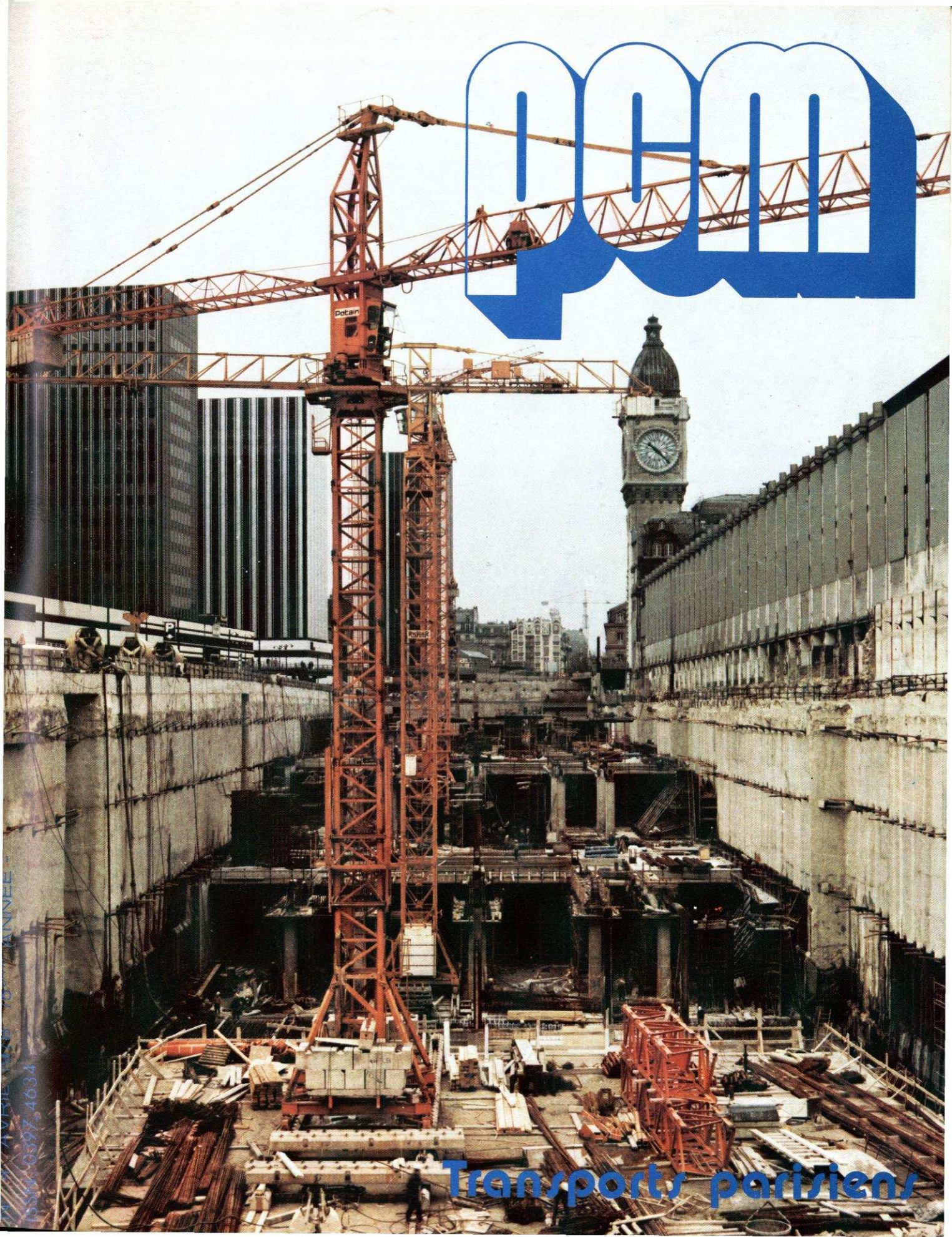


0000



Transports parisiens

0397 4634



# Pour assurer une bonne viabilité hivernale, il faut :



- 1°) Des hommes : nous les avons.  
La réputation du corps des Ponts et Chaussées, ainsi que des services municipaux de voirie, n'est plus à faire.
- 2°) Des véhicules à adhérence totale. Cela, c'est l'affaire de **MAGIRUS DEUTZ** :
  - une robustesse légendaire.
  - 60 ans d'expérience Travaux Publics.
  - Le refroidissement par air.

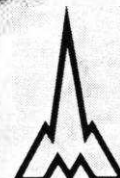
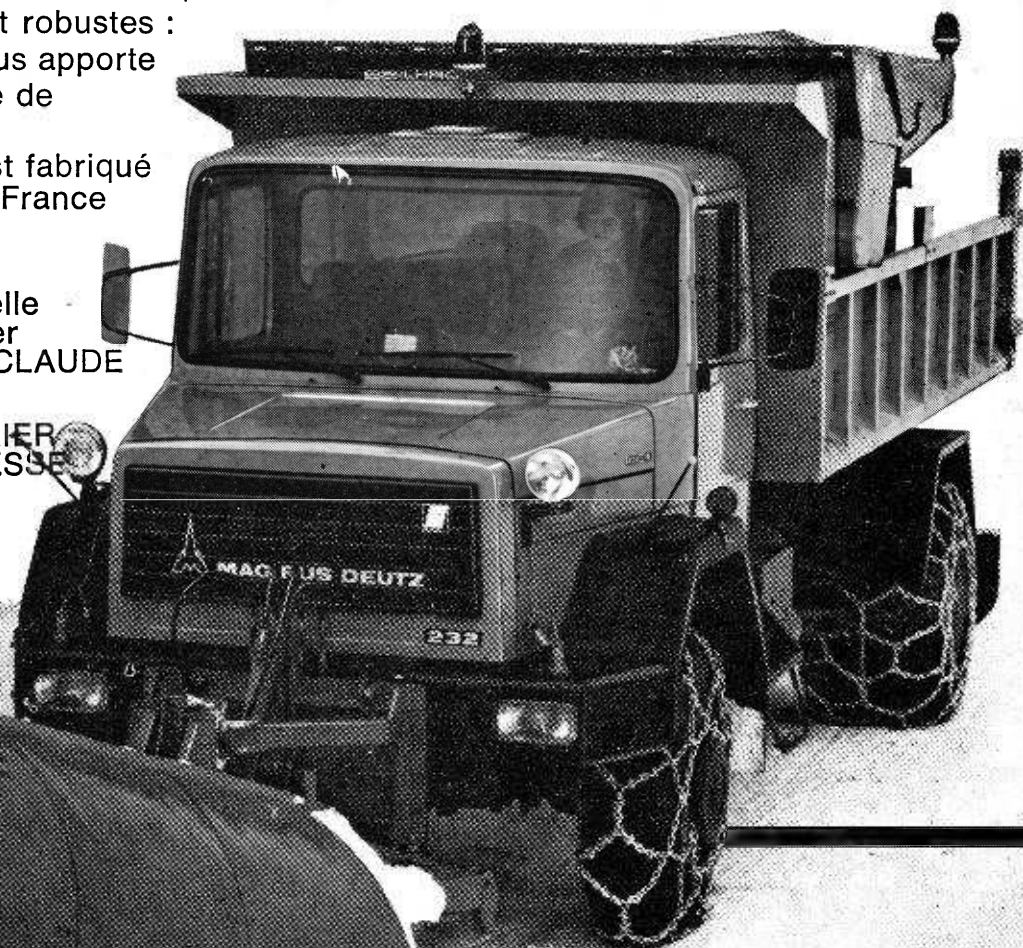
3°) Des matériels de  
déneigement

(lames, étraves, sableuses)  
fonctionnels et robustes :  
BEILHACK vous apporte  
un demi-siècle de  
spécialisation.

Ce matériel est fabriqué  
ou importé en France  
par :

SICOMETAL  
Zone Industrielle  
du Plan d'Acier  
39200 SAINT-CLAUDE

S.I.D.E.B.  
Ets CROUVEZIER  
88250 LA BRESSE



**MAGIRUS DEUTZ FRANCE**

25 rue Pajol, 75018 PARIS - Tél. 205.71.09 +



mensuel  
28, rue des Saints-Pères  
Paris-7<sup>e</sup>

**Directeur de la publication :**

Jacques TANZI  
Président de l'Association

**Administrateur délégué :**

Philippe AUSSOURD  
Ingénieur  
des Ponts et Chaussées

**Rédacteur en chef :**

Olivier HALPERN  
Ingénieur  
des Ponts et Chaussées

**Rédacteur en chef adjoint :**

Benoît WEYMULLER  
Ingénieur  
des Ponts et Chaussées

**Secrétaire générale**

**de rédaction :**

Brigitte LEFEBVRE DU PREY

**Rédaction - Promotion**

**Administration :**

28, rue des Saints-Pères  
Paris-7<sup>e</sup> - 260.25.33

Bulletin de l'Association des Ingénieurs des Ponts et Chaussées, avec la collaboration de l'Association des Anciens Elèves de l'Ecole des Ponts et Chaussées,

**Abonnements :**

— France 150 F.  
— Etranger 150 F. (frais de port en sus)  
Prix du numéro : 18 F.

**Publicité :**

Responsable de la publicité :  
Jean FROCHOT  
Société Pyc-Éditions :  
254, rue de Vaugirard  
75015 Paris  
Tél. 532-27-19

L'Association des Ingénieurs des Ponts et Chaussées n'est pas responsable des opinions émises dans les conférences qu'elle organise ou dans les articles qu'elle publie.

Dépôt légal 2<sup>e</sup> trimestre 1978  
N° 6467  
Commission Paritaire N° 55.306

IMPRIMERIE MODERNE  
U.S.H.A.  
Aurillac

# sommaire

## dossier

---

L'opération des Halles .....	13
par B. PILON	
R.E.R. : Châtelet - Les Halles .....	21
par J.-F. BOUGARD	
Gare de Lyon .....	27
par J. ALIAS et L. LUPIAC	
Auber - Nation .....	35
par L. LUPIAC et P. SIMONPIETRI	
Paris-Nord .....	42
par A. PRUD'HOMME	
Châtelet - Les Halles - Gare du Nord .....	51
par M. POITRINAL-MIRONNEAU	
Luxembourg - Châtelet - Les Halles .....	56
par P. FRANÇOIS	
Invalides - Orsay .....	61
par J. ALIAS	

## rubriques

---

La déviation de Tillières-sur-Avre .....	72
par V. AMIOT	
Informations retraités .....	76
Lu pour vous .....	79
Mouvements .....	81

Maquette : Monique CARALLI.

Nous voulons  
faciliter votre vie  
en facilitant  
vos déplacements.  
Toujours tous les jours.

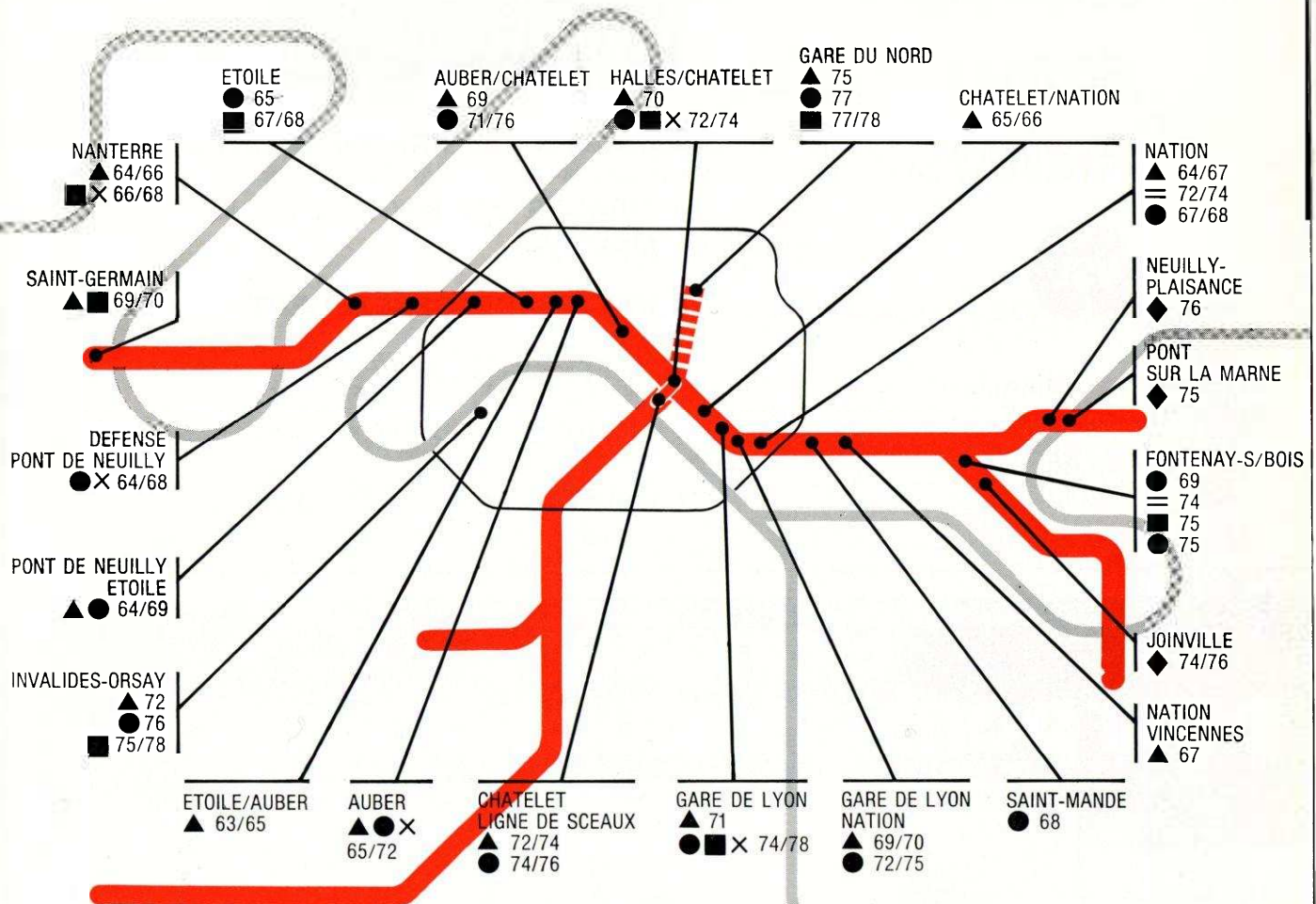


**RATP Pour mieux vivre Paris et sa région.**

Centre d'Information Téléphonique (CIT): 346.14.14.



# SOLETANCHE au service du RER



- ▲ Sondages - Essais
- Injection
- Parois
- X Tirants
- ◆ Pieux
- = Tubes de soutènement



## SOLETANCHE



6, rue de Watford - B.P. 511  
92005 NANTERRE Cedex (France)  
Tél. Paris (1) 776.42.62 Télex 611 722 SOLET F



# Entreprise pour l'application de procédés spéciaux dans la construction

VSL France

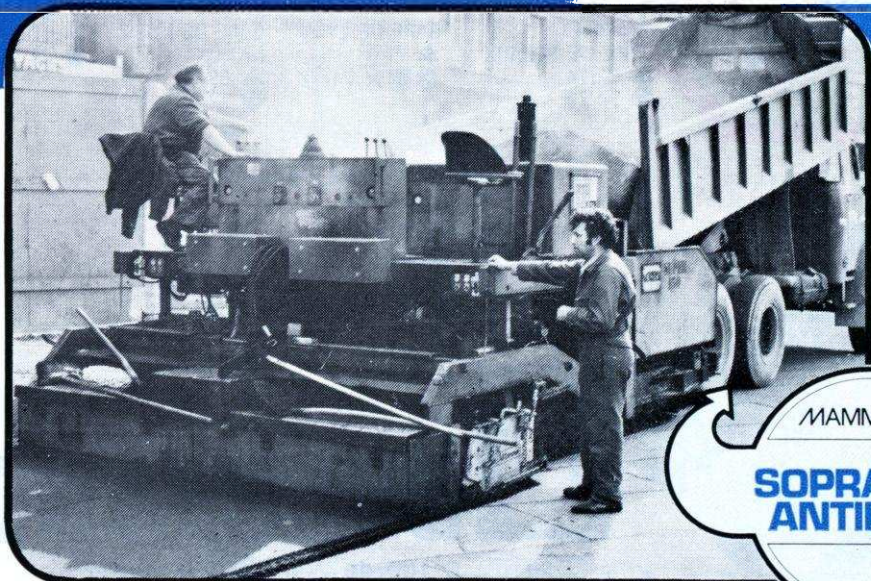
VSL

87, rue de Billancourt  
92100 BOULOGNE

Tél. : 604.44.48  
603.97.43

- CABLES DE PRÉCONTRAÎNTE
- TIRANTS EN ROCHER ET EN TERRAIN MEUBLE
- NATTES DE REVÊTEMENT
- COFFRAGES GLISSANTS
- MANUTENTION DE LOURDES CHARGES
- CALFEUTREMENT DE JOINTS

## Etanchéité pour ponts, viaducs, parkings...



MAMMOUTH

SOPRALENE®  
ANTIROCK

### ETANCHEÏTÉ

A base de polyester non tissé 350 g/m<sup>2</sup> + bitume élastomère.  
Directement sous enrobé bitumineux.



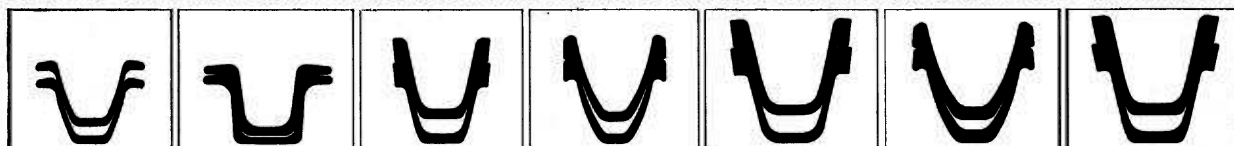
Fabrication

**SOPREMA**

B.P. 121 - 67025 Strasbourg Cédex - Tél. (88) 39.99.45 - Télex 890307 F



# USINOR réalise des cadres de soutènement TH, qui répondent aux exigences des charbonnages de France, suivant la norme française A 45.256



Nous disposons d'un catalogue de 3 000 types de cintres pour des soutènements coulissants ou rigides.

Notre rôle de constructeur est en effet d'être en mesure de répondre aux exigences des utilisateurs.

**usinor**

seul fabricant français de cadres de soutènement T.H.

