu'ils traversent.

L'affectation aux trains de missions différentes tient, non seulement à la présence de branches, mais aussi à la nécessité d'adapter le service au trafic dans le but de réduire les frais d'exploitation, et à celle de réduire dans toute la mesure du possible les temps de trajet. Enfin, la définition des missions est faite avec le souci d'équilibrer le plus possible la charge des trains au cours d'une période donnée et principalement aux heures de pointe.

Desserte aux différentes périodes de la journée à partir de décembre 1977  
Service d'hiver du 1<sup>er</sup> septembre au 30 juin - Service d'été du 1<sup>er</sup> juillet au 31 août

RER - Ligne A	Heures de pointe des jours ouvrables		Heures creuses	Heures de nuit
	Rafales de 3 trains - en 12 mn en hiver - en 15 mn en été Le matin sens Ovest-Est Le soir sens Est-Ouest	Le matin sens Est-Ouest Le soir sens Ovest-Est	- de 9 h à 16 h les jours ouvrables - jusqu'à 20 h les samedis, dimanches et fêtes Rafales de 3 trains - en 15 mn en hiver - en 20 mn en été	Tous les jours après 20 h Rafales de 2 trains - en 15 mn en hiver - en 20 mn en été
	missions identiques dans les 2 sens			
Saint-Germain-en-Laye .....	•	•	•	•
Le Vésinet - Le Pecq .....	•	•	•	•
Le Vésinet-Centre .....	•	•	•	•
Chatou-Croissy .....	•	•	•	•
Rueil-Malmaison .....	•	•	•	•
Nanterre Ville .....	•	•	•	•
Nanterre Université .....	•	•	•	•
Nanterre Préfecture .....	•	•	•	•
La Défense .....	•	•	•	•
Charles-de-Gaulle-Étoile .....	•	•	•	•
Auber .....	•	•	•	•
Châtelet .....	•	•	•	•
Gare de Lyon .....	•	•	•	•
Nation .....	•	•	•	•
Vincennes .....	•	•	•	•
Fontenay-sous-Bois .....	•	•	•	•
Nogent-sur-Marne .....	•	•	•	•
Joinville-le-Pont .....	•	•	•	•
Saint-Maur - Créteil .....	•	•	•	•
Le Parc de Saint-Maur .....	•	•	•	•
Champigny .....	•	•	•	•
La Varenne-Chennevières ...	•	•	•	•
Sucy-Bonneuil .....	•	•	•	•
Boissy-Saint-Léger .....	•	•	•	•
Val-de-Fontenay .....	•	•	•	•
Neuilly-Plaisance .....	•	•	•	•
Bry-sur-Marne .....	•	•	•	•
Noisy-Mont d'Est .....	•	•	•	•
Durée du trajet (mn et s.) .....	55 49 31	57 32 48	53 33 <sup>30</sup> 39	56 29

Remarque : ce schéma indique la composition de chaque rafale mais non l'ordre de marche des trains, celui-ci variant avec le sens de circulation et la période de la journée.

Desserte aux différentes périodes de la journée à partir de décembre 1977  
 Service d'hiver du 1<sup>er</sup> septembre au 30 juin - Service d'été du 1<sup>er</sup> juillet au 31 août

RER - Ligne B	Heures de pointe des jours ouvrables		Heures creuses	Heures de nuit
	Rafales de 3 trains		- de 9 h à 16 h les jours ouvrables - jusqu'à 20 h les samedis, dimanches et fêtes <b>Rafales de 3 trains</b> en 20 mn, toute l'année	Tous les jours après 20 h  <b>Rafales de 4 trains</b> - en 30 mn en hiver - en 40 mn en été
	- en 8/9 mn en hiver - en 12 mn en été Le matin sens banlieue-Paris Le soir sens Paris-banlieue	- en 16 mn en hiver - en 20 mn en été Le matin sens Paris-banlieue Le soir sens banlieue-Paris		
	missions identiques dans les 2 sens			
Châtelet .....	•••	•••	•••	•••
Luxembourg .....	•••	•••	•••	•••
Port-Royal .....	•••	•••	•••	•••
Denfert-Rochereau .....	•••	•••	•••	•••
Cité universitaire .....	•••	•••	•••	•••
Gentilly .....	•••	•••	•••	•••
Laplace .....	•••	•••	•••	•••
Arcueil-Cachan .....	•••	•••	•••	•••
Bagneux .....	•••	•••	•••	•••
Bourg-la-Reine .....	•••	•••	•••	•••
Parc de Sceaux .....	•••	•••	•••	•••
La Croix de Berny .....	•••	•••	•••	•••
Antony .....	•••	•••	•••	•••
Fontaine-Michalon .....	•••	•••	•••	•••
Les Baconnets .....	•••	•••	•••	•••
Massy-Verrières .....	•••	•••	•••	•••
Massy-Palaiseau .....	•••	•••	•••	•••
Palaiseau .....	•••	•••	•••	•••
Palaiseau-Villebon .....	•••	•••	•••	•••
Lozère .....	•••	•••	•••	•••
Le Guichet .....	•••	•••	•••	•••
Orsay Ville .....	•••	•••	•••	•••
Bures-sur-Yvette .....	•••	•••	•••	•••
La Hacquinière .....	•••	•••	•••	•••
Gif-sur-Yvette .....	•••	•••	•••	•••
Courcelle-sur-Yvette .....	•••	•••	•••	•••
Saint-Rémy-lès-Chevreuse .....	•••	•••	•••	•••
Sceaux .....	•••	•••	•••	•••
Fontenay-aux-Roses .....	•••	•••	•••	•••
Robinson .....	•••	•••	•••	•••
Durée du trajet (mn) .....	35 50 27	48 25 32	48 32 25	48 23 26 23

Remarque : ce schéma indique la composition de chaque rafale, mais non l'ordre de marche des trains, celui-ci variant avec le sens de circulation et la période de la journée.

On trouvera dans les schémas, page précédente et ci-contre, pour chacune des lignes A et B (ligne Est-Ouest et ligne de Sceaux), les diverses missions effectuées par les trains en fonction du sens de marche, de l'heure de la journée, du jour dont il s'agit (jour ouvrable ou non) et de la date (service d'hiver ou service d'été).

Les schémas donnent en outre les temps de trajets moyens pour chacune de ces missions et les intervalles pratiqués aux différentes périodes de la journée.