Département Pieux et Soutènements

B.P. 4-177 - 59307 VALENCIENNES - Tél. (20) 47.00.00

Télex : 110.700 Usinor-Valci - 110.822 Usinor-Valci

# LES ENTREPRISES DE TRAVAUX PUBLICS

## André BORIE

Société Anonyme au Capital de 20 000 000 de francs

SIÈGE SOCIAL :

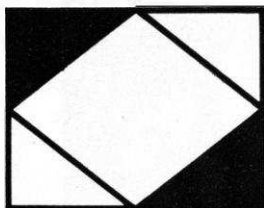
92, avenue de Wagram  
75017 PARIS

Téléphone : 766.03.61

Télex : BORITRA 650 927 F

Adresse télégraphique : BORIETRAVO-PARIS

TERRASSEMENTS  
TRAVAUX SOUTERRAINS  
BÉTON ARMÉ ET PRÉCONTRAIT  
TUNNELS  
OUVRAGES D'ART  
BARRAGES



**Dragages et  
Travaux Publics**

Tour Eve · La Défense 9 · 92806 Puteaux · Cedex France



en France  
et dans  
le monde  
entier

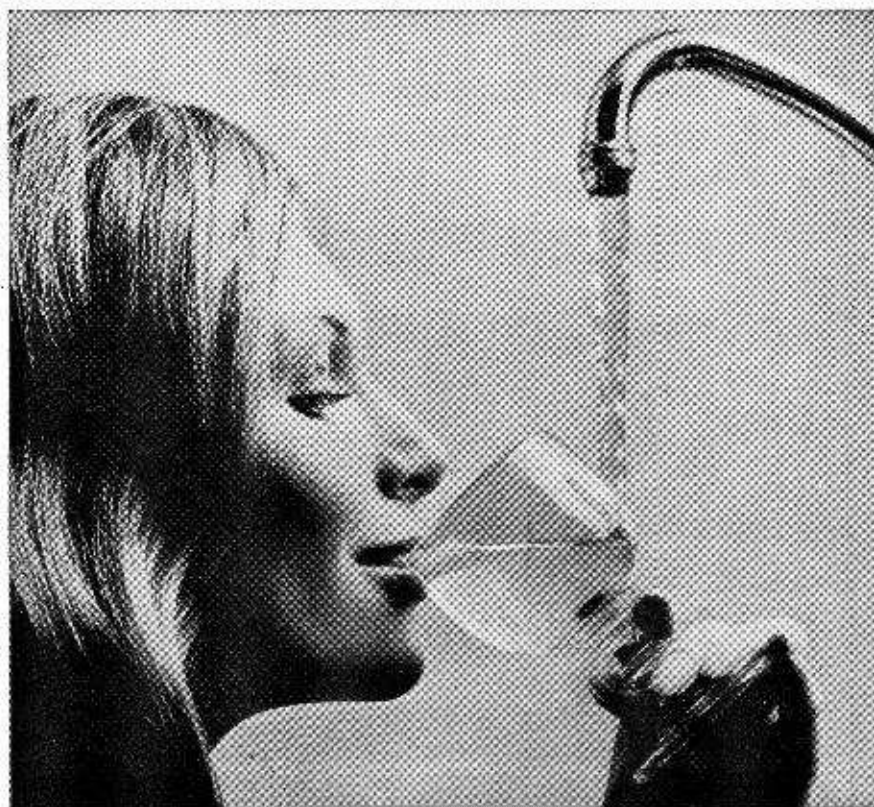
- Terrassements
- Travaux maritimes
- Barrages et canaux
- Routes et voies ferrées
- Aéroports
- Ouvrages d'Art
- Bâtiments et usines
- Travaux souterrains



# BATIMENTS COLLECTIFS ET INDIVIDUELS OUVRAGES D'ART

**QUILLE**

98, AVENUE DE BRETAGNE - B.P. 1048  
76100 ROUEN CEDEX - TÉL. (35) 62.81.18



plaisir retrouvé  
grâce  
à la  
compagnie  
générale des eaux

52, rue d'Anjou  
75384 Paris Cedex 08  
Tél. : 266.91.50



**SOCIÉTÉ ANONYME  
DES ENTREPRISES**

**Léon  
BALLOT**

au Capital de 25 500 000 F

**TRAVAUX  
PUBLICS**

155, boulevard Hausmann,  
75008 PARIS



**JEAN LEFEBVRE**

TRAVAUX ROUTIERS • TRAVAUX PUBLICS  
TERRASSEMENT • ASSAINISSEMENT • VIABILITE  
ENROBAGE DE TOUS MATERIAUX  
BETONS BITUMINEUX • TERRAINS DE SPORTS  
SOLS INDUSTRIELS : PROCEDE SALVIACIM

S.A. AU CAPITAL DE 36 135 000 F • 11, BD JEAN-MERMOZ  
92202 NEUILLY-SUR-SEINE • TEL. 747.54.00

**Entreprises de bâtiment et travaux publics  
Engineering  
Coordination pilotage  
Missions de contractant principal  
Promotion**

**Groupe**

**G T M**

**Société des Grands Travaux de Marseille**

61, avenue Jules-Quentin — NANTERRE (Hauts-de-Seine)  
Tél. : (1) 725.94.40  
Télex : GTMNT 611 306 — Télécopieur



# CITRA-FRANCE

**AUTOROUTES  
PONTS - OUVRAGES D'ART  
TRAVAUX SOUTERRAINS  
BARRAGES  
TRAVAUX MARITIMES ET FLUVIAUX  
CONSTRUCTIONS INDUSTRIELLES  
BATIMENT**

13, AVENUE MORANE-SAULNIER  
78140 VELIZY-VILLACOUBLAY - TEL. 946.96.95

## POUR L'ÉTANCHÉITÉ DES JOINTS DE REPRISE ENTRE ÉLÉMENTS EN BÉTON



**compriband  
précomprimé**

UNE SOLUTION NOUVELLE,  
ÉCONOMIQUE ET SURE,  
PROPOSÉE PAR :



**comprifalt  
France**

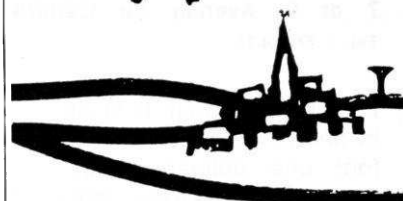
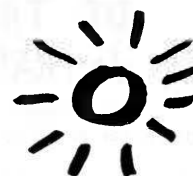
78890 GARANCIÈRES - Tél. 486.40.90 - Télex 695 567

**la qualité  
de la Vie**



**SAUR**

**s'en préoccupe  
depuis plus  
de 40 ans**



études,  
construction,  
exploitation  
de services publics,  
de distribution  
d'eau potable,  
d'irrigation,  
d'assainissement,  
de collecte  
et de traitement  
des ordures ménagères

**SAUR**

**SOCIÉTÉ D'AMÉNAGEMENT  
URBAIN ET RURAL**

Siège Social :  
50/56, rue de la Procession  
75015 PARIS  
Tél : 539 22 60  
Télex : 640 989 F.

15

Directions Régionales en France

Filiales :  
SODEN (Nîmes) - SAUR/AFRIQUE  
SODECI (Abidjan)

Le Service des  
**CONGÉS PAYÉS**  
dans les  
**TRAVAUX PUBLICS**

ne peut être assuré que par

**LA CAISSE NATIONALE DES ENTREPRENEURS  
DE TRAVAUX PUBLICS  
de FRANCE et D'OUTRE-MER**

Association régie par la loi du 1<sup>er</sup> Juillet 1901  
Agréée par arrêté ministériel du 6 Avril 1937 (J.O. 9 Avril 1937)

7 et 9, Avenue du Général-de-Gaulle  
Tél. : 772.24.25

92807 PUTEAUX  
C.C.P. 2103-77 PARIS

La loi du 20 Juin 1936 et  
le décret du 30 Avril 1949  
font une obligation aux  
Entrepreneurs de  
TRAVAUX PUBLICS  
de s'y affilier sans retard

Il n'existe pour toute la  
France qu'une seule  
Caisse de Congés payés  
pour les Entrepreneurs  
de TRAVAUX PUBLICS

**MESURER  
C'EST  
CONCRÉTISER**

Toute l'instrumentation  
pour :

la **GEOPHYSIQUE** et  
la **GEOTECHNIQUE**  
ainsi que les mesures  
en **LABORATOIRES**  
ou **IN-SITU**

**BEVAC** ®

Marcel GRANGIER

**1033 Cheseaux / Suisse**

Rue de Lausanne 2  
Tél. 021 / 91 10 86 - 87  
Télex CH 25506

**ENTREPRISE**

**BOURDIN & CHAUSSE**

S.A. au Capital de 21 000 000 F

**NANTES :**

Rue de l'Ouche-Buron - Tél. : 49.26.08

**PARIS :**

36, rue de l'Ancienne Mairie  
92 - BOULOGNE-BILLANCOURT - Tél. : 604 13-52

**TERRASSEMENTS  
ROUTES  
ASSAINISSEMENT  
RÉSEAUX EAU et GAZ  
GÉNIE CIVIL  
SOLS SPORTIFS**

**SOCIETE  
METALLURGIQUE  
HAUT-MARNAISE**

B.P. 24 · 52300 JOINVILLE  
TÉL. (25) 96.09.23  
TÉLEX : OMARNEZ 840917 F

TOUT CE QUI CONCERNE  
LA MATÉRIEL D'ADDUCTION  
ET DE DISTRIBUTION D'EAU

ROBINETTERIE ET FONTAINERIE

ÉQUIPEMENT DES CAPTAGES  
ET DES RÉSERVOIRS



- entreprise générale
- constructions métalliques
- constructions mécaniques
- constructions nucléaires
- constructions off-shore
- aéroréfrigérants
- menuiserie métallique
- façades-murs-rideaux
- chaudronnerie-réservoirs
- ponts fixes et mobiles
- ouvrages hydrauliques

## **Compagnie Française d'Entreprises Métalliques**

57, bd de Montmorency - B.P. 31816-75781 Paris Cedex 16 - Tél. 524 46 92 - Telex Lonfer Paris 620512

CFEM

# **TERRASSEMENTS OUVRAGES D'ART GÉNIE CIVIL**

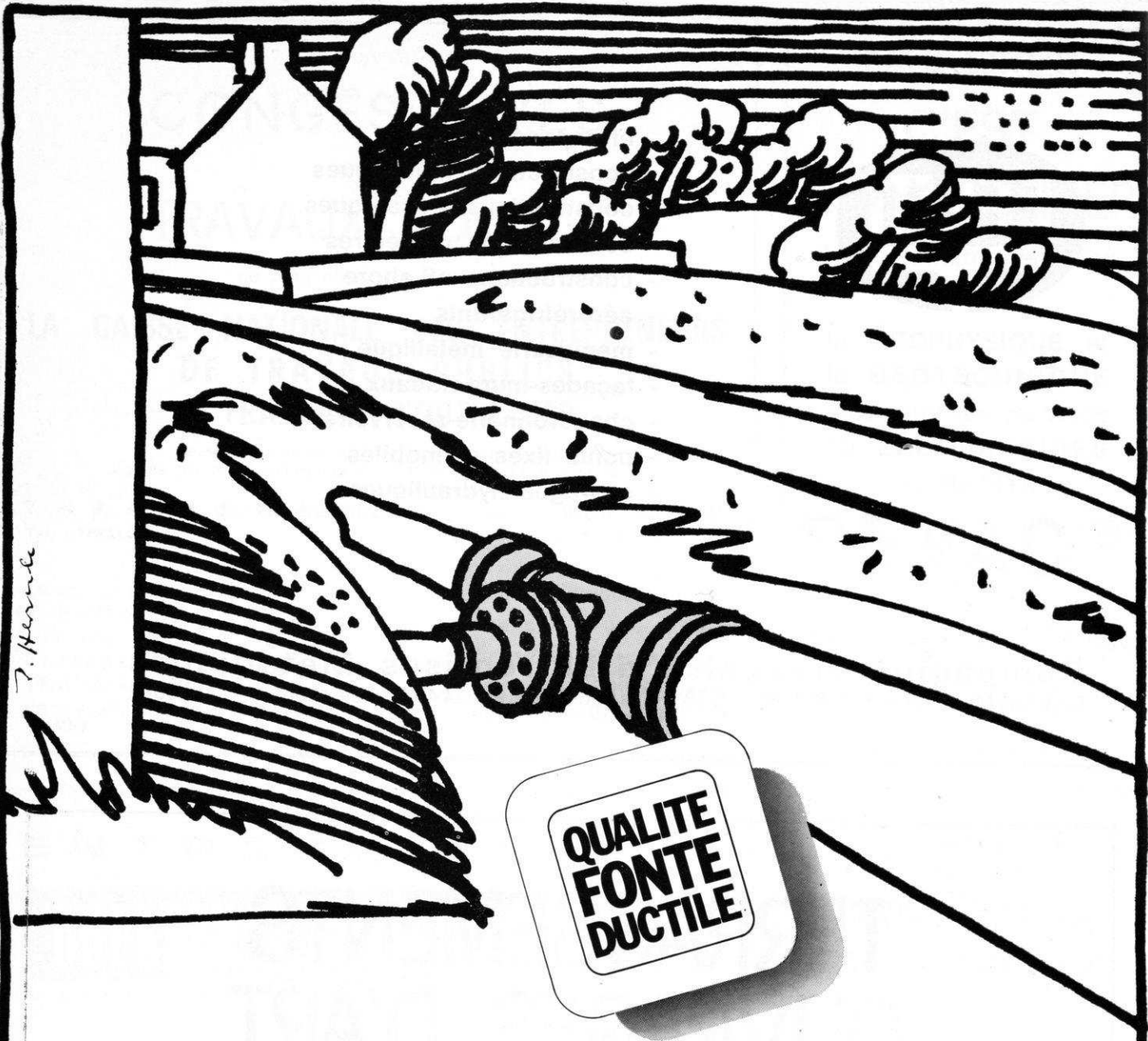
## **RAZEL**

ENTREPRISE RAZEL FRERES

Christ de SACLAY (Essonne)  
BP 109 · 91403 ORSAY Cedex

Tel. 9418190 +





P. Henneke

## Raccords pour canalisations plastiques

### Pourquoi la fonte ductile ?

Parce que les raccords en

Fonte Ductile sont étanches. Parce qu'ils sont résistants à la pression et aux chocs.

Parce qu'ils sont dotés du joint automatique SOFO avec bague en élastomère.

Les raccords en  Fonte Ductile suppriment les points faibles des canalisations plastiques.

### Pont-à-Mousson S.A.

Bon à retourner au service publicité : 4X, 54017 NANCY CEDEX.

Je désire recevoir une documentation sur les raccords en Fonte Ductile pour canalisations plastiques.

Nom \_\_\_\_\_

Société \_\_\_\_\_

Adresse \_\_\_\_\_

Téléphone \_\_\_\_\_



**PONT-À-MOUSSON S.A.**

91, av. de la Libération, 54017 NANCY.

Tél. : (28) 96-81-21,

télex : PAMSA X 850003 F.



# l'opération des halles

par Bernard PILON

*Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées,  
Directeur Technique de la « Société Anonyme d'Economie Mixte  
d'Aménagement, de Rénovation et de Restauration  
du Secteur des Halles » (S.E.M.A.H.)*

## I. - Genèse et principes directeurs de l'opération

Le transfert en des lieux plus adaptés des marchés de gros des produits alimentaires périssables qui se tenaient depuis le XII<sup>e</sup> siècle dans le quartier des Halles devait provoquer un grand vide urbanistique : il ne libérait pas seulement en effet l'emprise des pavillons métalliques de l'architecte Baltard dont la construction sur ordre de Napoléon III avait été la dernière modernisation d'envergure de ces marchés, mais, comme les activités annexes avaient envahi le vieux tissu urbain avoisinant, celui-ci devait se trouver brutalement plongé dans une inactivité que ne pallierait pas la survie d'un folklore superficiel.

Conscients de ce risque grave de dépérissement du Centre, les Pouvoirs Publics, et au premier chef la municipalité, avaient dès 1963 entrepris des études approfondies de rénovation ; concurrentement le projet de remodelage du réseau ferré de transports en commun de la région parisienne conduisait à prévoir au centre de Paris le croisement des deux grands axes, Est-Ouest et Nord-Sud, d'un nouveau Réseau Express Régional : l'emprise des Halles devenait disponible au moment opportun pour héberger l'immense station nécessaire à ce croisement, et permettre sa construction à ciel ouvert.

Après qu'aient été éliminés des projets plus vastes et assez irréalistes, la consistance de l'opération a été définie par le Conseil de Paris dans sa délibération du 24 octobre 1968 (dont le rapporteur était M. Capitant) qui après en avoir spécifié le périmètre apportait les précisions suivantes :

« Le sous-sol de cette zone sera intégralement utilisé jusqu'au banc de calcaire grossier qui en constitue le soubassement. Il comprendra un vaste « forum » souterrain auquel on accèdera soit par les stations du R.E.R. et du métro, soit par les issues conduisant à l'extérieur, et sur lequel donneront des équipements commerciaux, culturels, sportifs et de loisirs qui composeront une ville souterraine. Les deux espaces souterrains situés respectivement sous le plateau des Halles et sous le plateau Beaubourg seront reliés l'un à l'autre par des galeries souterraines profondes ».

« Les travaux à fouille ouverte d'établissement des deux stations du RER prévues sous le plateau des Halles seront entrepris dès que leur emplacement exact aura été fixé ».

« Un plan étroitement lié à celui du sous-sol, sera en outre établi pour l'aménagement de la surface de rénovation : il prévoiera la construction d'immeubles d'habitation de catégories et de types divers... Le plan prévoira également la construction d'hôtels, restaurants, boutiques, magasins, établissements commerciaux, culturels et sociaux encadrant des jardins aussi variés que possible ».

« La surface sera en principe réservée à la circulation piétonnière. L'accès du public à la zone se fera essentiellement par les moyens de transport en commun. Les parkings souterrains n'occuperont qu'une place secondaire afin que soit réservée au forum et à ses annexes la plus grande partie de l'espace souterrain ».

« Sous le contrôle de la Ville de Paris l'exécution de l'opération de rénovation sera confiée à la Société d'Economie Mixte d'Aménagement, de Rénovation et de Restauration du Secteur des Halles à qui pourraient être concédés le sol et le sous-sol de la zone... A cette fin la Société d'Economie Mixte se dotera d'un appareil de réalisation... ayant les missions suivantes :

a) étudier en liaison avec tous les organismes publics, semi-publics ou privés, les plans du sous-sol et des superstructures répondant aux données générales et particulières du programme ;

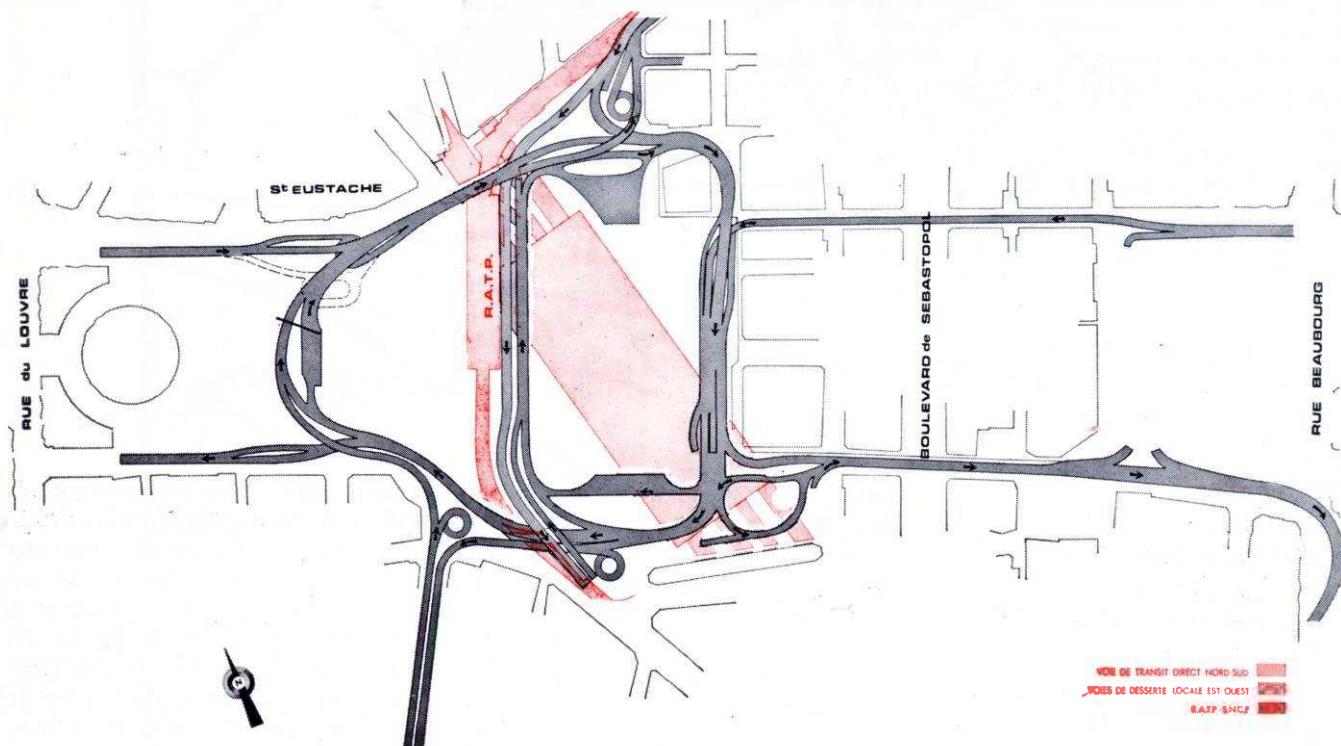
d) assurer la coordination entre les différentes parties prenantes et les intervenants publics et privés ;

e) élaborer un programme d'investissement budgétaire et extra-budgétaire de nature à permettre le déroulement harmonieux dans le temps des opérations ;

f) passer conventions et contrats afférents à l'aménagement projeté ».

La délibération prescrivait également la construction autour de la Bourse de Commerce du Centre de Com-

# VOIRIE AUTOMOBILE (.8,10.)



Plan de voirie.

merce International qui a été supprimé en 1974 et, sur le Plateau Beaubourg, d'une bibliothèque de lecture publique qui a été englobée dans le vaste programme du Centre Beaubourg décidé en décembre 1969 par le Président Pompidou.

Ainsi se trouvait fixé d'une façon très détaillée le programme d'une véritable rénovation urbaine consistant à implanter au voisinage d'un puissant nœud de transport en commun les activités les plus spécifiques d'un centre-ville, à utiliser pour cela l'espace séparant le niveau (souterrain) de desserte par le R.E.R. du sol naturel, et à faire de ce nouveau tissu urbain une greffe capable de revitaliser le voisinage (et non un kyste), en construisant des immeubles de même nature en surface à la périphérie de l'aménagement et en supprimant à ce niveau la circulation automobile.

Ce programme a été fidèlement respecté, d'abord par l'Atelier Parisien

d'Urbanisme qui en 1969 le traduit dans un « schéma d'ossature urbaine » dans lequel furent fixés notamment les principes de desserte de l'opération par une voirie souterraine de quartier et la localisation des parkings, puis par la S.E.M.A.H. qui mit au point avec l'Administration de la Ville le périmètre définitif, les documents d'urbanisme (l'opération étant placée sous le régime de la Z.A.C. de rénovation urbaine) le traité de concession, et la convention de travaux par laquelle la Ville confiait à la Société d'Aménagement l'exécution des équipements publics (essentiellement les voiries souterraines) incorporés à l'infrastructure : ces documents furent approuvés le 31 décembre 1971 et remaniés en mai 1975 pour tenir compte de la suppression du Centre de Commerce International ; il y a lieu de signaler que les prévisions de dépenses de 1971, tant pour la libération des sols que pour la réalisation des infrastructures publiques, sont toujours respectées à

ce jour ramenées en francs constants.

La S.E.M.A.H. a également eu à mettre au point les régimes juridiques et les modalités techniques de réalisation de cette vaste structure qui est commune à des espaces imbriqués les uns dans les autres, dévolus pour certains à la collectivité (R.A.T.P., Ville de Paris), pour d'autres à des preneurs privés, et qui supporte des constructions de surface également variées. C'est ainsi que par convention la R.A.T.P. et la S.E.M.A.H. se sont redistribués rationnellement certaines maîtrises d'œuvre, et ont organisé une collaboration étroite de leurs services, et que dans les conventions avec ses preneurs la S.E.M.A.H. s'est fait redéleguer les tâches de réalisation de leurs ouvrages dans la mesure où leur caractère intégré l'imposait.

## II. - Description du projet

Nous mentionnerons très brièvement



le secteur Est ; celui-ci comprend un îlot traité en rénovation traditionnelle par un promoteur, et le Centre Pompidou ; celui-ci est desservi en sous-sol par le tunnel « Berger » venant des Halles qui a été construit par la S.E.M.A.H. comme le premier élément de la voirie souterraine prévue pour la zone de rénovation.

#### a) La voirie souterraine

Le principe de cette voirie, située en moyenne à 8 m de profondeur, est d'assurer, grâce à une boucle principale et à des tunnels d'accès et de sortie radiaux, à la fois les trafics de desserte des équipements nouveaux et les trafics interquartiers qui eussent dû en son absence traverser en surface le quartier rénové ou le contourner au plus près : ainsi évite-t-on d'entourer le périmètre de l'opération d'un anneau routier qui l'aurait isolé des vieilles rues conservées au voisinage. Mis à part un tunnel dit de transit, en sens unique Nord-Sud,

demandé pour compléter le réseau principal par les services de voirie, il s'agit de voies destinées à être parcourues à faible vitesse et par des débits relativement modestes : certains tronçons sont à une seule file, le rayon des courbes s'abaisse jusqu'à 25 m environ, la pente peut atteindre 10 % ; certains accès sont à petit gabarit.

La convenance de cette voirie a été vérifiée par une étude de trafic faite sur une aire d'environ 1500 m × 850 m, avec notamment une enquête « cordon » par enregistrement des numéros minéralogiques.

#### b) L'infrastructure du secteur Ouest

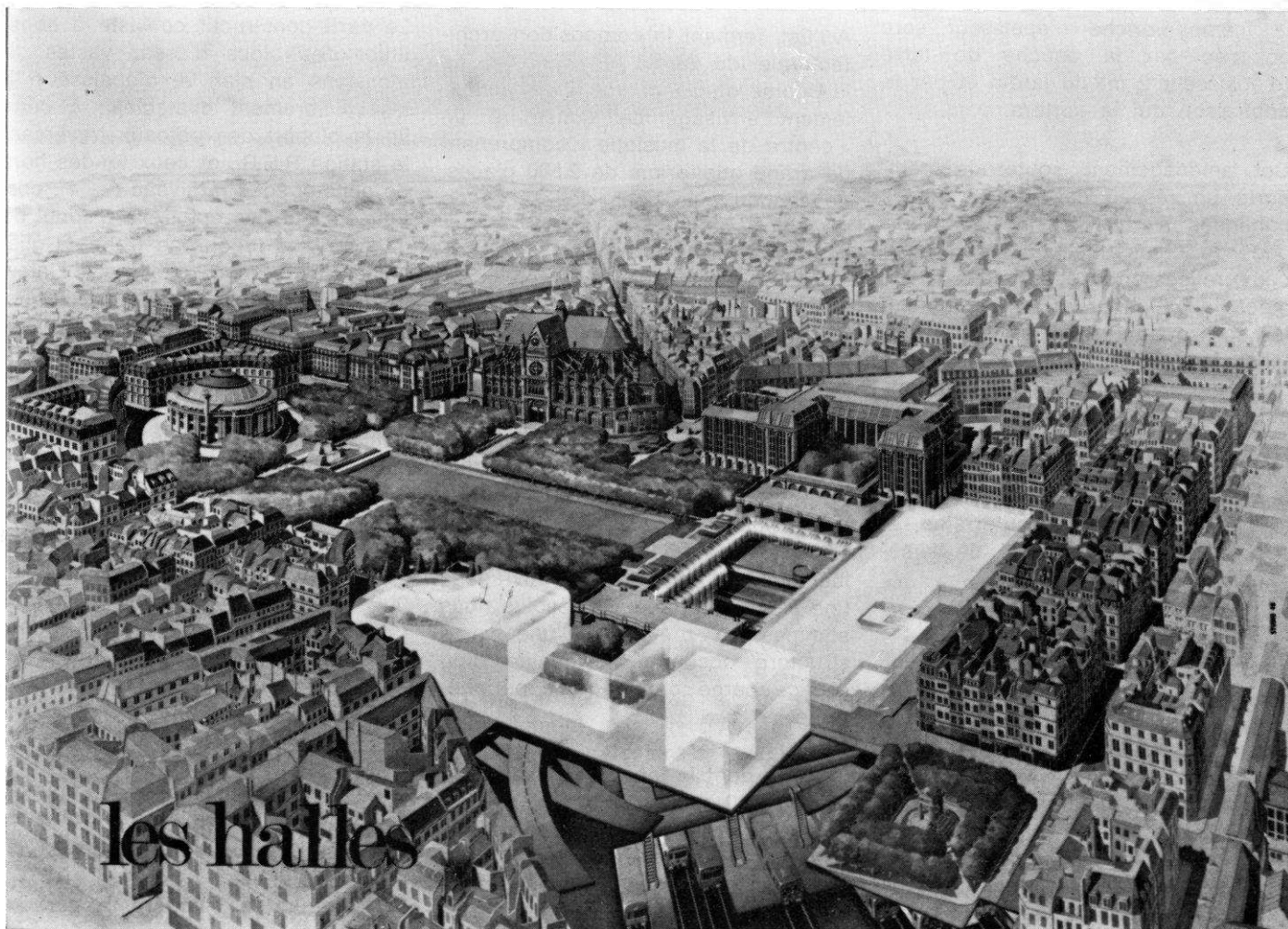
L'ancien carreau des Halles et les emprises qui lui ont été rattachées au Nord et au Sud sont destinés à être entièrement excavés, en général jusqu'à une cote de l'ordre de 17,50 NGF (le terrain naturel étant sensiblement horizontal à 35 NGF) ;

cet espace est partagé par la rue Baltard en deux zones ; le R.E.R. occupe le tréfonds de celle située à l'Est, de superficie environ 6 ha, qui a été traitée en première phase, et les projets de celle située à l'Ouest (zone Saint-Eustache - Bourse) ne sont pas encore définitivement arrêtés.

Sous 17,50 on trouve à l'Est, le niveau des quais du R.E.R., et diverses galeries et installations techniques.

Entre les cotes 17,50 et 21,40 se trouve le niveau (— 4) de l'aménagement, comprenant la salle d'échanges du R.E.R., des installations techniques, des parkings, et en continuité avec la sortie de la salle d'échanges du R.E.R. une première rue. A 21,40 règne sur toute l'étendue de l'ancien carreau des Halles le niveau (— 3), niveau majeur du « forum », avec, dans l'emprise de la première phase, une majorité de commerces et une « place basse » à l'air libre entourée de verrières ; la zone Saint-Eustache -

Perspectives et vue éclatée.



Bourse comportera sans doute une place souterraine et une majorité d'installations culturelles, sportives, et de loisirs. L'aménagement de la première phase comporte en outre deux niveaux de parkings au Nord et au Sud des commerces et une salle de correspondance du métro entre le R.E.R. situé dessous et la ligne 4 située au-dessus.

Un niveau (— 2) dont le plancher est situé en moyenne à 26,90, porte la ligne 4 du métro (et sa station « Les Halles » reconstruite à neuf dans la première phase de l'aménagement), la voirie souterraine du nouveau quartier, avec les accès des parkings, les aires de débord, les stations de taxis et les locaux ayant les mêmes types d'affectation que ceux situés au niveau inférieur.

Dans la zone de première phase on trouve au-dessus du niveau précédent un premier sous-sol (niveau (— 1)), de cote 31 à 32 NGF se distribuant autour de la place basse qui s'évase par un étagement de terrasses ; dans la zone Eustache-Bourse la même tranche d'épaisseur sera occupée par la couche de terre (d'épaisseur 2 m) du jardin et par la poutraison qui la portera.

Cet aménagement souterrain comporte un réseau de rues et places publiques à tous les niveaux, bordées de commerces ou d'autres locaux, reliées entre elles par escaliers mécaniques, et sur lesquelles donnent les sorties du R.E.R., les accès piétons des parkings, les stations de taxis, etc... ; ces espaces souterrains, éclairés et climatisés en permanence, seront classés comme voies publiques dans le domaine public de la Ville de Paris afin de bien marquer le caractère de ville souterraine, et non de centre commercial, de l'aménagement.

### **c) Les superstructures du secteur Ouest**

Les bâtiments en élévation auront une hauteur maximale de 27 m ; ils seront situés uniquement en périphérie de la zone traitée en infrastructure en première phase, et encadreront au Nord, à l'Est et au Sud un espace libre occupé par la place basse au Centre et par deux placettes urbaines situées au Nord et au Sud, elles-

mêmes reliées aux rues du quartier ; trois « portes » de la ville souterraine donneront respectivement sur ces deux placettes et à l'Est directement sur la rue Pierre-Lescot qui limitait le carreau des Halles ; tous les rez-de-chaussée des bâtiments seront occupés par des boutiques.

Au Nord sont prévus des immeubles de logements dans lesquels est enclavé un bâtiment qui contient les installations fournissant la chaleur et le froid à l'ensemble de la zone (pompes à chaleur, aéroréfrigérants en terrasse), les groupes électrogènes de secours et leurs transformateurs, les postes de livraison d'électricité, un poste de redressement de la R.A. T.P., et des ventilations de la voirie et des parkings.

Au Sud sont prévus un ou deux hôtels, des logements, et un immeuble dont l'affectation n'est pas encore définitivement fixée ; les studios et installations d'une chaîne de télévision y ont été envisagés.

A l'Est, fermant la composition architecturale du jardin en vis-à-vis de la Bourse de Commerce, il est actuellement envisagé de construire un « centre de la musique » comprenant un grand auditorium de 2.500 places, un second plus petit, des salles de répétition, et leurs annexes.

## **III. - Réalisation des ouvrages**

### **A) Gros œuvre**

L'article de M. Dumain sur la station R.E.R. « Châtelet - Les Halles » traite des problèmes hydrogéologiques posés par l'immense excavation dans laquelle sont construits les ouvrages ; une fois ces problèmes résolus nous sommes en présence d'une vaste structure occupant la totalité d'un espace cerné par un mur périphérique.

Celui-ci, dont la longueur développée atteint 1100 m pour la première phase, est composé principalement de parois moulées, d'épaisseur 0,60 m à 1,00 m (avec des sections dotées de contreforts d'épaisseur 1,50 m)

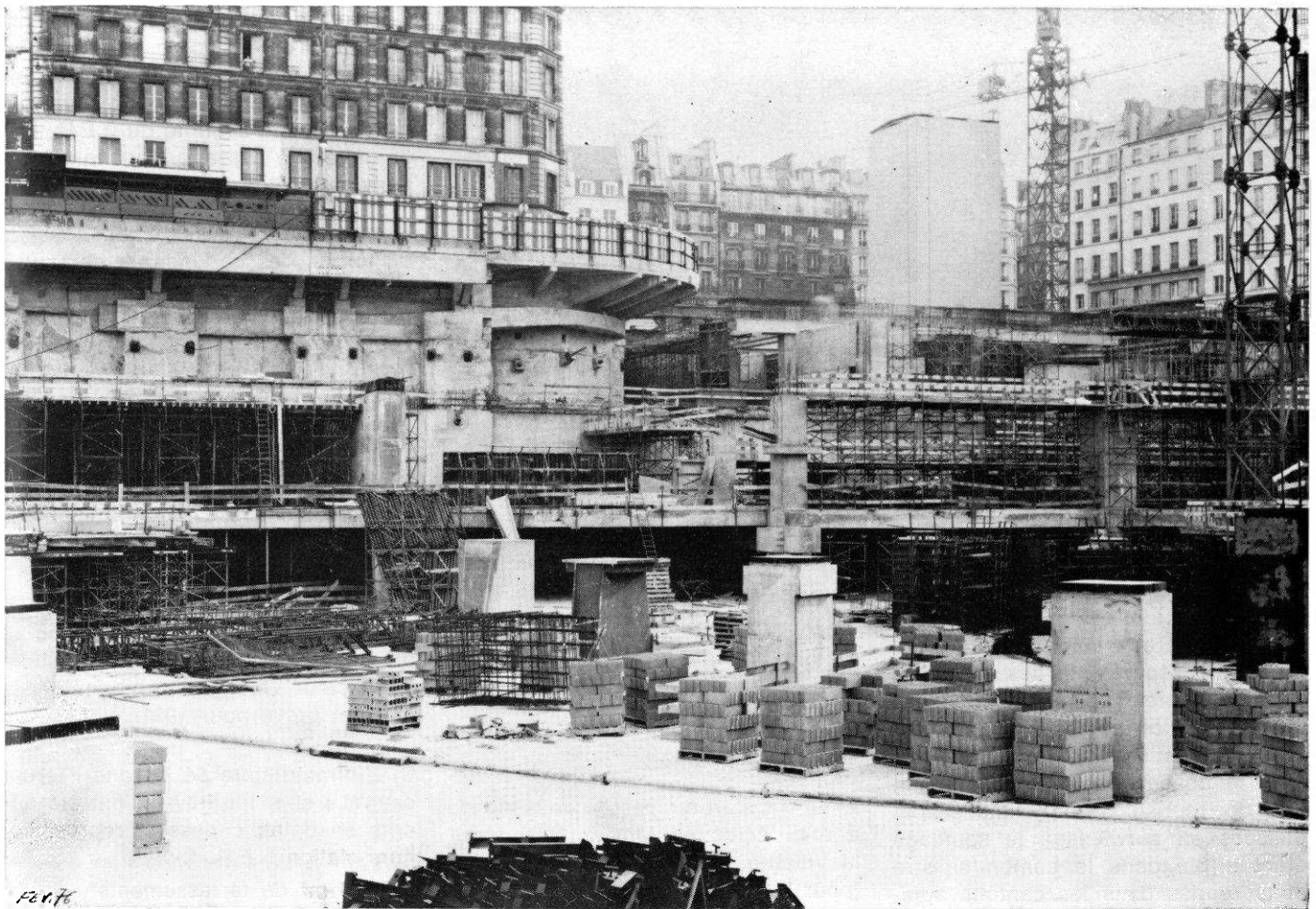
ancrées provisoirement par des tirants, et portant en tête pour certaines des encorbellements provisoires afin d'assurer la desserte des immeubles riverains. Certains tronçons du soutènement ont toutefois été assurés par des parois berlinoises provisoires, notamment la séparation entre les deux phases de travaux le long de la rue Baltard.

Au stade définitif les tirants sont détendus et les parois moulées sont en général transformées en murs de soutènement autostables en les solidarissant avec des contreforts verticaux par l'intermédiaire de bandes de planchers ; dans quelques zones particulières seulement la largeur de fouille entre deux parois permettait de les contre-butier l'une sur l'autre par les planchers.

La structure réalisée dans l'enceinte comporte une trame à grandes mailles de 16 m × 11,313 m traversée par les voies du R.E.R. suivant la diagonale, et qui accueille sans trop d'accidents les parkings, les commerces, la voirie, la nouvelle ligne 4 du métro, les circulations verticales, etc... Le parti constructif consiste à constituer des blocs d'assez vastes dimensions en plan et d'épaisseur limitée, librement dilatables ; à cette fin la plupart des poteaux traversant la station R.E.R., et ceux fondés hors de celle-ci sous le niveau (— 4), portent en tête des appareils d'appui de divers types (néoprène fretté, à glissement sur teflon, etc...) par l'intermédiaire desquels toutes les charges supérieures, y compris le poids des immeubles en élévation, seront transmises au terrain. Un deuxième lit horizontal d'appareils d'appui règne dans la majeure partie de l'emprise sous le niveau (— 1). C'est ainsi que les planchers à (— 3) et (— 2), solidarités par les poteaux, forment dans la partie centrale au-dessus de la salle d'échange du R.E.R., une « plaque centrale » monolithique d'environ 150 m × 180 m ; ce parti permet de réduire le nombre de joints et de réaliser les planchers avec une poutraison en béton précontraint de faible épaisseur (0,70 à 0,80 m pour des surcharges de 1 t/m<sup>2</sup>) comportant des portiques filants de travée unitaire 16 m et des poutrelles transversales.