La complexité de l'horaire exige bien entendu une information détaillée des voyageurs. Celle-ci est faite par l'affichage des horaires dans les gares et la diffusion d'horaires détaillés. Elle exige en outre, dans chaque gare et dans les trains, la mise en place d'une signalisation adaptée qui fait l'objet d'un commentaire dans l'article de M. Hubaut sur l'exploitation des gares.

Les tableaux de la page suivante donnent les horaires des premiers et derniers départs.

## La capacité de transport

Les deux lignes A et B, à leur ouverture, seront équipées de matériel type Z et de matériel MS 61 dont les caractéristiques sont bien connues des lecteurs de « RATP Documentation-Information ». Rappelons que le matériel Z sera réformé au cours des quatre prochaines années pour être remplacé par du matériel MI 79, matériel bi-courant appelé à équiper à l'avenir les lignes du RER dont les voies seront alimentées selon leur situation en courant continu 1 500 volts ou en courant alternatif monophasé 25 000 V.

Seront affectés à la ligne A (RER Est-Ouest) 93 éléments de 3 voitures de type MS 61 et 5 motrices de rechange permettant, déduction faite des réserves d'atelier et d'exploitation, la mise en circulation de 26 trains de 9 voitures aux heures de pointe. Aux heures les plus creuses, et notamment aux heures de nuit, les trains fournis pourront ne comporter que deux, voire un seul élément de 3 voitures.

Seront affectés à la ligne B (ligne de Sceaux) 23 éléments de trois voitures et une motrice de rechange de type MS 61, et 49 éléments de trois voitures de type

Z permettant la circulation à l'heure de pointe de 25 trains de 6 voitures, étant entendu que sur cette ligne également, en service de nuit, les trains pourront

n'être constitués que d'un élément de 3 voitures.

## Heures des premiers et derniers départs

### Ligne A - (Lignes Est-Ouest)

#### Départs des terminus Est

Rang du train	Terminus origine		Heure de passage à à Châtelet	Terminus destinataire	
	Nom	Heure de départ		Nom	Heure d'arrivée
1	Boissy	5 h 07	5 h 36	St-Germain	6 h 04
2	Boissy	5 h 17	5 h 46	St-Germain	6 h 14
3	Noisy	5 h 21	5 h 41	La Défense	5 h 51
4	Noisy	5 h 31	5 h 51	Rueil	6 h 10
5	La Varenne	5 h 32	5 h 56	La Défense	6 h 06
n-2	Boissy	0 h 18	0 h 48	St-Germain	1 h 15
n-1	Noisy	0 h 20	0 h 40	Rueil	0 h 59
n	Noisy	0 h 36	0 h 56	Rueil	1 h 15

#### Départs des terminus Ouest

1	St-Germain	5 h 07	5 h 35	Boissy	6 h 04
2	St-Germain	5 h 17	5 h 45	Boissy	6 h 14
3	La Défense	5 h 30	5 h 40	Noisy	6 h 00
4	St-Germain	5 h 32	5 h 58	Boissy	6 h 25
5	Rueil	5 h 34	5 h 53	Noisy	6 h 13
n-2	St-Germain	0 h 18	0 h 46	Boissy	1 h 15
n-1	La Défense	0 h 28	0 h 37	Noisy	0 h 58
n	La Défense	0 h 45	0 h 54	Noisy	1 h 15

### Ligne B - (Ligne de Sceaux)

#### Départs de banlieue

Rang du train	Terminus origine		Heure de passage à Denfert-Rochereau	Heure d'arrivée à Châtelet
	Nom	Heure de départ		
1	Massy-Palaiseau	5 h 00	5 h 25	5 h 32
2	St-Rémy	5 h 03	5 h 44	5 h 51
3	Massy-Palaiseau	5 h 12	5 h 37	5 h 44
4	Robinson	5 h 13	5 h 31	5 h 38
n-2	St-Rémy	23 h 48	0 h 29	0 h 35
n-1	Robinson	23 h 59	0 h 16	0 h 22
n	Robinson	0 h 22	0 h 39	0 h 45

#### Départs de Châtelet-Les Halles

Rang du train	Heure de départ de Châtelet	Heure de passage à Denfert-Rochereau	Terminus destinataire	
			Nom	Heure d'arrivée
1	5 h 31	5 h 47	Massy-Palaiseau	6 h 03
2	5 h 38	5 h 45	Robinson	6 h 04
3	5 h 45	5 h 52	St-Rémy	6 h 33
n-2	0 h 27	0 h 34	St-Rémy	1 h 15
n-1	0 h 43	0 h 49	Massy-Palaiseau	1 h 15
n	0 h 50	0 h 56	Robinson	1 h 15

Matériel	Formation des trains	1 <sup>re</sup> classe				2 <sup>e</sup> classe				Ensemble				Capacité Totale	
		As-sis	Strapontins	Debout		As-sis	Strapontins	Debout		As-sis	Strapontins	Debout		4 V/m <sup>2</sup>	6 V/m <sup>2</sup>
				4 V/m <sup>2</sup>	6 V/m <sup>2</sup>			4 V/m <sup>2</sup>	6 V/m <sup>2</sup>			4 V/m <sup>2</sup>	6 V/m <sup>2</sup>		
Z	3 voit.	32	16	65	98	136	68	314	471	168	84	379	569	547	737
	6 voit.	64	32	130	196	272	142	660	991	336	174	790	1 187	1 126	1 523
MS 61	3 voit.	32	16	70	105	168	72	337	506	200	88	407	611	607	811
	6 voit.	64	32	140	210	336	152	706	1 059	400	184	846	1 269	1 246	1 669
	9 voit.	96	48	210	315	504	232	1 075	1 612	600	280	1 285	1 927	1 885	2 527

La capacité de transport offerte par chaque train, selon sa composition, fait l'objet du tableau ci-dessus, dans lequel le nombre de strapontins est indiqué pour mémoire et n'intervient pas dans le calcul de la capacité totale, les sièges étant supposés relevés aux heures de pointe.

Le nombre de voyageurs debout a été calculé, soit en fonction de la capacité nominale de six voyageurs debout par m<sup>2</sup>, soit en fonction d'un taux de charge limité à quatre voyageurs par m<sup>2</sup> corres-

pondant à la norme de confort répondant aux objectifs du plan d'entreprise.

La capacité offerte à l'heure du soir

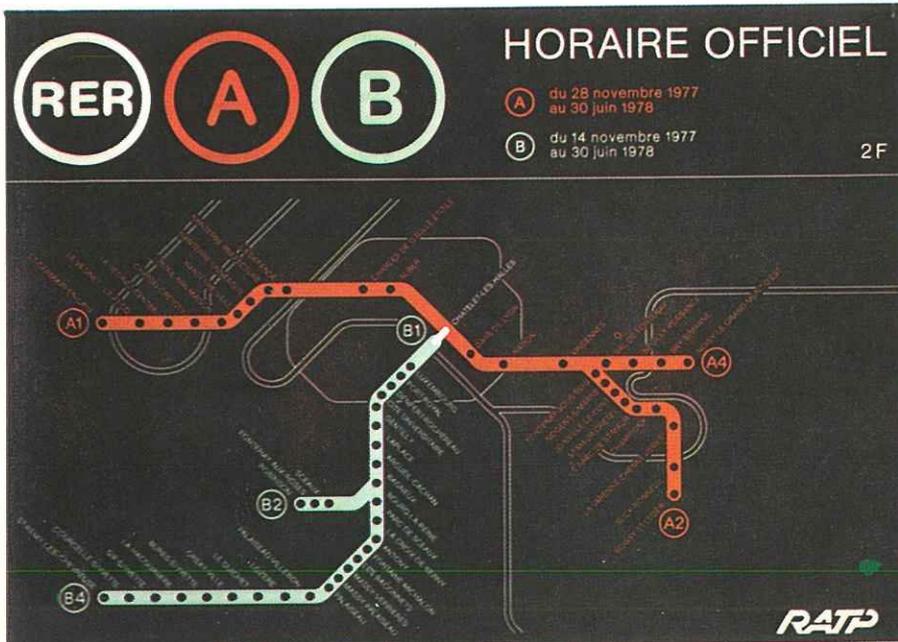
la plus chargée, compte tenu des horaires prévus à partir du 8 décembre, sera la suivante :

	Capacité totale (places offertes/heure)		Capacité en 2 <sup>e</sup> classe (places offertes/heure)	
	6 V/m <sup>2</sup>	4 V/m <sup>2</sup>	6 V/m <sup>2</sup>	4 V/m <sup>2</sup>
Taux de charge des voyageurs debout				
La Défense-Vincennes	37 905	27 685	31 745	20 155
Châtelet-Les Halles-Denfert-Rochereau	24 654	17 178	20 228	13 476

SAINT-GERMAIN-EN-LAYE ⇄ NOISY-MONT D'EST  
BOISSY-ST-LEGER

NUMEROS DES TRAINS	1373 K	9373 D	3381 K		8375 D	2383 K	5377 D	9385 D	1385 K	8387 D	3387 K	5389 D	2389 K
ST-GERMAIN-EN-LAYE	17 47	17 48	...	...	...	...	...	18 00	18 02	...	...	...	...
LE VESINET-LE PECQ	17 50	17 51	...	...	17 58	...	...	18 03	18 05	18 10	...	...	...
LE VESINET-CENTRE	17 52	17 53	...	...	...	...	...	18 05	18 07	...	...	...	...
CHATOU-CROISSY	17 54	17 55	...	...	...	...	...	18 07	18 09	...	...	...	...
RUEIL-MALMAISON	17 56	17 57	...	...	18 03	18 04	...	18 09	18 11	18 15	...	...	18 19
NANTERRE-VILLE	...	17 59	...	...	...	18 06	...	18 11	...	...	...	...	18 21
NANTERRE-UNIVERSITE	18 00	18 02	...	...	18 06	18 08	...	18 14	18 15	18 18	...	...	18 23
NANTERRE-PREFECTURE	...	18 04	...	...	...	18 11	...	18 16	...	...	...	...	18 26
LA DEFENSE	18 03	18 06	18 08	...	18 10	18 13	18 14	18 18	18 18	18 22	18 23	18 26	18 28
CH. DE GAULLE-ETOILE	18 07	18 11	18 12	...	18 14	18 17	18 18	18 23	18 22	18 26	18 27	18 30	18 32
AUBER	18 10	18 14	18 15	...	18 17	18 20	18 22	18 26	18 25	18 29	18 30	18 34	18 35
CHATELET-LES HAL.	18 12	18 17	18 17	...	18 20	18 22	18 24	18 29	18 27	18 32	18 32	18 36	18 37
GARE DE LYON	18 16	18 20	18 21	...	18 23	18 25	18 28	18 32	18 31	18 35	18 36	18 40	18 40
NATION	18 18	18 23	18 23	...	18 26	18 28	18 31	18 35	18 33	18 38	18 38	18 43	18 43
VINCENNES	...	...	18 26	...	18 30	18 31	18 34	...	...	18 42	18 41	18 46	18 46
VAL DE FONTENAY	...	...	...	...	...	18 35	18 38	...	...	...	...	18 50	18 50
NEUILLY-PLAISANCE	...	...	...	...	...	18 38	18 41	...	...	...	...	18 53	18 53
BRY-SUR-MARNE	...	...	...	...	...	18 40	18 43	...	...	...	...	18 55	18 55
NOISY-MONT D'EST	...	...	...	...	...	18 43	18 46	...	...	...	...	18 58	18 58
FONTENAY-SOUS-BOIS	...	...	18 29	...	18 32	...	...	...	...	18 44	18 44	...	...
NOGENT-SUR-MARNE	18 24	18 28	18 30	...	18 34	...	...	18 40	18 39	18 46	18 45	...	...
JOINVILLE-LE-PONT	18 26	18 31	18 33	...	18 37	...	...	18 43	18 41	18 49	18 48	...	...
SAINT-MAUR-CRETEIL	18 28	18 33	18 35	...	18 39	...	...	18 45	18 43	18 51	18 50	...	...
LE PARC DE ST-MAUR	18 30	18 35	18 36	...	18 41	...	...	18 47	18 45	18 53	18 51	...	...
CHAMPIGNY	18 32	18 37	18 39	...	18 43	...	...	18 49	18 47	18 55	18 54	...	...
LA VARENNE-CHENN.	18 34	18 39	18 42	...	18 46	...	...	18 51	18 49	18 58	18 57	...	...
SUCY-BONNEUIL	18 37	18 42	...	...	...	...	...	18 54	18 52	...	...	...	...
BOISSY-ST-LEGER	18 40	18 45	...	...	...	...	...	18 57	18 55	...	...	...	...