### **B) Equipements**

Si la structure s'apparente par les



Structures en construction, square des Innocents.

portées et les charges à un ouvrage d'art, les équipements qu'elle doit héberger sont ceux des bâtiments les plus complexes, et les sujétions de passage des canalisations, de recueil et de relevage des eaux, de circulations verticales normales et de secours, de gaines d'air frais ou vicié, ou de décompression du R.E.R., de réalisation de coupe-feu, etc... sont prépondérantes dans le dessin des ouvrages.

Sans entrer dans le détail voici quelques traits particuliers de ces équipements :

a - la climatisation comporte un réseau collectif de distribution d'eau dite « glacée » (aller à 5°, retour à 11°) et d'eau chaude (aller à 50°, retour à 35°) sur lequel se brancheront les immeubles en élévation (sauf les logements) et les infrastructures : parmi celles-ci le « forum de com-

merces et de loisirs » qui occupe la première tranche comporte un système de préparation d'air neuf dans des laveurs, tours dans lesquelles l'air aspiré est refroidi et saturé d'humidité au contact d'une eau de lavage, avant d'être réchauffé et soufflé dans les gaines de distribution ; il y a donc un troisième fluide, l'eau de lavage, dont la température doit être régulée à l'aller et qui doit être filtrée au retour car elle recueille toutes les poussières de l'air brut.

b - pour le rejet de l'air extrait des diverses parties de l'infrastructure on s'est astreint à l'évacuer au niveau du faitage des immeubles, ou exceptionnellement par des ouvrages traités architecturalement et ayant quelques mètres de hauteur, et en aucun cas par des grilles au sol. C'est ainsi qu'on a près du square des Innocents réalisé sur des fonds de parcelles aveugles de l'îlot ancien voisin une cheminée de 52 m<sup>2</sup> pour de l'air pro-

venant du R.E.R., de la voirie et des parkings.

c - la distribution d'électricité est assurée par un réseau 20 KV alimenté par E.d.F. aux bornes d'un poste très Haute Tension installé dans la pointe Nord de l'infrastructure ; les parties de ce réseau M.T., convenablement protégées, qui alimentent les installations de sécurité, sont secourues par les groupes électrogènes. La voirie dispose d'une alimentation distincte au même point, secourue par ses propres groupes.

d - les installations de sécurité comprennent d'une part des dispositifs classiques de détection, d'alarme, de défense contre l'incendie, d'autre part un cantonnement des surfaces, un désenfumage mécanique et des escaliers de secours spécialement équipés.

Les surfaces de planchers sont com-





Plaque centrale et place basse.

(Photo Laurent Rousseau).

partimentées en cantons de 2 000 m<sup>2</sup> à 6 000 m<sup>2</sup> séparés par des coupe-feu 2 h., les alimentations électriques de secours et les gaines de climatisation étant distinctes pour chaque canton ; le désenfumage utilise les gaines de reprise de la climatisation, utilisées en survitesse ; le soufflage étant arrêté dans le canton sinistré et la reprise dans les cantons adjacents on s'oppose ainsi à la propagation des fumées.

Les escaliers de secours sont encloués, mis en surpression par des ventilateurs, et accessibles par des sas ventilés, de façon que le public y soit à l'abri des fumées ; la plupart sont groupés dans des « tours de sécurité » contenant chacune trois escaliers hélicoïdaux emboîtés l'un dans l'autre, chaque escalier ayant selon les tours 2 ou 3 unités de passage.

La voirie souterraine est considérée, concurremment avec le niveau de surface, comme « niveau d'intervention » par les services de sécurité pour leur approche des locaux avec leur matériel automobile, son éclairage et sa ventilation étant secourus par groupes électrogènes.

Des « escaliers pompiers » interdits à tous autres usages donnent accès aux différents niveaux à partir de la voirie souterraine et de la surface.

#### IV. - Quelques dates et chiffres

A) Le transfert du marché de la viande a été décidé en janvier 1959 (pour la Villette) et réalisé en janvier 1973 (pour Rungis) ; le transfert des autres marchés à Rungis a été décidé en juillet 1962 et réalisé en mars 1969. Les travaux de l'opération ont commencé au début de 1972.

En janvier 1977 a été ouvert à la circulation publique le souterrain « Berger », avec une entrée provisoire en bordure du square des Innocents, afin de desservir le Centre Pompidou lors de son ouverture le 31 janvier 1977.

Le 3 octobre 1977 le trafic de la ligne 4 du métro a été transféré de son ancien tunnel dans le nouveau, et sa nouvelle station « Les Halles » a été mise en service, y compris sa salle de billets et un accès à la rue Turbigo (ces ouvrages ayant été construits en gros œuvre par la S.E.M.A.H.).

Le 7 décembre 1977 lors de l'ouverture des tronçons centraux du R.E.R. la S.E.M.A.H. a mis en service les circulations verticales reliant le niveau de la salle d'échanges (niveau — 4 du forum) à la rue Pierre-Lescot, soit 12 escalators, les escaliers fixes correspondants, les paliers, etc... l'ensemble étant destiné à former la

« porte Lescot » du forum, élément important de la voirie piétonne publique la S.E.M.A.H. a aussi livré les circulations verticales de secours nécessaires à la sécurité du R.E.R., soit 65 unités de passage, pour la plupart dans des tours de sécurité.

L'ouverture des niveaux en sous-sol du forum, des parkings, et de la voirie souterraine nécessaire à leur desserte, est prévue pour le 1<sup>er</sup> mai 1979 ; l'ouverture du tunnel de voirie de transit Nord-Sud qui permettra la restitution aux piétons de la rue Saint-Denis est prévue en novembre 1978.

L'ouverture des boutiques en surface, en rez-de-chaussée des immeubles en Z.A.C., est prévue pour le 1<sup>er</sup> mai 1980.

L'achèvement de l'opération, c'est-à-dire des bâtiments en élévation et de la partie Saint-Eustache - Bourse du secteur Ouest (y compris le jardin) est prévu pour 1981 ou 1982.

B) L'infrastructure de la zone « forum central » dont les travaux ont été décrits en détail ci-dessus, représente, hors station R.E.R. :

900.000 m<sup>3</sup> de terrassements  
225.000 m<sup>2</sup> de planchers  
170.000 m<sup>3</sup> de béton (y compris parois moulées)  
18.500 T d'armatures de toutes nuances.

La capacité portante cumulée des appareils d'appui incorporés à la structure est de 700.000 T.

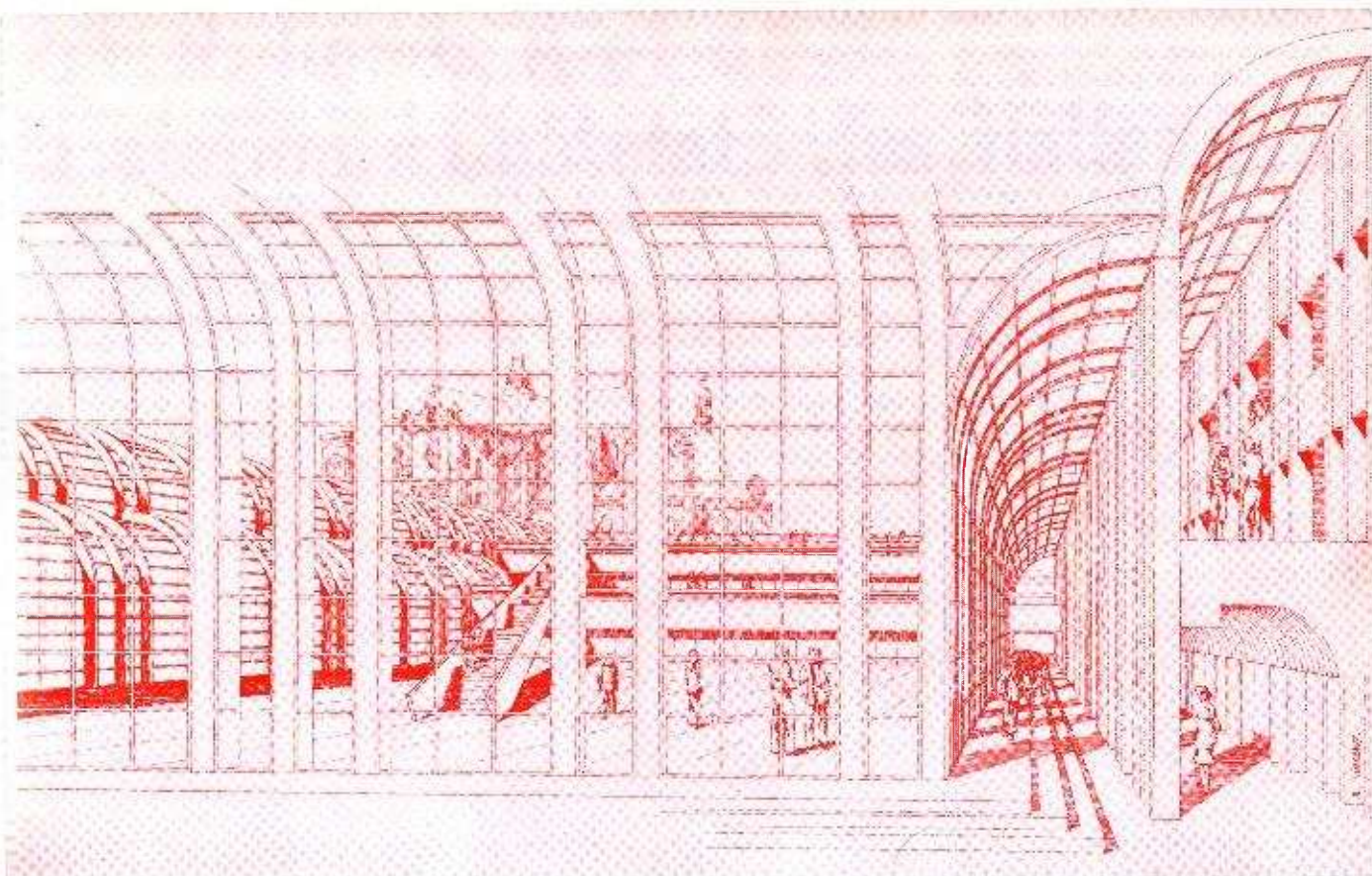
Les galeries techniques ont une longueur totale de 2 350 m ; la section totale de cheminées de prise et rejet d'air est de 1.260 m<sup>2</sup> dont 217 m<sup>2</sup> pour la R.A.T.P.

La centrale de climatisation est prévue pour des équipements finaux de puissance :

17.000.000 Kcal h. en fourniture de chaleur  
24.000.000 frig h. en fourniture de froid  
8 MVA en fourniture d'électricité de secours par groupes électrogènes.

#### V. - Conclusions

1) L'opération a pour but de revivifier le quartier à partir de la réalisation



Verrières de la place basse. (Vasconi et Penereac'h, Architectes).

de la gare centrale du R.E.R., en substituant à l'activité des marchés des Halles, devenue anachronique et condamnée à s'en aller, toutes les activités spécifiques d'un centre-ville de grande métropole. Le comportement des gens qui habitent le voisinage ou y travaillent et notamment l'évolution des commerces dans les rues anciennes montre à cet égard un « vouloir-vivre » collectif qui va pleinement dans le sens du projet, et la contestation globale de celui-ci a toujours été étrangère au quartier.

2) Un urbanisme de type haussmanien ne peut pas résoudre les conflits nés de la concentration qui caractérise un centre-ville contemporain : la prééminence des transports en commun ne permet nullement d'éliminer l'automobile, les avenues traditionnelles sont trop larges pour que l'animation piétonne rejaillisse d'un trottoir à l'autre, les carrefours hachent

à la fois les courants de voitures et ceux des piétons, les rez-de-chaussées ont une surface commerciale insuffisante et le découpage par le parcellaire pénalise les étages.

Dans le projet des Halles ces conflits sont traités par un étage sur de vastes plateaux superposés des différentes fonctions sans considération d'un parcellaire, et par une mise en site propre de l'automobile comme des autres moyens de transports ; en outre l'aménagement est soudé au tissu urbain environnant en réalisant autant qu'il est possible dans le cadre de l'opération des ouvrages permettant de restituer ce dernier aux piétons et en assurant la continuité d'animation piétonne en surface jusqu'aux « portes » du quartier souterrain.

3) Au-delà des difficultés dans les domaines proprement techniques, juridiques, commerciaux, financiers,

administratifs, les problèmes délicats naissent de l'articulation des fonctions entre elles : le plus important est ce qui advient à l'automobiliste qui veut devenir piéton, au chaland qui veut se promener en badaud, comment l'architecture fait place à la végétation, comment on va de l'air libre dans des locaux en sous-sol, etc... ; préserver la liberté de l'utilisateur implique qu'on facilite ses choix propres alors que pour chaque spécialiste, pour chaque programme, l'optimum est qu'il dispose d'un usager plus ou moins subtilement déterminé, « captif ».

4) L'adjectif « souterrain » employé pour qualifier l'aménagement en infrastructure est entaché d'une grave ambiguïté. Dans son acception traditionnelle ce terme qualifie des ouvrages plus ou moins tubulaires parcourant une tranche de terrain en place qui joue à leur égard le rôle



d'un milieu physique porteur, et lorsque ces ouvrages se multiplient ils s'évitent autant que possible les uns les autres pour conserver l'autonomie de leurs stabilités respectives, parcourant le terrain chacun pour son compte propre, un peu à la manière des racines des arbres. Au contraire nous avons affaire ici à un immense bâtiment s'étendant sans discontinuité sur un espace qui se trouve avoir été créé par excavation et être limité par des murs de soutènement. Il s'agit donc en fait de locaux en général aveugles, inutilisables certes pour l'habitation, mais aptes à recevoir nombre d'activités ; en particulier des patios peuvent y rendre présente localement la lumière du jour, et les autres espaces publics peuvent se comparer à ces halls de grands magasins et d'établissements bancaires, qui au mieux sont couverts de verrières d'où tomberait seulement sur les comptoirs un jour blafard s'il n'y avait pas un renfort décisif d'éclairage artificiel permanent.

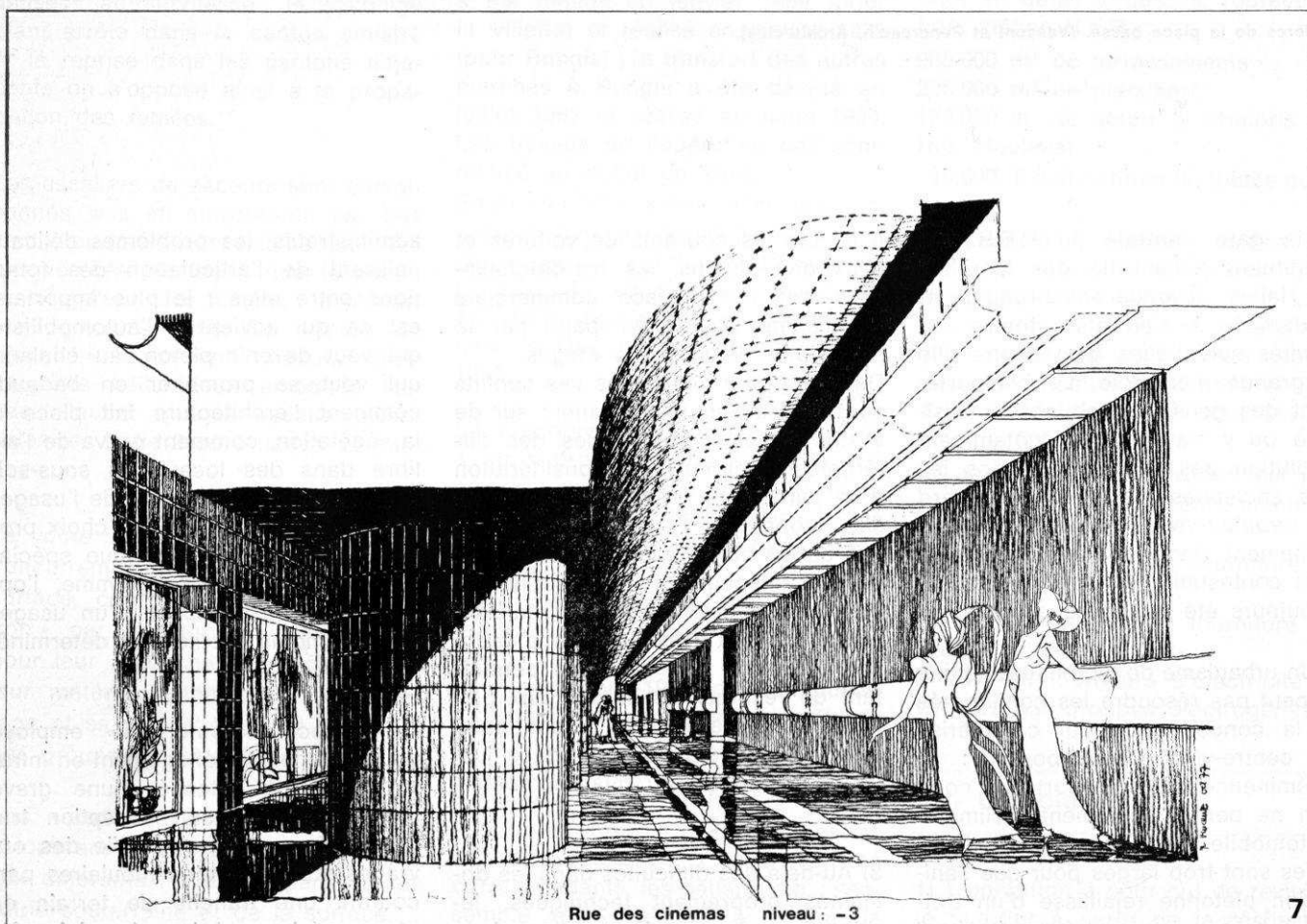
La différence entre ces deux types d'ouvrages souterrains est saisissante pour l'usager du métro, par exemple lorsqu'il parcourt successivement les couloirs de correspondance du R.E.R. à l'Etoile ou à la Nation (1<sup>er</sup> type), puis les salles d'échange de la Défense ou de Châtelet - Les Halles (2<sup>e</sup> type).

Dans l'aménagement d'une « grande enceinte » comme celle des Halles il importe, contrairement à ce que les contingences techniques imposeraient au premier type dans le sous-sol d'une zone d'étendue comparable, d'utiliser la totalité des volumes, non seulement parce qu'on en a de toutes façons payé la création, mais parce que tout espace neutralisé constitue une zone morte et dégrade les proximités qui donnent au centre-ville une part de sa qualité. Ceci ne fait pas obstacle, au contraire, à ce que des jeux de volumes, et notamment des enfilades et des places hautes de plafond, combattent la sensation de confinement, et bien enten-

du la climatisation et l'éclairage doivent être conçus avec le même souci.

5) Au total l'opération de rénovation des Halles est une action de la puissance publique, liée à la création au centre de Paris de la gare centrale d'un Réseau Express Régional de transports en commun, et qui vise à intégrer à cet endroit dans une structure d'accueil répondant à toutes les nécessités engendrées par les conditions de vie actuelle des locaux où puissent s'exercer les activités d'un centre-ville ; il est à souhaiter que conformément à notre attente une vie urbaine intense vienne habiter ces structures et qu'elle se répande alentour pour perpétuer la tradition de ce très vieux quartier de Paris.

Rue intérieure. (Vasconi et Penereac'h, Architectes).



# R. E. R. lignes A et B la station « Châtelet - les Halles »

par J.-F. BOUGARD

*Ingénieur Civil des Ponts et Chaussées,  
Ingénieur en Chef à la direction des travaux neufs de la R.A.T.P.*



Vue générale du chantier.

## Préambule

La réalisation de la station « Châtelet-Les Halles » du R.E.R. et de l'ensemble des accès et intercommunications qui y est associé constitue une tâche complexe, tenant compte des besoins en transport de la région parisienne à court terme comme à plus longue échéance et soumise à de multiples contraintes résultant de son intégration dans le périmètre de rénovation des Halles.

En effet, à la fin de 1971, la ville de Paris a passé avec la S.E.M.A.H. (Société Anonyme d'Economie Mixte d'Aménagement, de Rénovation et de

Restauration du Secteur des Halles) une convention de concession pour la réalisation de deux secteurs d'aménagement concertés l'un à l'Est situé à l'emplacement du plateau Beaubourg et des îlots d'habitation voisins, l'autre à l'Ouest situé à l'emplacement des pavillons de Baltard et des îlots d'habitation voisins.

La R.A.T.P. s'insère dans la Z.A.C. Ouest, Secteur Forum, en ce qui concerne essentiellement la station « Châtelet - Les Halles » du R.E.R. et la nouvelle station « Les Halles » de la ligne n° 4 du métro.

Les études de l'ouvrage ferroviaire ont été engagées dès 1967, mais n'ont pu réellement se développer qu'à partir de 1971, lorsqu'il a été possible d'arrêter, les grandes orien-

tations du projet d'interconnexion R.A.T.P. - S.N.C.F. et le programme d'aménagement de la zone rénovée. Une conception globale s'est alors dégagée, mais la mise au point du projet a nécessité de très longs travaux.

En effet, tout d'abord il fallait assurer à court terme pour la fin de l'année 1977 la mise en service du tronçon central du R.E.R. et du prolongement de la ligne de Sceaux à Châtelet, ainsi que les moyens d'accès et de liaison avec les stations existantes des lignes n° 1, 4, 7 et 11 du métro.

L'objectif à moyen terme consistait à réaliser l'interconnexion des voies ferrées R.A.T.P.-S.N.C.F. et à donner à l'ouvrage ses fonctions définitives lui permettant d'accueillir les trains

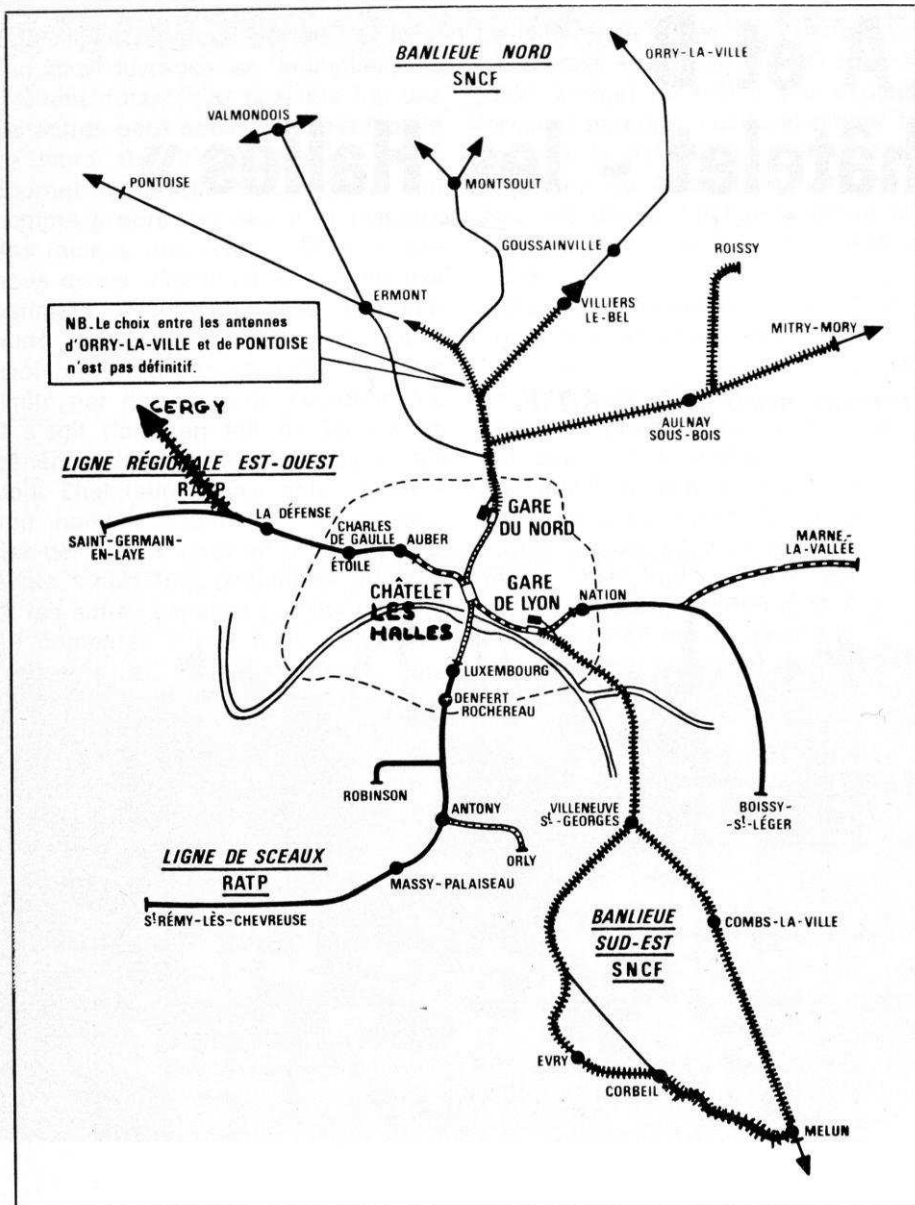


Fig. n° 1. — Schéma d'interconnexion des réseaux R.A.T.P.-S.N.C.F.

S.N.C.F. empruntant le tronç commun formé par les tunnels du R.E.R. (fig. 1 et 2).

En outre, ces programmes devaient être compatibles avec les dispositions du schéma proposé par l'Atelier Parisien d'Urbanisme, qui avait pour mission de dégager les surfaces et volumes souterrains du programme d'aménagement et à en définir la vocation.

L'ampleur de cette réalisation, les contraintes qui s'y attachaient représentaient une somme de difficultés importante que seule une coordination étroite entre les équipes de la R.A.T.P., de la S.E.M.A.H. et de la S.N.C.F. a permis de surmonter lors de l'élaboration, du lancement et de

l'exécution de cette œuvre exceptionnelle d'aménagement urbain.

## Le projet définitif

L'opération « Châtelet - Les Halles » du R.E.R. est conçue afin d'accueillir : (fig. 3-1, 3-2, 3-3)

- 1) Une station de la ligne A du R.E.R.
- 2) Une station de la ligne B, prolongée dans un premier temps de « Luxembourg » à « Châtelet - Les Halles », puis de « Châtelet - Les Halles » à « Gare du Nord », en correspondance « quai à quai » avec la précédente pour les flux les plus importants.

3) Une possibilité de 2 quais centraux de transit pour les trains S.N.C.F. reliant par l'intermédiaire des ouvrages du R.E.R. les réseaux banlieue S.N.C.F. Nord et Sud-Est.

Les échanges de voyageurs entre les trois lignes à grand gabarit se réalisent dans le volume central de l'opération, comportant un premier niveau (300 m × 80 m) constitué de 7 voies et de 4 quais, surmonté par un niveau supérieur utilisé comme salle d'échanges sur un hectare et demi.

Les liaisons avec le métro sont assurées :

a) par des liaisons très courtes avec la ligne n° 4, dont la station « Les Halles » a été légèrement translaturée pour tenir compte des impératifs de l'opération de rénovation

b) par une antenne équipée de trois trottoirs roulants et se dirigeant de la salle d'échanges vers les accès aux lignes n° 1, 7, 11 situés plus au sud sous la rue de Rivoli.

## L'environnement du projet : l'opération de rénovation des Halles

Le développement de l'opération de rénovation a permis à la R.A.T.P. de prévoir la réalisation de la plupart de ses ouvrages à ciel ouvert. Toutefois la superposition de deux opérations complexes a comporté un certain nombre de contraintes parfois délicates à surmonter (coïncidence des trames de structures, contraintes géotechniques et hydrogéologiques, obstacles divers).

Le parti et le programme du secteur Ouest de l'opération des Halles où s'insère l'ouvrage de la R.A.T.P. se définissent rapidement comme suit : à — 22 m sous le niveau du sol actuel, le R.E.R. ; à — 17,40 m, les échanges de voyageurs du R.E.R., des parkings et surfaces commerciales ; à — 13,60 m, des rues et des places publiques, des surfaces commerciales et culturelles, des parkings ; à — 8,10 m, la voirie automobile, des surfaces commerciales et culturelles, la déviation de la ligne n° 4 ; à — 3 m et — 4 m des surfaces commerciales ou la terre du jardin ; puis les superstructures.



## Traitement hydrogéologique des fondations RATP - SEMAH

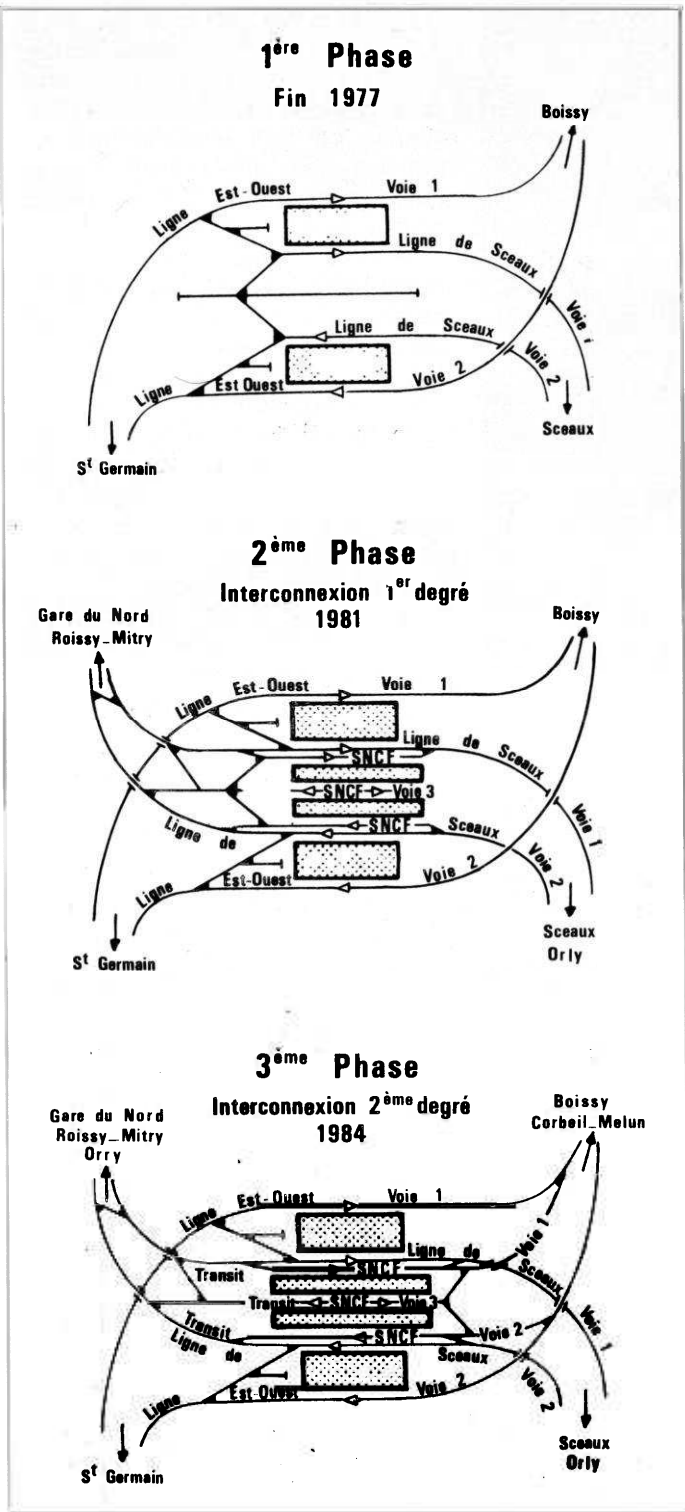


Fig. n° 2. — Schéma des phases d'exploitation de la station « Châtelet »

Les fondations des ouvrages ferroviaires s'établissent à la cote (9,50) NGF environ sur le banc du calcaire grossier.

Les ouvrages S.E.M.A.H. prennent place au-dessus de la gare et de part et d'autre, où ils sont fondés à la cote (17,00) NGF environ sur le banc des marnes et caillasses.

Si le régime des nappes hors de l'emprise de l'opération ne pouvait être perturbé, par exemple par un rabattement général et permanent, il fallait néanmoins créer dans cette emprise les conditions de stabilité des ouvrages à l'égard des poussées ordinaires ou exceptionnelles de la nappe.

Compte tenu de la hauteur maximale de la nappe phréatique des marnes calcaires (27,00) NGF, le poids des ouvrages seuls (2 à 7 t/m<sup>2</sup> suivant les zones) ne suffisait pas pour résister aux sous-pressions maximales. Il a donc été décidé d'utiliser le banc du calcaire grossier comme lest à la base des fondations. La condition de stabilité des ouvrages a été définie ainsi, en tout point de l'emprise et à tout niveau du calcaire grossier, la pression de l'eau doit rester inférieure au poids des éléments qui surmontent ce niveau, à savoir : le poids du calcaire et le poids des constructions.

En dehors des crues exceptionnelles, cette condition est satisfaite dans l'ensemble des ouvrages, à l'exclusion de la gare R.A.T.P.

Pour plafonner les hauteurs piézométriques, tant dans le banc de calcaire grossier que sous le radier en béton armé, un réseau de drainage général qui doit être en permanence en charge a été prévu.

En outre, afin de limiter les venues d'eaux horizontales sur le pourtour de la fouille et leurs conséquences sur les constructions voisines, une enceinte étanche associée aux parois de soutènement a été réalisée sur tout le périmètre de rénovation soit 1 200 ml.

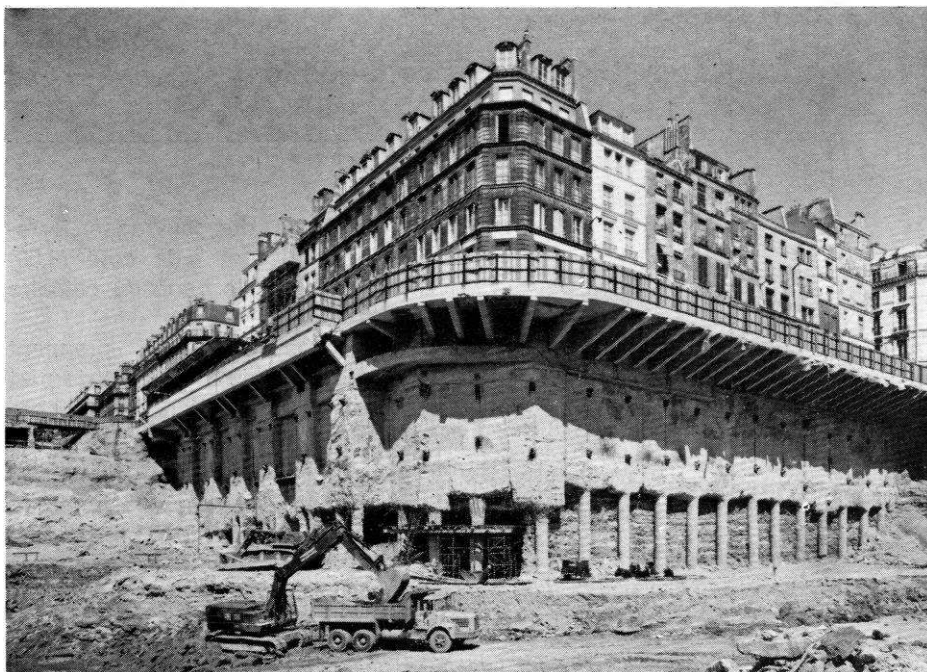


Fig. n° 4. — Station Châtelet-Les Halles. Parois montées et terrassement. (Photo Billerach).

Par ailleurs, les sables du cuisien qui sont situés sous le calcaire grossier contiennent une nappe distincte de celle régnant dans ceux-ci, et dans laquelle la cote piézométrique était originellement moins élevée le banc du calcaire grossier a été reconnu comme ayant une faible perméabilité verticale à la base et de ce fait a été mis à profit pour réaliser son drainage général évoqué ci-dessus.

Cependant, le pendage de la base du calcaire grossier fait que la moitié Sud des ouvrages ferroviaires entaille profondément ce banc et le poids des ouvrages projetés ajouté à celui du calcaire subsistant dessous ne suffit pas à équilibrer la sous-pression due à une montée de la nappe du cuisien ; en conséquence, un écrêtement des niveaux piézométriques de cet horizon géologique sera effectué en période de crues, d'abord par déversement gravitaire des têtes de

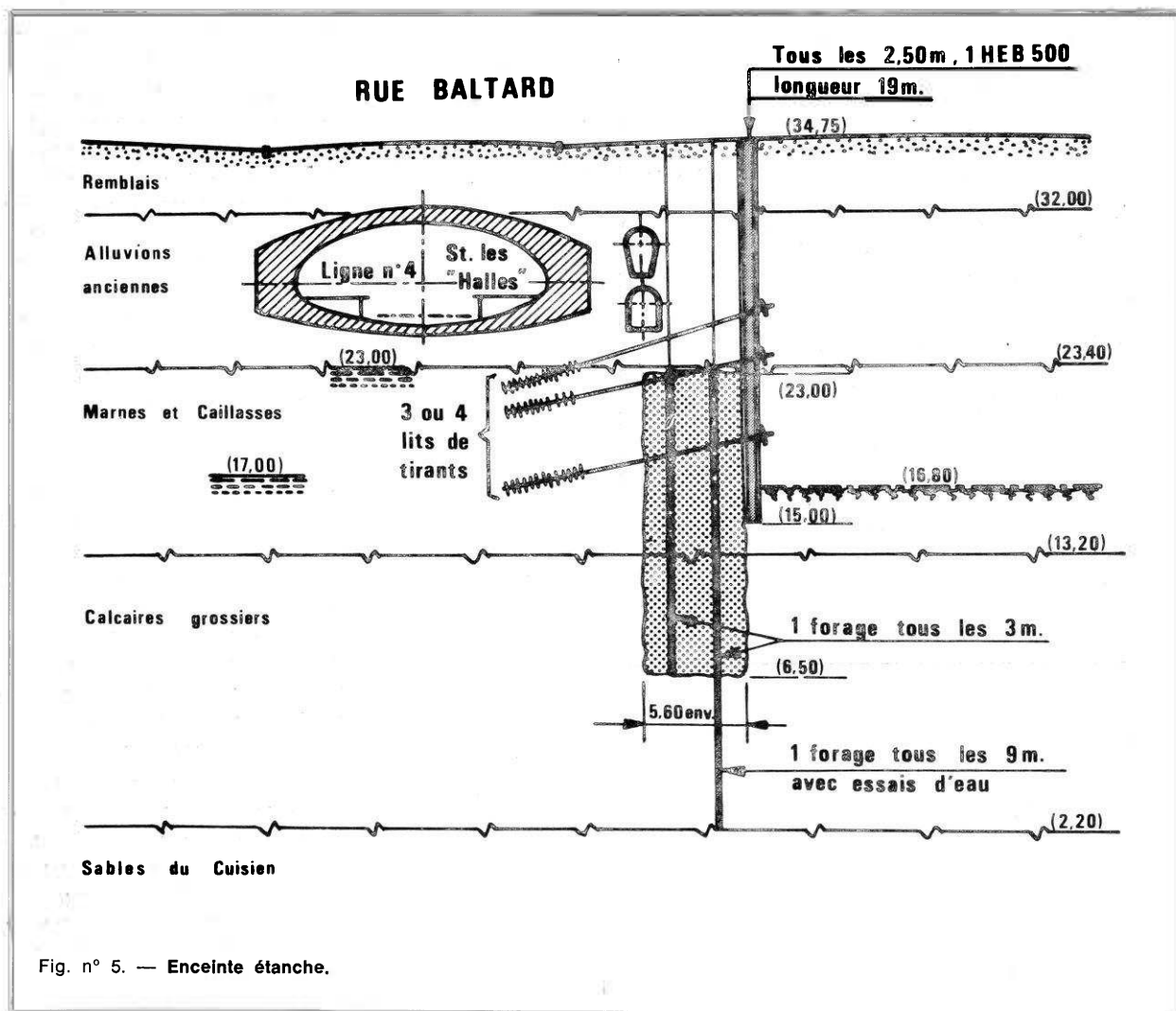


Fig. n° 5. — Enceinte étanche.