**D :** Sauf Samedis, Dimanches et fêtes. **K :** Samedis, Dimanches et fêtes seulement.



L'estimation prévisionnelle du trafic est très délicate étant donné la nature structurelle des modifications apportées au réseau par la mise en service des tronçons «Châtelet-Les Halles-Nation» et «Luxembourg-Châtelet-Les Halles». Elle a été réalisée à partir du modèle global de prévision du trafic. Les trafics sur les tronçons les plus chargés et en deuxième classe devraient être de l'ordre de 25 000 voyageurs entre Auber et Gare de Lyon et de 20 000 voyageurs entre Denfert-Rochereau et Cité Universitaire. Ces tronçons seront donc très chargés et le taux de charge, notamment sur la ligne de Sceaux, dépassera sensiblement la valeur de quatre voyageurs debout par mètre carré. Cette situation sera améliorée dès que sera terminé l'allongement des quais de la ligne de Sceaux et que seront livrées les premières rames du matériel MI 79, puisqu'il sera alors possible de mettre en service sur cette ligne des trains de plus grande longueur.

### PARIS → BANLIEUE

NUMEROS DES TRAINS	317 D	853 D	123 K	127 D	319 D	855 K		855 D	129 D	321 K	321 D	857 D	131 D
<b>CHATELET</b> .....	17 38	17 41	17 42	17 44	17 47	17 50	...	17 50	17 52	17 55	17 55	17 58	18 01
LUXEMBOURG.....	17 41	17 44	17 45	17 47	17 50	17 53	...	17 53	17 55	17 58	17 58	18 01	18 04
PORT - ROYAL.....	17 42	17 46	17 46	17 48	17 51	17 54	...	17 55	17 57	17 59	17 59	18 03	18 05
<b>DENFERT - ROCHER</b> ...	17 45	17 48	17 48	17 51	17 54	17 57	...	17 57	17 59	18 01	18 02	18 05	18 08
CITE UNIVERSITAIRE.....	17 47	.	17 51	17 53	17 56	.	...	.	18 02	18 04	18 04	.	18 10
GENTILLY.....	17 49	.	17 52	17 55	17 58	.	...	.	18 03	18 05	18 06	.	18 12
LAPLACE.....	17 52	.	17 54	17 57	18 01	.	...	.	18 05	18 07	18 09	.	18 14
ARCUEIL - CACHAN.....	17 54	.	17 56	17 59	18 03	.	...	.	18 07	18 09	18 11	.	18 16
BAGNEUX.....	17 56	.	17 58	18 01	18 05	.	...	.	18 09	18 11	18 13	.	18 18
BOURG - LA - REINE.....	17 59	.	18 01	18 04	18 08	18 04	...	.	18 12	18 14	18 16	.	18 21
SCEAUX.....	.	.	18 03	18 06	.	.	...	.	18 15	.	.	.	18 23
FONTENAY - AUX - ROSES.....	.	.	18 04	18 08	.	.	...	.	18 17	.	.	.	18 25
<b>ROBINSON</b> .....	.	.	18 07	18 11	.	.	...	.	18 20	.	.	.	18 28
PARC DE SCEAUX.....	18 01	.	...	...	18 10	.	...	.	...	18 15	18 18	.	...
LA CROIX DE BERNY.....	18 03	.	...	...	18 12	.	...	.	...	18 17	18 20	.	...
ANTONY.....	18 04	18 00	...	...	18 13	18 08	...	18 09	...	18 19	18 21	18 17	...
FONTAINE - MICHALON.....	18 07	.	...	...	18 16	.	...	.	...	18 21	18 24	.	...
LES BACONNETS.....	18 08	.	...	...	18 17	.	...	.	...	18 23	18 25	.	...
MASSY - VERRIERES.....	18 10	.	...	...	18 19	.	...	.	...	18 24	18 27	.	...
<b>MASSY - PALAISEAU</b> ...	18 13	18 06	...	...	18 22	18 14	...	18 15	...	18 27	18 30	18 23	...
PALAISEAU.....	...	18 09	...	...	...	18 16	...	18 18	...	...	...	18 26	...
PALAISEAU - VILLEBON.....	...	18 11	...	...	...	18 18	...	18 20	...	...	...	18 28	...
LOZERE.....	...	18 14	...	...	...	18 21	...	18 23	...	...	...	18 31	...
LE GUICHET.....	...	18 16	...	...	...	18 23	...	18 25	...	...	...	18 33	...
<b>ORSAY - VILLE</b> .....	...	18 19	...	...	...	18 26	...	18 28	...	...	...	18 36	...
BURES - SUR - YVETTE.....	...	18 21	...	...	...	18 28	...	18 30	...	...	...	18 38	...
LA HACQUINIÈRE.....	...	18 23	...	...	...	18 30	...	18 32	...	...	...	18 40	...
GIF - SUR - YVETTE.....	...	18 25	...	...	...	18 32	...	18 34	...	...	...	18 42	...
COURCELLE - SUR - YVETTE.....	...	18 28	...	...	...	18 35	...	18 37	...	...	...	18 45	...
<b>ST-REMY-LES-CHEVR</b> ..	...	18 31	...	...	...	18 38	...	18 40	...	...	...	18 48	...

D: Sauf Samedis. Dimanches et fêtes. K: Samedis. Dimanches et fêtes seulement.

# L'EXPLOITATION COMMERCIALE DES GARES

par Jean Hubaut,  
Ingénieur chef de division  
à la Direction du réseau ferré

La fonction commerciale dans les gares est d'abord une fonction d'accueil et d'information du public : elle consiste à prendre en charge les voyageurs dans l'enceinte du RER, à les diriger, à l'entrée, vers le train qui les conduira à destination, et, à la sortie vers la correspondance qui leur permettra de continuer leur trajet en métro, RER, ou autobus, ou vers le débouché sur la voie publique le plus adapté à leur destination. Elle consiste également à leur faire acquitter le prix du transport. Si elle est assurée grâce à des dispositions techniques adéquates, elle repose principalement sur les agents d'exploitation.

sera le cas de la gare de « Val-de-Fontenay » en correspondance avec la ligne « Gare de l'Est-Tournan ».

L'existence de cette correspondance a d'ailleurs conduit à la création de titres de transport combinés permettant d'emprunter successivement les deux réseaux en transitant par Val-de-Fontenay, à l'instar des dispositions prises à La Défense pour la correspondance entre le RER d'une part, et les lignes de Saint-Nom-la-Bretèche et de Versailles RD d'autre part.

En ce qui concerne la carte orange, Val-de-Fontenay est en zone 3 et les trois autres gares de banlieue en zone 4.