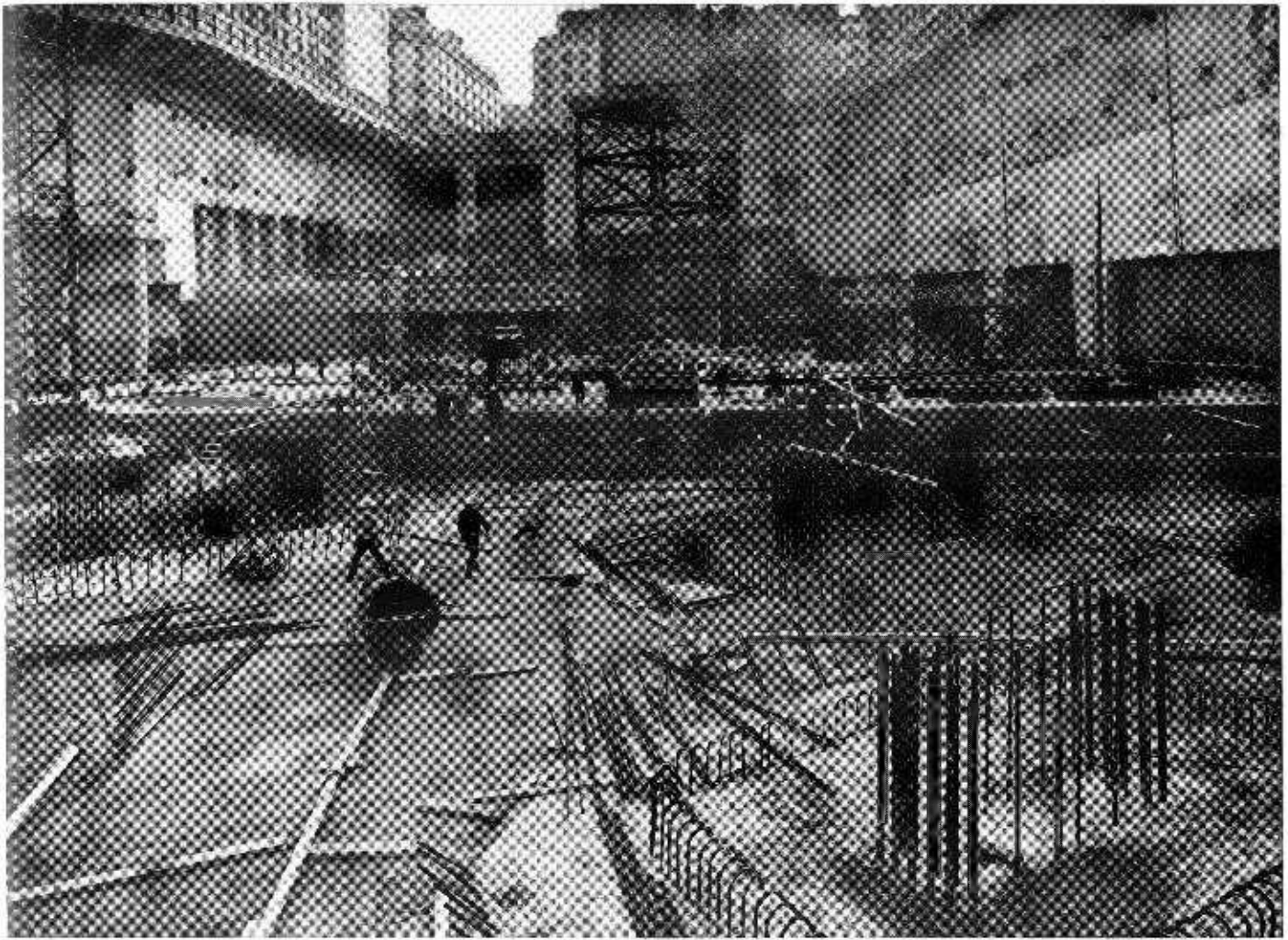


Fig. n° 6. — Ferrailage de plot de radier.

puits arasées à la cote adéquate, puis, pour des crues exceptionnelles, par mise en œuvre de pompages.

### Les parois de soutènement

Les parois de la fouille générale sont décrites ci-après dans l'article sur les ouvrages S.E.M.A.H. ; la fouille propre à la station R.E.R., sous le niveau 17,50, est entièrement creusée dans des terrains rocheux, avec des talus verticaux contre lesquels les parois définitives ont été construites en façon traditionnelle (fig. 4 et 5).

### Les terrassements généraux

Les terrassements généraux de la

fouille (1 100 000 m<sup>3</sup>) ont été exécutés en deux lots, l'un de maîtrise d'œuvre S.E.M.A.H., l'autre de maîtrise d'œuvre R.A.T.P.

Les diverses phases des terrassements généraux ont été conditionnées par la libération des terrains : démolition et démontage des pavillons Baltard, démolition des îlots d'habitation.

### L'exécution des structures de la station « Châtelet - Les Halles »

Sous l'ouvrage un réseau de drainage est installé. Toutefois, le radier protégé par une étanchéité constituée de feuilles de butyl, est prévu pour

résister à une partie des sous-pressions de la nappe phréatique.

Les fondations ont été réalisées par des semelles isolées ou filantes sous les poteaux et par un radier de 1 m d'épaisseur (fig. 6).

Les appuis verticaux de la station sont constitués de poteaux et de voiles disposés suivant une trame de 16,80 m dans le sens longitudinal et de 11,31 m dans le sens transversal (fig. 7 et 8).

La dalle du plancher de la salle des échanges comporte des poutres principales, des poutrelles et un hourdis en béton armé traditionnel coulé en place. Au passage des joints de dilatation, les poutres et les poutrelles reposent sur des corbeaux par l'intermédiaire de plots en néoprène.





Fig. n° 7. — Vue d'ensemble du chantier le 21 avril 1975.

Fig. n° 8. — Vue d'ensemble du chantier.

### Quelques chiffres concernant les ouvrages RATP

Périmètre de l'enceinte étanche et des parois de soutènement . . . . .	1 200 ml
Cube de terrassement ..	220 000 m <sup>3</sup>
Surface de plancher ..	62 000 m <sup>2</sup>
Cube de béton . . . . .	65 000 m <sup>3</sup>
Coffrage . . . . .	95 000 m <sup>2</sup>
Acier haute adhérence ..	5 500 t
Délai du gros œuvre . . .	20 mois



# R. E. R. ligne A l'ouvrage commun R.A.T.P. - S.N.C.F. de la gare de Lyon à Paris

par L. LUPIAC

*Directeur des travaux neufs à la R.A.T.P.*

et J. ALIAS

*Directeur de l'Équipement à la S.N.C.F.*

L'ensemble des ouvrages réalisés à la gare de Lyon pour la ligne A du R.E.R. et la banlieue Sud-Est de la S.N.C.F. constitue un ensemble particulièrement complexe dont la réalisation s'étend sur une dizaine d'années.

Il résulte de la conjonction de deux décisions importantes :

- le passage du R.E.R. par la Gare de Lyon, jusque là desservie par une seule ligne de métro
- la création d'une nouvelle gare S.N.C.F. de banlieue, nécessitée par une augmentation régulière du trafic; cette gare dessert 2 des 5 villes nouvelles de la région parisienne. Parallèlement, la liaison ferroviaire à très grande vitesse avec l'augmentation du trafic à longue distance dès 1981, conduit à une transformation de l'organisation de la gare.

## Le choix d'une solution commune

A la suite des études entreprises de décembre 1970 à avril 1971 par un groupe de travail constitué à la demande des pouvoirs publics, une décision ministérielle entérina le choix d'une solution prévoyant un ouvrage commun R.A.T.P.-S.N.C.F., avec quai à quai le plus large possible, une seule mezzanine de liaison et rapprochement de la ligne de métro n° 5 à détourner, via Gare de Lyon, entre

les stations « Gare d'Austerlitz » et « Bastille ».

Les groupes d'études communs R.A.T.P. - S.N.C.F. proposèrent un choix, ratifié par le Ministère des Transports, comportant : (fig. 1)

- un ouvrage principal, côté rue de Bercy de la gare S.N.C.F.,
- des accès et intercommunications,
- les raccordements, tant R.E.R. que S.N.C.F., faisant l'objet d'études séparées.

## L'ouvrage principal

La gare commune proprement dite comprend de bas en haut : (figure n° 2) = coupe en travers de l'ouvrage principal :

- le niveau du métro régional avec deux voies latérales et un large quai central,
- le niveau S.N.C.F. à quatre voies encadrant deux quais de 12,65 mètres, ce niveau a conditionné la largeur totale de l'ouvrage,
- la salle d'échange commune aux deux réseaux et assurant le transit de la totalité des voyageurs quelle que soit leur destination,
- le niveau technique commun aux deux entreprises,
- le niveau hall d'arrivée établi au niveau de la rue de Bercy, qui comprendra les services divers de la S.N.C.F. des arrêts de taxis et un terminal d'autobus,
- la couverture de l'ouvrage qui restituera le niveau de l'ancienne halle

Bercy ; avant la réalisation de l'opération immobilière, projetée à cet endroit, il sera principalement réservé à la circulation des piétons et au stationnement des autocars. Il permettra également d'agrandir le faisceau des voies de surface, par la création d'une nouvelle voie de grandes lignes (N), ce qui portera à 7 le nombre de voies incluses dans l'ouvrage.

Le profil en long montre que le niveau R.E.R. ne fait que 225 mètres de long et qu'il se prolonge par deux tunnels « cadres » en direction de Nation. Le niveau S.N.C.F. règne sur la totalité de l'ouvrage sur 315 mètres de longueur (figure n° 3).

Parallèlement à la mise au point du projet, une campagne de reconnaissance hydrogéologique a permis d'établir une coupe précise du terrain. Les terrains rencontrés sont les suivants :

- des alluvions modernes,
- des alluvions anciennes,
- des marnes et caillasses,
- des calcaires grossiers dans lesquels l'ouvrage est fondé,
- des sables du cuisien.

Les mesures piézométriques ont montré que la nappe est relativement stable autour de la cote 27 NGF. La crue maximale (type 1910) a été estimée à la cote 29 NGF.

La libération d'une vaste emprise rue de Bercy, le long de la gare grandes lignes a permis de réaliser l'ouvrage

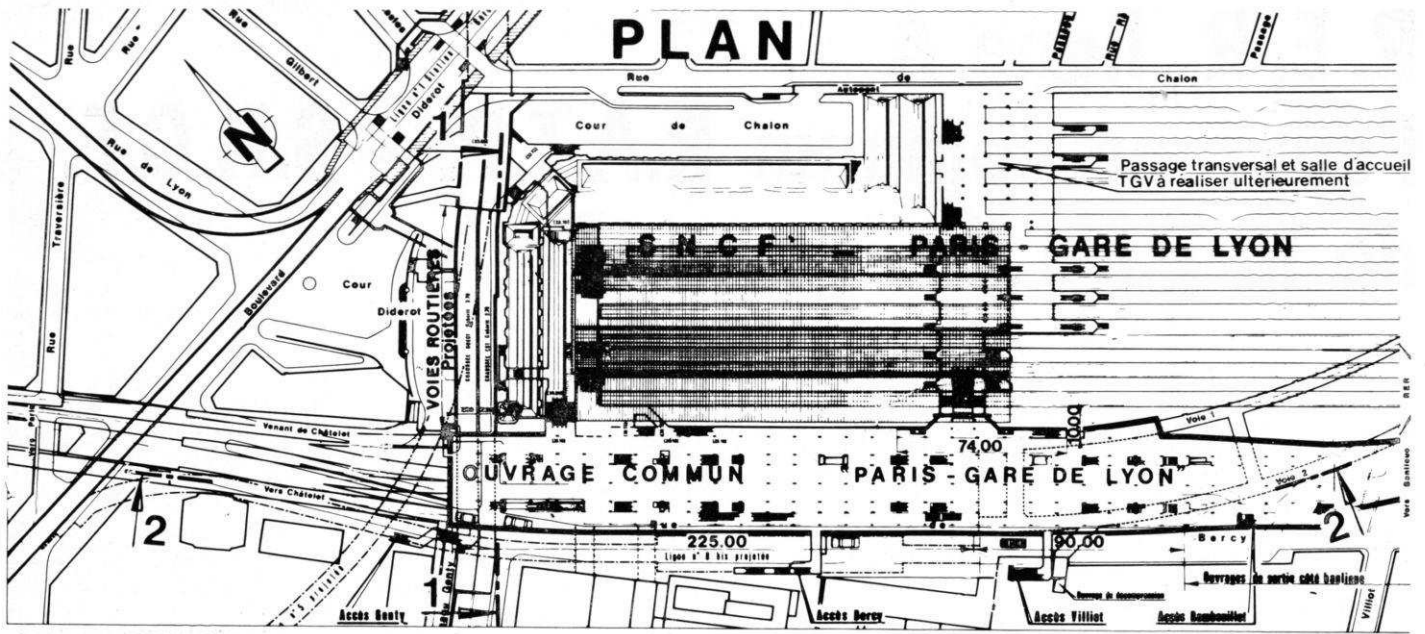
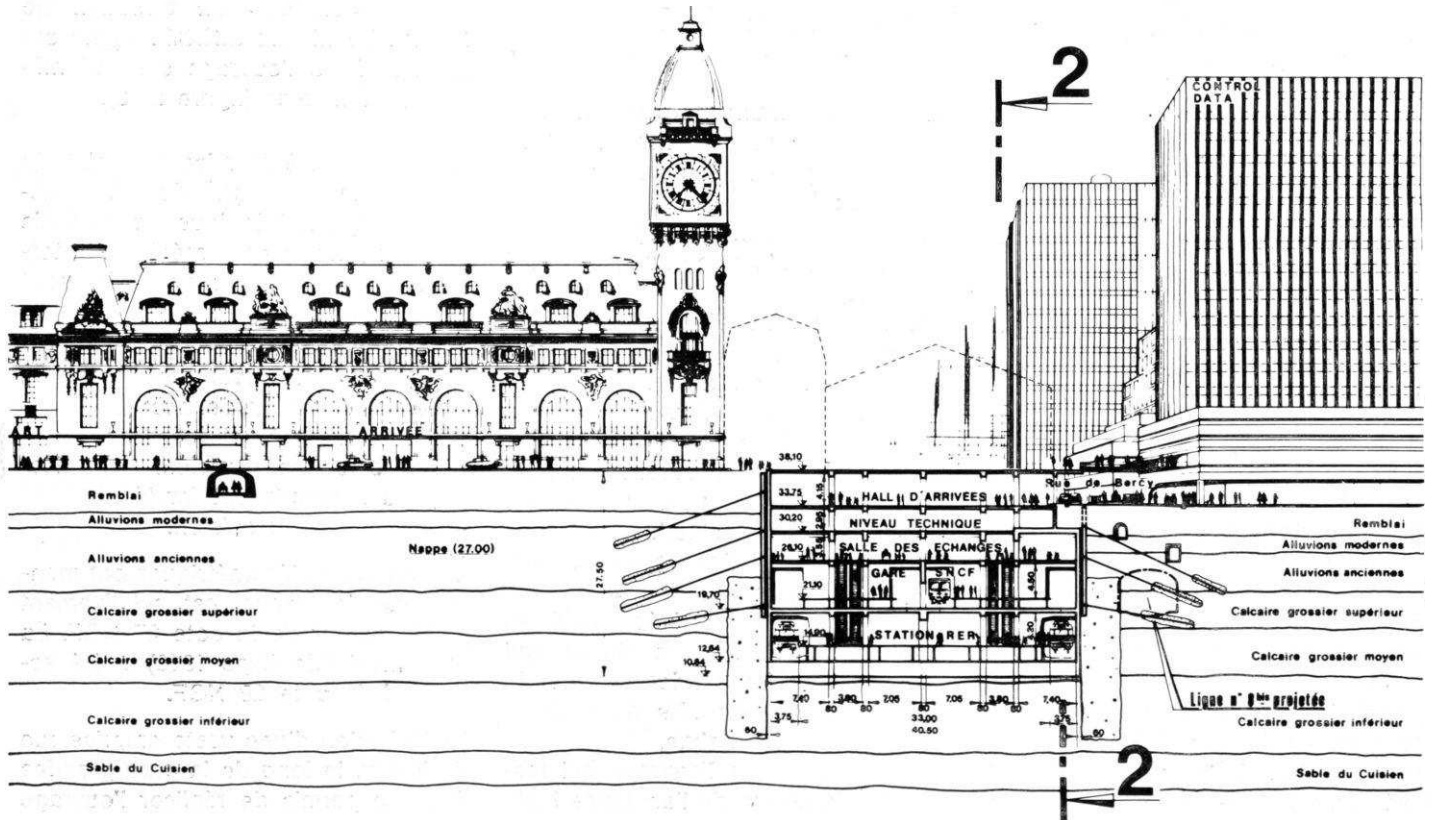


Fig. n° 1. — Plan de l'ouvrage commun R.A.T.P.-S.N.C.F. Paru gare de Lyon.

Fig. n° 2. — Coupe en travers de l'ouvrage principal.

# COUPE 1.1





## COUPE 2.2

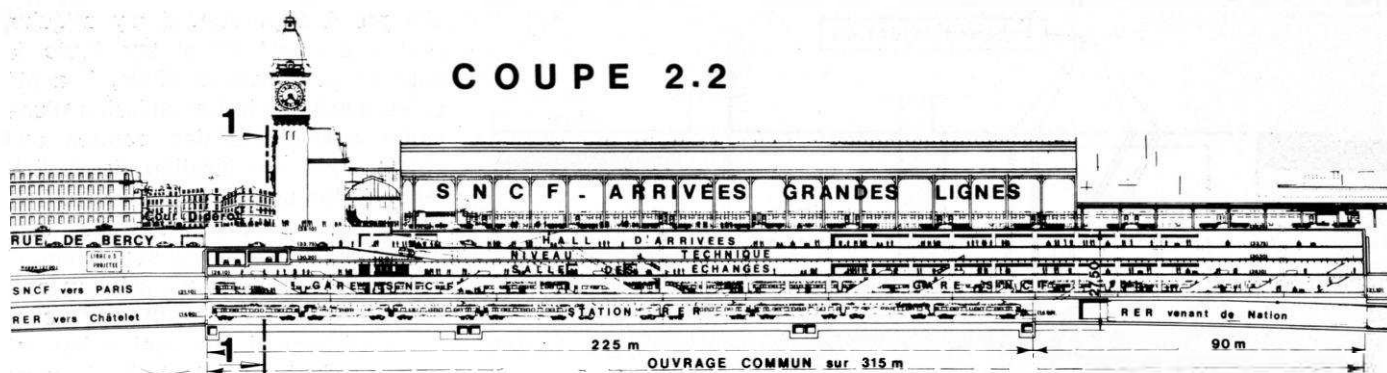


Fig. n° 3. — Profil en long de l'ouvrage principal.

à ciel ouvert. Les couches supérieures ont été terrassées à l'abri de parois moulées descendues jusqu'au sol. Le calcaire des couches inférieures a été traité depuis la surface au sol par des injections d'argile-ciment, de façon à créer autour de la fouille un écran étanche.

Au cours des terrassements, pour permettre une décompression de la nappe et éviter tous risques de soulèvement du fond de fouille, des puits verticaux de 0,30 m de diamètre ont été forés jusqu'aux sables du cuisien.

### Contrôle des ouvrages existants

Pendant toute la durée des travaux, les ouvrages environnants ont été surveillés et plus particulièrement la tour de l'Horloge :

La paroi moulée à l'extrémité Diderot est proche des fondations de la tour de l'Horloge dont le poids total a été estimé à 6 000 t. Ces fondations reposent à la cote 26,50 dans les alluvions anciennes. Afin de lui assurer une meilleure stabilité et d'éviter un mouvement vers la fouille, il a été procédé à un traitement de consolidation par injection de produits chimiques du massif d'alluvions situé entre la future paroi et la fondation, ce traitement étant conduit jusqu'au niveau du calcaire.

Afin de limiter encore les risques de mouvement de cet édifice, les panneaux de paroi moulés dont la largeur courante est de 5,20 m ont été limités à 2,40 m correspondant à la largeur hors tout de l'engin d'excavation (figure n° 4).

(Traitement par injections à proximité des fondations de la Tour de l'Horloge — photo 7705 N 159).

Enfin, au cours des diverses phases de travaux, il a été procédé aux mesures suivantes :

- contrôle de la verticalité de la Tour à l'aide de 3 clinomètres,
- mesure des variations de contrainte d'après cinq témoins sonores du type extensomètre,
- mesures directes des mouvements éventuels sur cinq repères disposés à la périphérie de la tour.

Les mouvements constatés ont été faibles et toujours très progressifs, de l'ordre de quelques millimètres. Aucun désordre n'est apparu dans l'édifice.

Des précautions similaires ont été prises pour assurer pendant les travaux la stabilité des fondations de la halle S.N.C.F. En effet, lors du pré-terrassement, on a constaté que ses fondations étaient constituées de moellons avec très peu de liant ; elles ont dû être consolidées par régénération au coulis de ciment.

Une fois l'enceinte étanche achevée, il restait à réaliser la structure en béton armé (figure n° 5). Cette partie des travaux reste traditionnelle, toutefois certaines particularités méritent d'être rapportées.

### La stabilisation du radier :

Le poids propre de l'ouvrage n'équilibre les sous-pressions que pour une montée de la nappe à la cote 25 NGF. La cote piézométrique maximale étant fixée à 29,00 NGF, il était né-

cessaire de prévoir un système susceptible d'assurer la stabilité de l'ouvrage en cas de crue exceptionnelle. Il a été choisi d'utiliser le réseau de puits de décompression mis en œuvre au cours de la phase de terrassement en équipant chaque puits d'un tube de 250 mm traversant le radier. Ces puits sont reliés à une canalisation et connectés en plusieurs réseaux. Chaque réseau est muni d'électrovannes équipées de pressostats permettant de mettre en service le réseau dès que la sous-pression atteint une valeur fixée à l'avance.

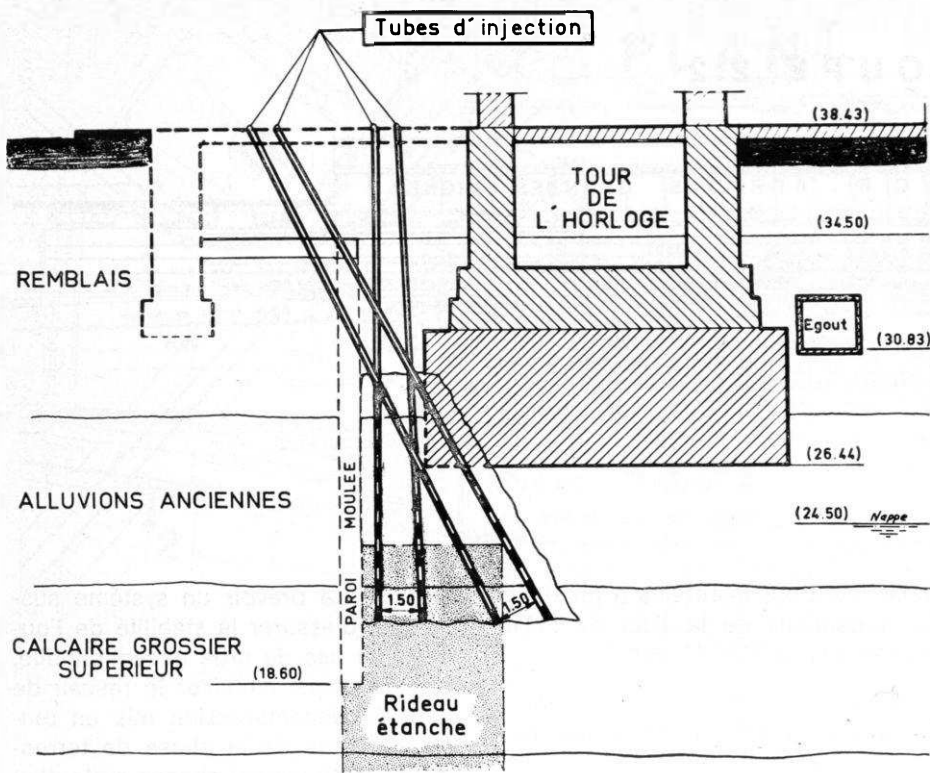
### L'étanchéité de l'ouvrage :

L'ensemble de la structure en béton armé de l'ouvrage est enveloppé jusqu'au niveau maximal de la nappe d'une étanchéité à base de feuilles de PVC de 27/10° d'épaisseur. Les divers lais de PVC sont assemblés sur place par soudure à l'air chaud.

### Les armatures de poteaux en profilés reconstitués soudés :

L'ouvrage doit être apte à reprendre les charges apportées par l'opération immobilière que la S.N.C.F. projette de réaliser ultérieurement en superstructure.

A cet effet, les poteaux doivent supporter et transmettre au radier des charges particulièrement importantes ; jusqu'à 4 000 t pour certains d'entre eux. Des considérations d'ordre économique et technique ont incité à choisir une solution en profilés reconstitués, soudés en H ou en I de section spécialement adaptés aux



**CALCAIRE GROSSIER MOYEN**

Fig. n° 4. — Gare de Lyon. Traitement par injections à proximité des fondations de la Tour de l'Horloge.

Fig. n° 5. — Ouvrage principal. Constitution des poteaux station, gare de Lyon.

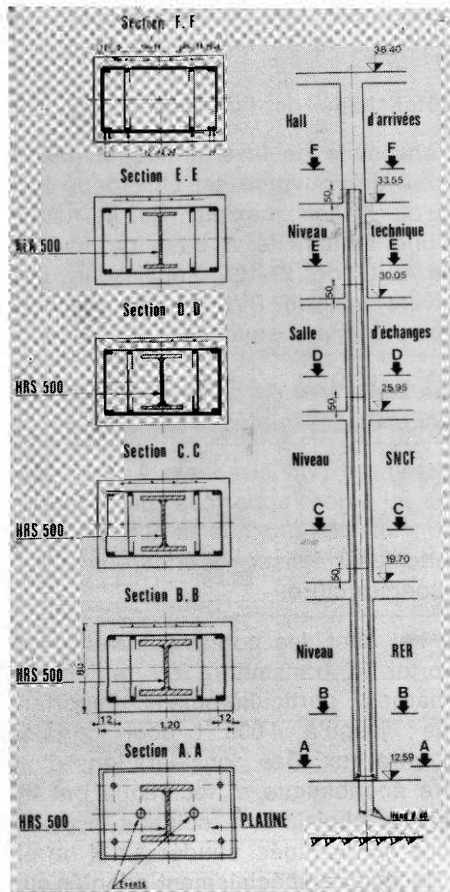


Fig. n° 6. — Ouvrage principal. Vue d'un poteau et de son profilé métallique.



charges à supporter. Il n'y a qu'un profilé par poteau et sur toute la hauteur de l'ouvrage. Enfin, il a été prévu d'assurer la transmission d'une partie des efforts des poutres aux poteaux par mobilisation de l'adhérence béton-profilés métalliques. Une vérification expérimentale du taux d'adhérence acier-béton sous charges dynamiques a été demandée au service d'étude des structures du centre expérimental de recherches et d'études du bâtiment et des travaux publics de St-Rémy-les-Chevreuse. Les essais ont été effectués sur des poteaux isolés et sur un portique à deux travées reproduisant à l'échelle 1/2,5 une partie de l'ossature à réaliser. Ils ont montré que le taux d'adhérence de 8 bars retenu pour le calcul de l'ouvrage permettait d'admettre un coefficient de sécurité de 2,5 (figures n° 5 et 6).

Sur le plan architectural et décoratif, le caractère de cet ouvrage a

été défini en tenant compte de la fonction des différents niveaux à équiper, ce qui a permis une alternance entre le béton nu et des matériaux de revêtement plus nobles. Ainsi, au niveau hall d'arrivée ouvert sur la rue de Bercy, les poteaux et les planchers épousent des formes en béton brut définies par l'architecte Arretche (figure n° 8). Aux niveaux R.E.R. et salles des Echanges, les plafonds sont en béton brut, en partie équipés de résilles dissimulant les gaines et tuyauteries ; les poteaux sont revêtus d'émaux de « briate » (figure n° 8). Les ouvrages comprennent 70.000 m<sup>2</sup> aménagés et comportent 60 escaliers mécaniques. L'équipement de l'ouvrage commun comprend une centrale de froid de 1.200.000 frigories et 3 centrales de ventilation et de discufermage.



Fig. n° 7. — Ouvrage principal vu de la rue de Bercy.

## Accès à l'ouvrage principal et intercommunications

L'ouvrage commun est desservi par plusieurs accès situés rue de Bercy, des deux côtés de celle-ci ; leur nombre, les emplacements et le débit ont été fixés en accord avec les services de sécurité de la ville. Par ailleurs, deux intercommunications, d'une part avec la ligne de métro n° 1, d'autre part avec la gare SNCF de surface ont été mises en service sur deux niveaux superposés sous la plate-forme frontale des voies de la gare principale, et sous le bâtiment en pan coupé à l'entrée de la cour Chalon ; elles constituent l'ouvrage de fond de gare, réalisé sous une zone en exploitation qui voit passer une circulation de voyageurs intense ; les travaux ont demandé par conséquent des modalités d'exécution particulières pour limiter la gêne imposée aux voyageurs.

### LES TRAVAUX PRELIMINAIRES

Ils ont débuté par une phase de travaux préliminaires destinés à dégager les emprises nécessaires. On peut citer le raccourcissement, variant de 5 à 20 m des voies « à lettres » situées devant le buffet, le creusement d'une galerie de câbles et le détournement de câbles, divers

relogements dans le sous-sol du bâtiment et en particulier le relais-toilettes...

### LA REALISATION DU GROS ŒUVRE

Les travaux proprement dits ont été conduits de trois manières différentes selon qu'ils concernaient la partie sous le bâtiment, celle sous la plate-forme, et celle côté Bercy. La partie d'ouvrage située sous le bâtiment a nécessité la reprise en sous-œuvre des maçonneries et charpentes métalliques constituant les fondations.

Tous les poteaux situés dans le passage des futurs couloirs ont dû être repris par des chevalements constitués soit par des poutres en béton armé soit par des poutrelles d'acier reposant sur des poteaux en béton armé dont les fondations s'appuient sur le banc calcaire.

La partie centrale, réalisée sous la totalité de la plate-forme devait être réalisée sans interrompre le passage des voyageurs entre le parvis et les trains.

A cet effet, les fondations de l'ouvrage réalisées avec poteaux sur semelles isolées, par l'intermédiaire de galeries et rameaux, ont comporté six phases successives, correspondant chacune au niveau de la plate-forme à des emprises de chantier partielles de surface plus réduite

lors des principales pointes du trafic des voyageurs.

La dalle supérieure réalisée, il a été procédé à l'achèvement de l'enlèvement des déblais et à la réalisation de la dalle intermédiaire du radier du niveau inférieur et des piédroits.

La partie côté Bercy constitue la liaison avec l'ouvrage commun ; elle est fondée sur le calcaire et a également comporté la reprise en sous-œuvre des trumeaux de la grande halle. Elle est établie en partie sous des voies de la gare de surface et a nécessité des structures plus profondes que les fondations existantes.

### LE ROLE DES DEUX NIVEAUX

Le niveau inférieur (— 2 par rapport à la gare SNCF grandes lignes, à la cote 30,50 NGF sert de galerie de correspondance entre la station RER et la ligne du métro urbaine n° 1 et, ultérieurement les lignes 5 (déviée) et 8 bis du métro. En situation définitive (1980), cette galerie de 115 m de long sera équipée de trottoirs roulants.

Une vaste salle souterraine, d'environ 85 m de long sur 20 m de large, établie au-dessus de la galerie se trouve au niveau de la voirie (cote 33,75) et met en communication l'extrémité côté Châtelet de l'ouvrage commun avec la gare SNCF grandes





Fig. n° 8. — Ouvrage principal. Vue au niveau des quais R.E.R. « Gare de Lyon ».

lignes à l'aide d'escaliers fixes et mécaniques, largement dimensionnés, pris sur la largeur de la salle et débouchant à proximité immédiate des quais. Le rôle de cette salle, actuellement transit entre la RATP d'une part et l'ensemble de la SNCF — grandes lignes et banlieue — d'autre part, sera évidemment réduit lorsque la banlieue SNCF sera reportée dans l'ouvrage commun ; la limitation de son rôle permettra d'absorber les hausses de trafic pendant une longue période.

### **Intercommunication vers le milieu de gare et la rue de Chalon**

Un autre accès devrait être réalisé en 1981, lors de la mise en service du train à très grande vitesse Paris Sud-Est ; il reliera la partie de la gare souterraine, côté province, aux voies grandes lignes.

Par un ouvrage de liaison, la salle d'échanges sera en effet en communication avec un passage souterrain situé au niveau voirie, entre la rue de Bercy et la rue de Chalon, et devant constituer l'axe principal de la

gare desservant les futures installations d'accueil grandes lignes ; long d'environ 140 m et large de 18 m, ce passage communiquera avec chaque quai par des escaliers fixes et mécaniques.

### **Raccordement de la gare souterraine SNCF aux voies de surface**

Les études de trafic ont démontré la nécessité de relier les 4 voies de la gare souterraine future aux deux voies affectées au service de banlieue (voies 1 bis et 2 bis) et aux deux voies marchandises (voies 1M et 2M) en raison de la cadence des trains comportant des trains directs et des trains omnibus.

A l'origine du projet, il avait été envisagé de longs raccords en tunnel, avec des rampes ne dépassant pas 25 mm par mètre ; les études ultérieures concernant le matériel futur (d'un type commun RATP-SNCF) ont montré la possibilité de disposer de rames automotrices puissantes ; de ce fait, il a été retenu une réalisation plus économique sous l'angle du gros œuvre, comportant le raccordement aux voies de surface

avant même le boulevard de Bercy, la longueur des tunnels étant réduite d'environ les deux tiers ; par contre les déclivités maximales atteignent 35 mm/m dans le sens de la montée et 40 mm/m dans le sens de la descente ; le cube excavé, en fouille ouverte, sera d'environ 200 000 m<sup>3</sup>.

Un ensemble de traversées jonctions croisées permettra de relier chacune des voies de surface à chacune des voies souterraines, tout en autorisant, en cas d'incident, la réception des trains de banlieue en surface, comme actuellement.

Le gros œuvre correspondant a été décomposé en 4 lots principaux, dont 2 contigus englobent la partie comprise entre l'extrémité des 315 mètres côté Lyon de l'ouvrage commun et l'émergence des voies, le troisième les nouveaux ponts sur le boulevard de Bercy, le quatrième le remaniement des voies de lavage.

### **La sortie des voies de la gare souterraine**

La partie inférieure, sur 175 m depuis le tympan Sud-Est de l'ouvrage commun, correspond à la partie si-

tuée de part et d'autre de la rue de Rambouillet et passe au-dessus de l'une des voies RER ; établie en rampe de 30 mm/m, sa largeur varie d'environ 40 m (au point bas) à environ 22 m (à sa partie la plus haute) ; sa réalisation, dans des conditions analogues à celles de l'ouvrage commun (injections, parois moulées) a dû être entreprise de manière à ne jamais interrompre complètement la circulation rue de Rambouillet ; elle est déjà très avancée.

La partie supérieure qui vient de commencer en début d'année 1978, comporte le dédoublement des deux paires de voies jusqu'à la surface, avec un saut de mouton souterrain ; elle entraîne la reconstruction de quatre ponts à tabliers en poutrelles enrobées sur les voies de dépôt. Au nord, l'ouvrage est constitué par un cadre en béton armé, les piédroits constitués par des parois moulées intégrées à la structure. Selon les tronçons, un ou deux voiles verticaux supportent la dalle de couverture ; cet ouvrage se sépare en trois parties principales en se rapprochant du niveau supérieur :

- un souterrain construit en béton armé à ciel ouvert, donnant passage à une voie,
- une trémie en rampe, construite également à ciel ouvert, en béton semi-armé et donnant passage à deux voies,
- un souterrain analogue au premier et passant sous la trémie centrale.

L'ensemble implique un remaniement très important des dispositions de voies, signalisation et caténaires entraînant de nombreuses phases de travaux, aussi le planning de réalisation de la partie supérieure ne comporte-t-il pas moins de 881 jours pour le gros-œuvre.

---

## Les ponts sur le boulevard de Bercy

---

Il existe deux ponts sur le boulevard de Bercy, l'un côté Seine, livrant passage à quatre voies, l'autre côté place Félix-Eboué pour huit voies. Le pont côté Seine, dit pont des voies M, a dû être entièrement remanié pour permettre à la fois de limiter

le plus possible les rampes, de permettre l'accès tant à la gare de surface qu'à la gare souterraine et de disposer de la longueur maximale pour les voies de remisage ; à cet effet l'ancien pont métallique à travées séparées a dû être démoli.