La vente des billets hors les coupons de la carte orange, sera assurée en grande partie par des distributeurs automatiques identiques à ceux qui existent actuellement sur la ligne Est-Ouest du RER. Au voisinage de chaque ligne de contrôle seront installés un certain nombre d'appareils distributeurs. Ces appareils sont de types différents selon la nature des titres de transport délivrés.

## Tarifification, vente et contrôle des billets

La tarification de la zone urbaine du métro (c'est-à-dire tarif unique avec billet commun à 1,10 F), déjà en vigueur sur la ligne de Saint-Germain entre Auber et Charles-de-Gaulle-Étoile et sur la ligne de Sceaux entre Luxembourg et Gentilly, sera étendue aux nouveaux tronçons « Auber-Nation » et « Luxembourg-Châtelet-Les Halles ». L'ensemble de la partie urbaine du RER (de Charles-de-Gaulle-Étoile à Nation, et de Gentilly à Châtelet-Les Halles) formera donc avec la partie urbaine du métro un domaine à tarif unique, à l'intérieur duquel les correspondances seront gratuites; par exemple, à Châtelet-Les Halles et à Gare de Lyon, la correspondance de cette zone avec le métro sera gratuite.

Les nouvelles gares de banlieue seront naturellement soumises à la tarification différentielle déjà en vigueur sur les lignes de Sceaux, de Boissy et de Saint-Germain. Dans ce régime de tarification, les prix varient avec la distance; chaque ligne, à partir de la zone urbaine, est divisée en sections, le prix variant en fonction du nombre de sections parcourues. Ce mode de tarification est également appliqué sur les lignes de banlieue de la SNCF, le sectionnement des différentes lignes étant harmonisé de telle sorte que le tarif à payer jusqu'à Paris depuis une gare de correspondance soit le même quelle que soit la ligne empruntée. Tel

Nouvelle face avant des appareils distributeurs.



On trouve :

- des appareils distributeurs universels (ADU), capables de délivrer tous les billets et cartes hebdomadaires pour toutes destinations et pour toutes les catégories de prix;
- des appareils distributeurs de billets (ADB) et des appareils distributeurs de cartes hebdomadaires (ADCH) délivrant des billets simples et cartes hebdomadaires pour une seule destination en principe.

A la faveur de cette redistribution des ADU, une modification de leur face avant a été réalisée sur l'ensemble des appareils existant sur le RER. Cette modification fait suite à une enquête minutieuse entreprise auprès des voyageurs afin de trouver une meilleure présentation de la face permettant à tout voyageur une utilisation plus aisée de ces appareils.

Un agent-receveur installé dans un bureau de vente manuelle assure, en complément, la vente des coupons mensuels de la carte orange et la vente semi-automatique de tous les billets et cartes hebdomadaires, à l'aide d'un appareil distributeur pour agent receveur (ADAR) du type métro.

Les ADU de la branche de Marne-la-Vallée et de la branche de Boissy sont spécialement adaptés pour délivrer des billets permettant des trajets d'une branche sur l'autre sans passer par Paris.

**Le contrôle des billets**, comme sur toutes les lignes à tarification différentielle, sera effectué tant à l'entrée qu'à la sortie. A Châtelet-Les Halles et à Gare de Lyon, des lignes de contrôle équipées de tourniquets tripode type métro, seront installées dans les correspondances avec le métro. La politique suivie par la RATP depuis 1969 dans ce domaine fait que seul le contrôle automatique était envisageable. La capacité du centre de traitement de Bourdon qui contrôle tout le système de péage du réseau urbain autorisant l'adjonction de nouveaux périphériques, assurera la gestion de ces nouvelles lignes de contrôle, ainsi que celle des ADAR et la comptabilité des distributeurs automatiques mis en place dans les six nouvelles gares.

A Val-de-Fontenay, la correspondance entre les lignes RATP et SNCF s'effectuera directement par descente des quais SNCF sur les quais RER sans passage par le bâtiment voyageurs. L'installation sur les quais RER de lignes de contrôle imposantes pour faire face au trafic important et forte-

ment pulsé qui va se présenter à ce niveau, a pu être évitée grâce à la coopération de la SNCF qui, dans le cadre des premières expériences d'automatisation du contrôle des billets sur son réseau de banlieue qu'elle a l'intention de lancer au début de 1978, a accepté d'équiper pour cette même date les gares avoisinantes de Val-de-Fontenay sur la ligne de Paris à Gretz.

## La signalétique

La signalétique sera de type classique et comportera :

- des plaques ou caissons lumineux dans les salles et les accès;
- des indicateurs à plots lumineux sur les quais pour préciser la mission du train attendu, c'est-à-dire les gares qu'il dessert.

Les principes de guidage vers les quais sont ceux qui sont utilisés traditionnellement par la RATP, consistant à indiquer en clair le nom du terminus de la ligne que les voyageurs doivent emprunter.

Dans leur forme toutefois, les panneaux de signalisation équipant les nouvelles gares seront différents des

panneaux habituels et tiendront compte des premiers résultats des études entreprises en liaison avec la SNCF en vue de l'interconnexion pour définir un système signalétique complet qui intéressera des domaines aussi divers que la dénomination du réseau et des lignes, les principes et l'esthétique des panneaux de guidage ou les techniques de téléaffichage. Si toutes ces études, en vérité fort complexes, n'ont pas complètement abouti, certaines sont suffisamment avancées pour qu'il en ait été tenu compte lors des mises en service de la fin 1977. Les réalisations concernent les motifs extérieurs de signalisation des accès aux gares, la désignation des lignes et le plan du réseau. Les motifs extérieurs comporteront le sigle RER, l'indication de la ligne passant par la gare, et le plan du RER. Chaque ligne sera désignée par une lettre, A pour la transversale Est-Ouest, B pour la ligne de Sceaux, et sera caractérisée par une couleur, respectivement rouge et bleue. Ces repères littéraux et colorés figureront sur tous les panneaux directionnels appelés à guider les voyageurs.

En ce qui concerne les indicateurs de quais à plots lumineux, la question s'est posée de savoir s'il convenait d'en modifier le type. En effet, en raison de l'augmentation du nombre de gares du fait de la longueur de la ligne A, les indicateurs du type existant se sont

Indicateurs de quais à plots lumineux.



révélés mal adaptés à l'indication de toutes les gares desservies. Dans les gares situées en tête de ligne, leur encombrement n'aurait pas permis leur implantation correcte sur les quais. En outre, ce type d'indicateur n'est pas assez performant pour être utilisé sur le futur réseau interconnecté dont les lignes comporteront plusieurs branches. Les études effectuées pour résoudre ce problème dans le cadre du réseau interconnecté n'ayant pas encore permis d'arrêter une solution valable pour l'avenir, il a été décidé de conserver au moins provisoirement le système existant bien connu des voyageurs.

Pour les sections de la ligne A, comprises entre Paris et la banlieue (La Défense et Boissy d'une part, Nation et Saint-Germain d'autre part), toutes les gares desservies seront indiquées. Dans la direction inverse, de la banlieue vers Paris, seront indiquées toutes les gares

desservies situées en deçà de Paris, étant entendu que dans Paris les trains marquent l'arrêt dans toutes les gares. Les voyageurs qui traverseront Paris pour faire des trajets de banlieue à banlieue pourront prendre connaissance de la destination du train soit sur les horaires affichés, soit sur les livrets horaires mis en vente. En outre, la destination du train leur sera rappelée, en cours de voyage, par des annonces sonores diffusées à bord des trains.

---

## Le personnel des gares

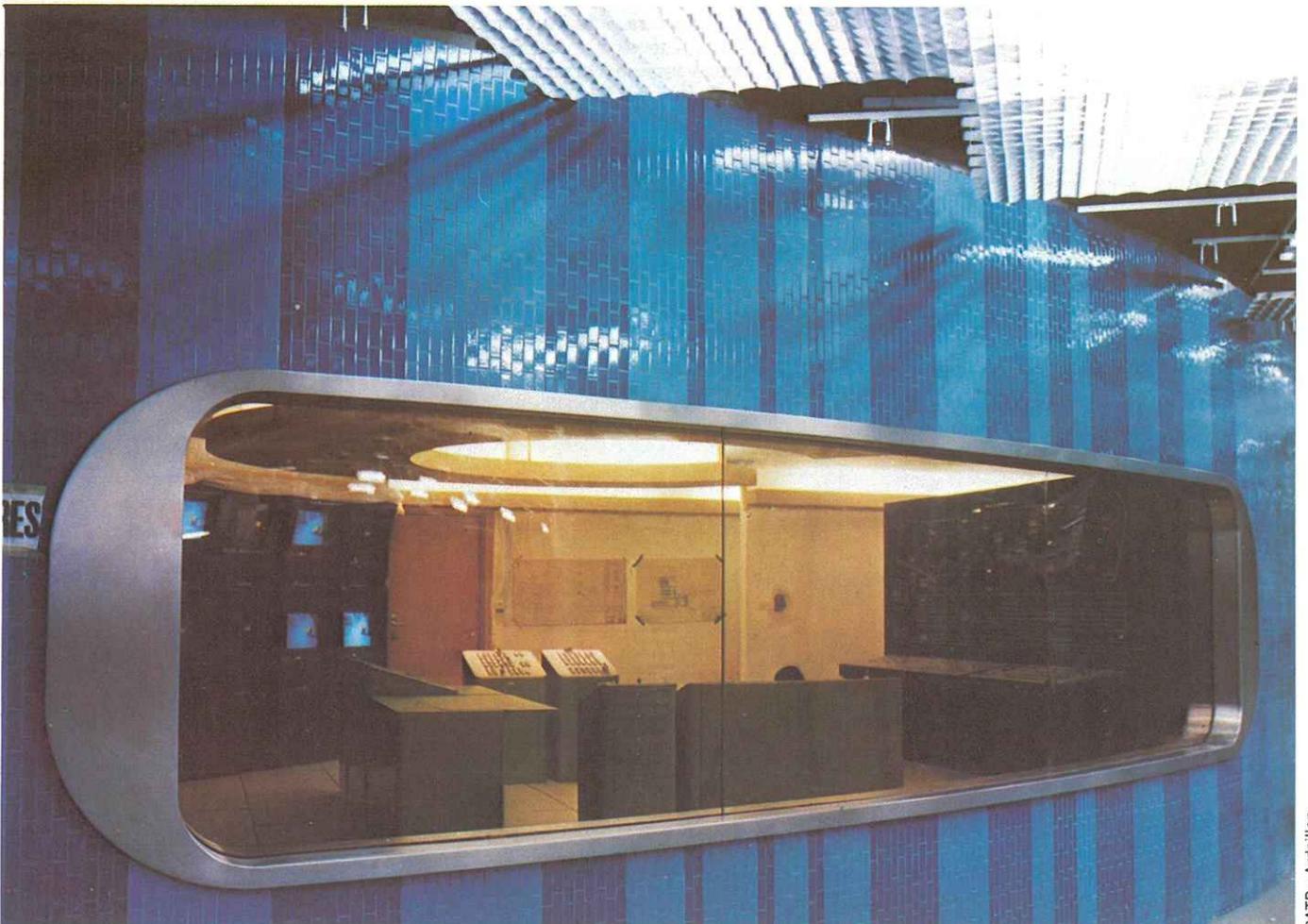
---

Quelle que soit la performance des systèmes automatiques de distribution et de contrôle des billets ou l'efficacité des dispositifs de signalétique, la pré-

sence d'un personnel assez nombreux dans les gares, surtout dans les grandes gares parisiennes, est indispensable tant pour assurer l'accueil, l'information et la prise en charge des voyageurs, que pour vendre des billets, prévenir les fraudes, surveiller les installations et suppléer aux automatismes en cas d'incident.

En raison de l'importance exceptionnelle qu'aura la gare de « Châtelet-Les Halles », qui, par sa situation, constituera un carrefour essentiel dans les déplacements des Parisiens, une attention toute particulière a été portée à l'information et à l'accueil des voyageurs. En plein centre de la salle des échanges, au voisinage du « point de rencontre » sera situé un bureau d'information entouré d'un lieu d'exposition qui servira à diffuser des informations générales sur l'ensemble des transports en région parisienne. Il existera également, à proximité de ce lieu, un centre

Vue extérieure du centre de surveillance de « Châtelet-Les Halles ».



de relations publiques comportant des présentations audiovisuelles et une salle de conférences, qui permettront d'accueillir des visiteurs à l'intérieur même de l'établissement en exploitation.

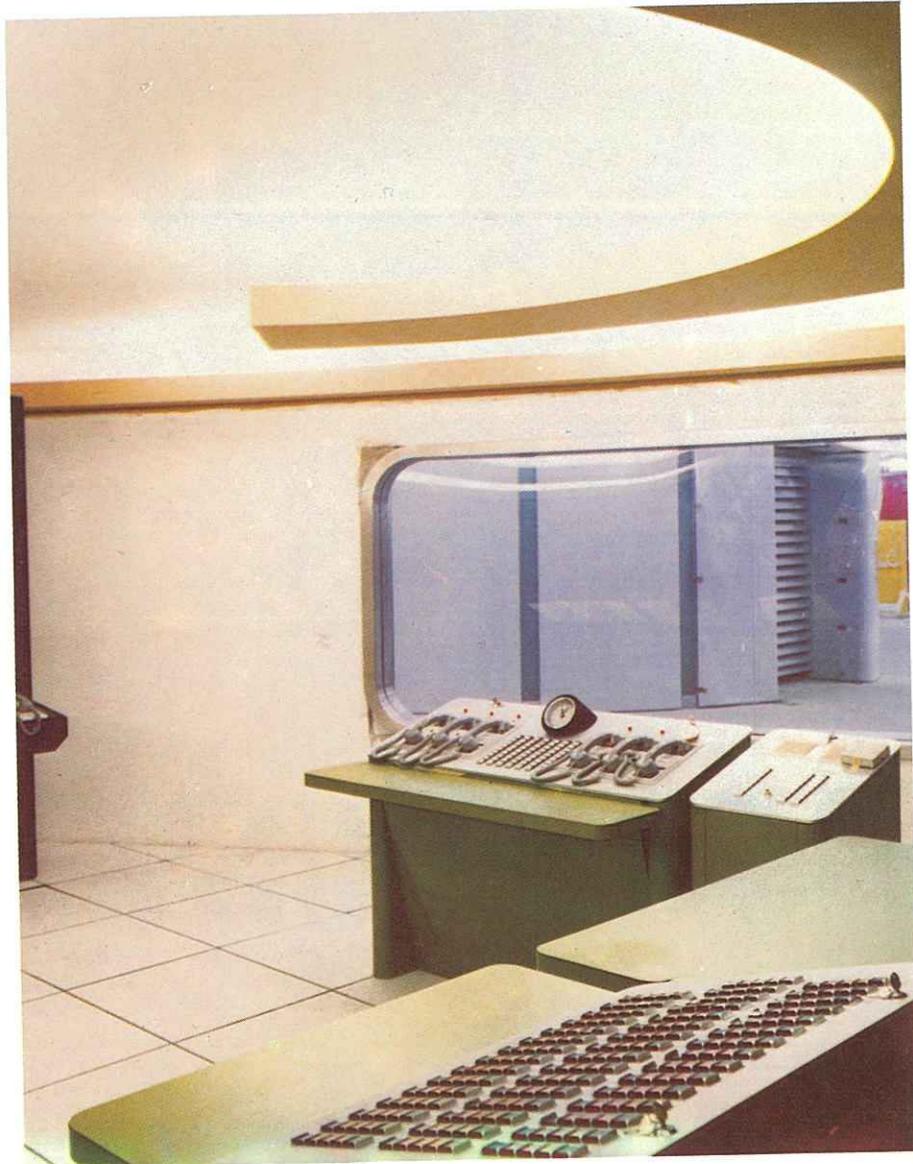
Les gares de « Châtelet-Les Halles » et de « Gare de Lyon » comporteront, comme les autres grandes gares du RER, un centre de surveillance, occupé en permanence par un agent, et équipé pour lui permettre d'assurer :

- la commande et le contrôle des appareils translateurs et élévateurs;
- la surveillance des escaliers, couloirs et quais, par des caméras de télévision pouvant être commutées sur plusieurs postes récepteurs;
- les annonces au public par sonorisation;
- la commande et le contrôle des divers équipements.

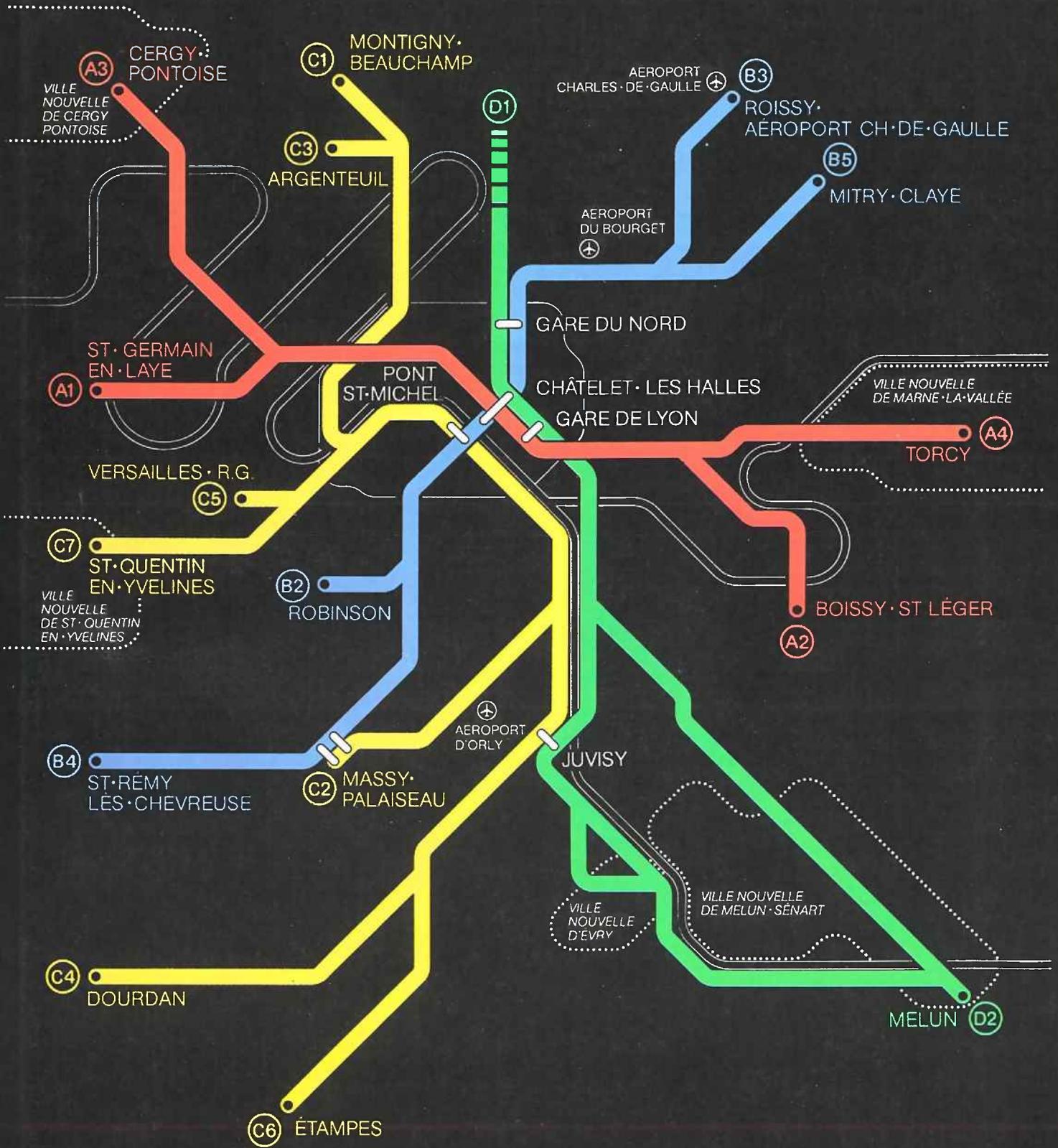
Ces deux gares disposeront en outre d'un poste de sécurité occupé en permanence par un personnel ayant reçu une formation de pompier et équipé d'un tableau de contrôle optique comportant le schéma des différents niveaux surveillés et des voyants d'alarme incendie correspondant à chaque principale zone de la gare, ainsi que d'une platine de commande des ventilateurs de désenfumage et des lignes téléphoniques de sécurité.

Enfin, une partie du personnel des gares aura reçu une formation ferroviaire lui permettant d'assurer, le cas échéant, le service des postes de manœuvre locaux et des postes de commande de traction.

*Vue intérieure du centre de surveillance de « Châtelet-Les Halles ».*



RATP - Ardailion



## EN GUISE DE CONCLUSION...

par Georges Raynaud  
Ingénieur en chef à la Direction des  
études générales

La fin de l'année 1977, tout ce numéro de « RATP Documentation-Information » en témoigne, marquera une étape importante dans l'essor du RER. Ce ne sera malgré tout qu'une étape.

Rappelons que, dès 1981, une seconde transversale, Nord-Sud celle-là, sera mise en service, ce qui aboutira à la jonction, à la gare du Nord, de la ligne de Sceaux et de la ligne SNCF desservant Aulnay, Roissy et Mitry.

Que, vers 1983 ou 84, pourrait être raccordée à la branche de Saint-Germain la ligne SNCF en cours d'aménagement pour desservir Cergy, et que des trains venant de Poissy pourraient utiliser également ce raccordement pour gagner directement la Défense et Châtelet - Les Halles.

Que, peu de temps après, un second faisceau de la banlieue Nord devrait être connecté aux lignes de la banlieue Sud-Est par utilisation du tunnel de la RATP entre les gares du Nord et de Lyon, via Châtelet - Les Halles.

Rappelons encore que la SNCF aura, dès 1979, réalisé la jonction entre les gares des Invalides et d'Orsay de la ligne desservant Versailles (et bientôt Saint-Quentin-en-Yvelines) et de celle qui se dirige vers Juvisy et ses au-delà; et que le Conseil Régional a recommandé le principe du raccordement à cette ligne, à la station « Champs-de-Mars », d'une antenne traversant l'Ouest de Paris et desservant Ermont, puis Argenteuil et Montigny-Beauchamp.

Ces futures réalisations, dont certaines s'inscrivent déjà dans le sous-sol parisien et dont l'achèvement peut rai-

sonnablement être escompté pour le milieu de la prochaine décennie, seront complétées par des aménagements de moindre envergure destinés à améliorer l'intégration des réseaux ferroviaires en un ensemble plus homogène : couloirs de correspondance mécanisés entre gares SNCF et RATP à Invalides, entre Saint-Lazare et Auber, entre la gare du Nord et la station « La Chapelle », entre les complexes d'échange de la gare du Nord et de la gare de l'Est, création d'une gare de correspondance sur la ligne de Sceaux à Saint-Michel avec la nouvelle transversale « rive gauche » de la SNCF.

A cette date, l'appellation de RER ne sera plus l'apanage exclusif du réseau régional de la RATP, mais sera appliquée à toutes les lignes à caractère régional traversant Paris, quelle que soit l'entreprise qui les exploite.

L'ensemble des transports ferroviaires de la région parisienne s'articulera alors autour de trois complexes :

- le métro, desservant la zone centrale, c'est-à-dire Paris intra-muros et la proche banlieue;
- le RER, constitué de ses trois transversales, sur lesquelles viendront se greffer une vingtaine de rameaux, en correspondance en de nombreux points avec le métro, et desservant notamment toutes les villes nouvelles;
- les lignes SNCF-banlieue, aboutissant encore à des gares en cul-de-sac, mais dont les correspondances avec le métro et le RER auront été très nettement améliorées grâce aux travaux déjà réalisés ou prévus.

L'intégration de ces complexes en un

réseau unique, ainsi largement réalisée au niveau des infrastructures, le sera également, dans toute la mesure du possible, au niveau de l'exploitation.

En ce qui concerne en particulier le RER, tout sera fait pour qu'il constitue un ensemble homogène dans lequel n'apparaîtra guère la particularité de chaque exploitant. Les matériels seront les mêmes, la signalétique sera identique et la tarification, complètement intégrée, permettra la correspondance avec le métro, comme elle le fait déjà pour les lignes de la RATP. Aux yeux du public, ce réseau sera comme constitué par quatre lignes possédant plusieurs branches, chacune de ces lignes étant repérée par une lettre et une couleur qui la caractériseront sur tous les panneaux de signalisation. La ligne A, rouge, sera centrée sur l'actuelle transversale Est-Ouest de la RATP; la ligne B, bleue, sur la ligne de Sceaux raccordée à la ligne d'Aulnay (interconnexion 1<sup>er</sup> degré); la ligne C, jaune, sur la transversale rive gauche SNCF; la ligne D, verte, sur l'axe « Gare du Nord - Gare de Lyon » (interconnexion 2<sup>e</sup> degré).

L'évolution des transports parisiens se poursuivra longtemps après qu'auront été réalisés tous les projets évoqués ci-dessus, comme évolueront aussi les techniques, les besoins, les modes de vie. Mais à cette date, on peut estimer qu'un grand pas aura été fait en direction de l'objectif que s'est fixé aujourd'hui la Régie : donner à la demande multiple des parisiens en matière de transports collectifs, une réponse globale.





Photocomposition : Bussière A.G.  
Maquettes et mise en pages : Atelier D.G.  
Photogravure : Prestige Graphique  
Impression : Laboureur et Cie Paris  
Dépôt légal n° 8392, 4° trimestre 1977