L'autre pont, servant au passage des voies « rapides », « bis » et « de lavage » a été élargi pour permettre le passage des deux voies supplémentaires de raccordement.

Les deux nouveaux ouvrages (poutrelles enrobées) très biais sur le boulevard de Bercy, sont en cours de réalisation.

---

## Le remaniement des voies de lavage

---

Nécessité par le passage d'une voie supplémentaire sous le saut de mouton des voies de lavage il a entraîné le prolongement de celui-ci, le ripage de diverses voies et divers travaux corrélatifs dans une zone où la circulation des trains est intense, posant ainsi de délicats problèmes pour l'arrivée et le départ des convois.

---

## Conséquences de ces remaniements

---

Il n'est possible dans le cadre de cet article que d'énumérer les conséquences les plus importantes :

- des suppressions d'installations : hangars, faisceau de remisage, sablerie distribuant le sable aux locomotives, sous-station, poste d'aiguillage (poste 3),
- des remaniements de voies divers, de signalisation, d'installations de traction électrique...,
- des constructions d'installations nouvelles — en plus de celles énumérées plus haut — nouvelle sous-station électrique alimentée en 63 KV, nouveau faisceau de remisage à Bercy-Conflans, poste d'aiguillage PRS de la gare souterraine, plantation d'un nombre d'arbres bien supérieur à celui existant antérieurement...,

- des mesures particulières pour éviter une asphyxie partielle de la gare, au premier rang desquelles des installations de dégagement dans le cadre de la gare autos-couchettes créée à Paris-Bercy.

L'ensemble de ces travaux, y compris de second œuvre a été programmé de manière à permettre la mise en service de la gare souterraine de banlieue SNCF en 1980.

Il est complété par d'autres remaniements, extérieurs à la gare, qui intéressent :

- la voirie publique. Ce sont : la création d'un passage routier sous le parvis de la gare et dont les parties extrêmes ont été réalisées conjointement avec la mise en service du RER ; l'élargissement de la rue de Bercy au droit de la gare souterraine ; des modifications de sens de circulation boulevard Diderot et dans les rues entourant la gare,
- le réseau d'autobus de la RATP. Les terminus d'autobus situés sur le parvis de la gare sont reportés rue de Bercy,
- un projet d'opération immobilière au-dessus de l'ouvrage commun,
- un remaniement de l'îlot Chalon, en liaison avec la ville.

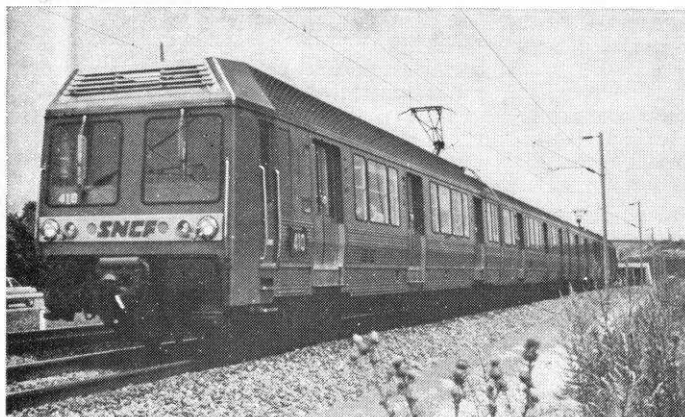
---

## Raccordement au RER Interconnexion

---

L'interconnexion entre les voies RER et SNCF entre Châtelet et gare de Lyon n'interviendra qu'au cours d'une phase ultérieure, prévue vers 1984-85 ; le raccordement des 4 voies SNCF aux tunnels RER, en exploitation, s'effectuera par deux groupes de souterrains d'environ 400 m de longueur.

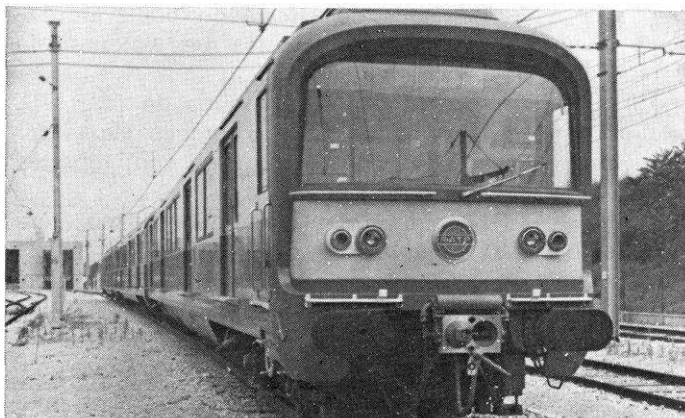
# des réalisations alsthom pour les grandes métropoles



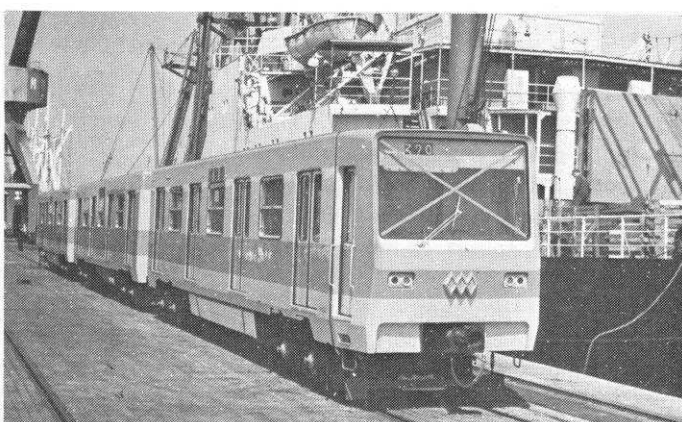
Roissy-Rail



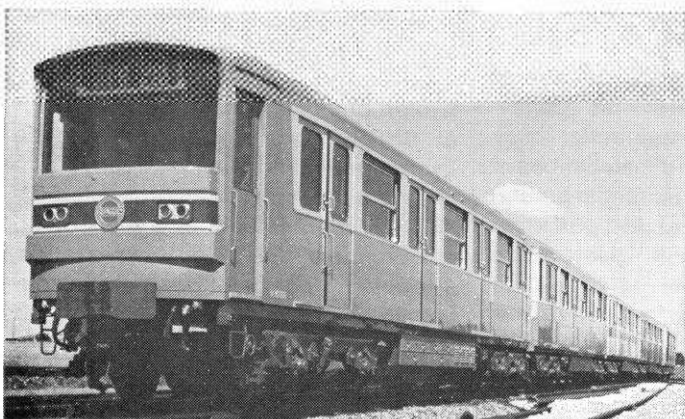
Métro de Mexico



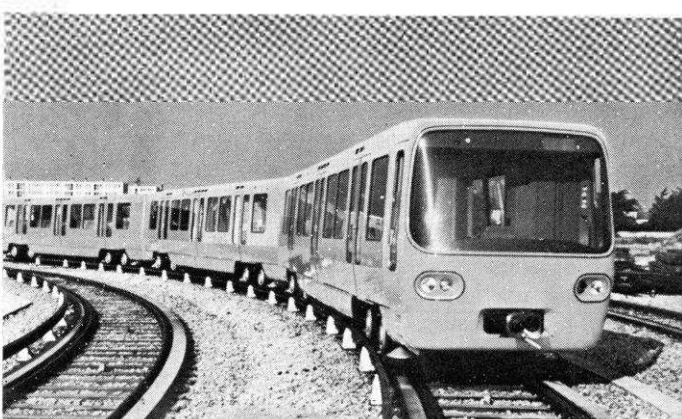
Réseau - Express-Régional



Métro de Santiago



Métro de Paris



Métro de Lyon

**ALSTHOM-ATLANTIQUE**  
1<sup>er</sup> constructeur ferroviaire européen



# R. E. R., ligne A

## tronçon central : auber - nation

par L. LUPIAC

*Ingénieur des Arts et Manufactures,  
Directeur des travaux neufs à la R.A.T.P.,  
Président de l'A.F.T.E.S.*

et P. SIMONPIETRI

*Ancien élève de l'École Polytechnique,  
Ingénieur général à la R.A.T.P.,  
Adjoint au directeur des travaux neufs.*

Le tronçon central de la ligne A du Réseau Express Régional (R.E.R.), mis en service fin 1977, a permis d'assurer la jonction des deux tronçons de cette ligne exploitée à l'est entre Nation et Boissy-Saint-Léger depuis 1969 et à l'ouest entre Auber et Saint-Germain-en-Laye depuis 1972. Les ouvrages du tronçon central s'étendent sur une longueur de 5,5 km environ entre les tunnels d'arrière-gare d'« Auber » et de « Nation ».

Le tracé, déterminé par les jonctions à assurer aux deux extrémités et la position des deux gares « Châtelet-Les Halles » et « Gare de Lyon », comporte des courbes limitées à 400 mètres de rayon. Il se développe le plus souvent en tréfonds d'immeubles, souvent vétustes, dans un tissu urbain dense entraînant de nombreuses contraintes (fig. 1).

D'une façon générale, les formations géologiques intéressées sont constituées de marnes et caillasses reposant sur un banc calcaire et baignant largement dans la nappe phréatique. La zone la plus favorable se situe entre « Gare de Lyon » et « Châtelet-Les Halles » où les deux tunnels à une voie ont pu s'inscrire dans le banc calcaire et la zone la plus défavorable à proximité de « Nation » où les deux tunnels ont dû être calés dans les sables de Bauchamp.

Le profil en long a été imposé par le niveau des deux extrémités et des gares « Châtelet - Les Halles » et « Gare de Lyon ». Il a pu être infléchi en certains points pour bénéficier de meilleures conditions géologiques, ainsi qu'au passage de certains points singuliers (canal Saint-Martin, par exemple). En général, le radier se situe à 25 m environ au-dessous du sol, la charge d'eau variant entre 10 et 15 m.

Divers ouvrages annexes ont été établis le long du tracé en vue d'assurer l'évacuation des eaux d'infiltration et la ventilation.

De plus, aux abords de la gare « Châtelet - Les Halles » deux cheminées de décompression et deux rameaux faisant communiquer les différents tunnels ont été établis afin de réduire l'effet « piston » engendré par la circulation des trains qui, après étude sur modèle réduit, était apparu comme susceptible de provoquer en certains points de la gare (gainés d'escaliers mécaniques par exemple) des courants d'air gênants.

---

### Section « Auber - Châtelet »

---

Les ouvrages de cette section, lon-

gue de 950 m, comprennent un tunnel à deux voies de 8,70 m d'ouverture sur 490 m, puis deux tunnels à une voie de 5,70 m d'ouverture sur 460 m. Au départ de la Bourse, le profil s'infléchit légèrement jusqu'à la rue Léopold-Bellan, d'abord dans les calcaires grossiers, avec une faible couverture, puis en partie dans les marnes et caillasses. A partir de la rue Léopold-Bellan, le profil remonte jusqu'à la gare de « Châtelet - Les Halles » dans les marnes et caillasses.

Le tracé se développant en tréfonds d'immeubles et pour la plus grande partie dans les marnes et caillasses, il a été nécessaire de faire précéder le terrassement des tunnels par une campagne d'injections en vue de consolider les terrains et de les étancher.

Dans la première partie, correspondant au tunnel à deux voies, ces travaux préparatoires ont pu être exécutés à partir d'une galerie de reconnaissance. Cette dernière avait été exécutée au moyen d'une machine à forer de 3 m de diamètre afin de tester et mettre au point cette méthode de forage mécanique dans un site géologique comparable en vue de son utilisation entre « Châtelet - Les Halles » et « Gare de Lyon ».

Pour les tunnels à une voie, les injections ont été exécutées soit à l'avant-

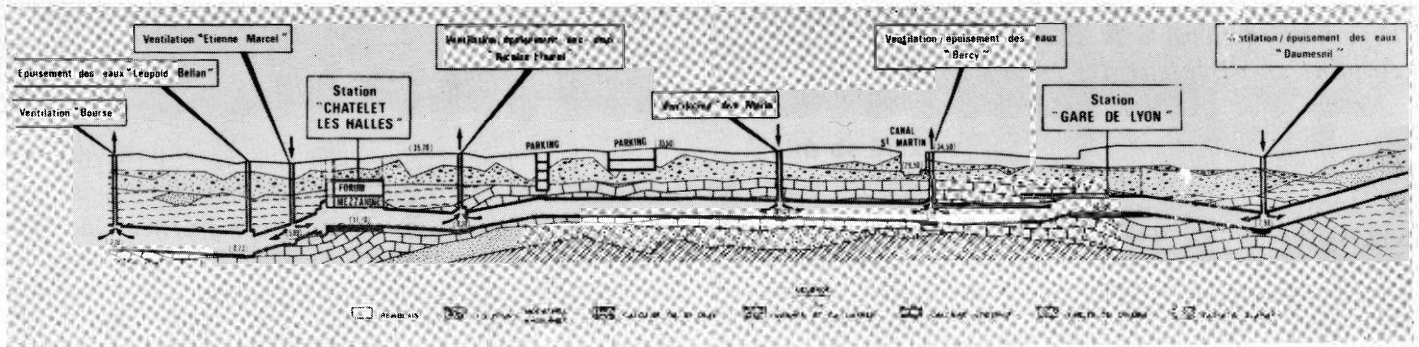
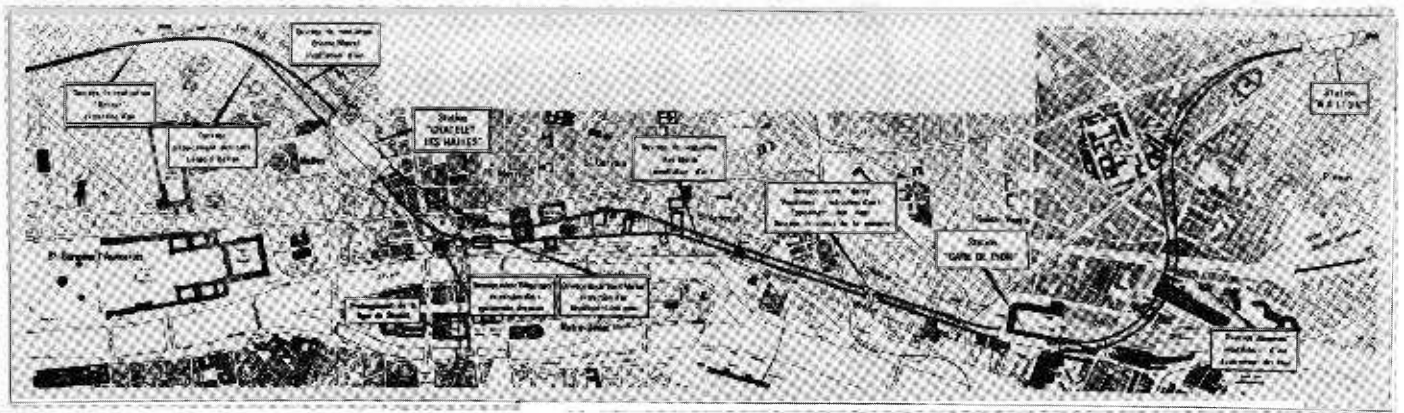


Fig. n° 1. — Plan et profil en long.

cement à partir du front de taille, soit, dans les zones où cela était possible, à partir du sol afin d'assurer une meilleure continuité du chantier de terrassement.

Pour l'exécution de la voûte des tunnels, le soutènement et la recompression des terrains supérieurs étaient assurés au moyen de deux cintres métalliques lourds munis de deux vérins repliables pour en permettre la manutention. Le terrassement était exécuté au moyen d'un engin mécanique à attaque ponctuelle (Alpine). Le revêtement était bétonné sur des coffrages articulés. Il était ensuite procédé aux reprises en sous-cœuvre des piédroits et aux injections de blocage du revêtement au terrain (fig. 2).

## Section « Châtelet - Les Halles Gare de Lyon »

Le tracé en plan de cette section se développe sur une longueur de 2 600 mètres. Les tunnels sont situés en

presque totalité sous des immeubles vétustes ou à proximité d'édifices classés.

La géologie présente sur ce tracé une configuration exceptionnelle à Paris sous la forme d'un banc calcaire résistant, continu, sensiblement horizontal et d'une épaisseur relativement régulière (12 à 15 m), suffisante pour que deux souterrains ferroviaires à une voie (diamètre extérieur 7 m) y soient inscrits en totalité.

Le profil en long a été adapté à la géologie : une remontée à la sortie de la gare de « Châtelet - Les Halles », puis un point bas au franchissement du canal Saint-Martin (environ 26 m au-dessous du niveau du sol), puis une légère remontée pour atteindre le niveau inférieur de la gare souterraine « Gare de Lyon ». La qualité du site géologique et la longueur importante du tracé constituant deux facteurs favorables à l'utilisation d'une machine à forer, la solution comportant deux tunnels à voie unique de 6,30 m de diamètre intérieur s'est donc imposée. Le tun-

nelier employé (Robbins) était du type machine rotative pleine section à grippers. D'un diamètre de 7 m et d'une longueur de 16,50 m, il pesait 270 t (fig. 3).

La tête de forage était constituée par un plateau circulaire plein portant des molettes et tournant autour de son axe horizontal à la vitesse de 3,7 tours/minute (fig. 4).

La machine permettait de placer à court intervalle en arrière du front de taille des cintres reposant, par l'intermédiaire de vérins, sur des éléments de radier préfabriqués, supportant également le chemin de roulement de la machine.

Entre les cintres, généralement espacés d'un mètre, le terrain était soutenu par des plaques en tôle nervurée, abandonnées lors de la pose du revêtement, alors que les cintres étaient normalement récupérés

Le bétonnage du revêtement était assuré indépendamment, en arrière de la machine par longueur de 20 m, en utilisant des coffrages dont la manutention avait été largement mécanisée. Le béton était amené à par-



Fig. n° 2. — Tunnel de 8,70 m d'ouverture

(Photo Saint-Bernard)

tir de forages verticaux établis depuis la surface tous les 300 à 400 m environ (fig. 5).

Les contraintes auxquelles se sont trouvés soumis les chantiers des gares de « Châtelet - Les Halles » et de « Gare de Lyon » n'ont pas permis d'organiser le lancement de la machine à l'une des extrémités du tracé. L'ouvrage de départ a donc été implanté en un point intermédiaire, situé en bordure du canal Saint-Martin, de sorte que chacun des deux tunnels a dû être foré en deux tronçons successifs, ce qui a entraîné quatre mises en position de la machine.

Malgré les diverses sujétions du site et l'obligation de ramener la machine à la base de départ pour chaque attaque d'un nouveau tronçon, le chantier s'est déroulé de façon très satisfaisante. Le forage des 5,1 km de tunnel à une voie s'est achevé 20 mois après la mise en route de la machine à forer. Les avancements moyens journaliers, par attaque, ont été compris entre 11,50 et 22,50 mètres/jour, le meilleur résultat atteignant 37 m/jour.

La précision obtenue par le guidage (rayon laser) a été remarquable puisque la cible d'arrivée a été atteinte avec moins d'un centimètre d'écart. Enfin, les répercussions en surface du creusement des tunnels ont été pratiquement nulles (fig. 6).

## Section « Gare de Lyon - Nation »

La décision de constituer un ouvrage commun R.A.T.P. - S.N.C.F. à « Gare de Lyon », à l'emplacement de l'ancienne halle « Bercy » de la S.N.C.F., a imposé, pour le raccordement avec le tunnel d'arrière-gare existant déjà à Nation, un tracé avec courbes et contre-courbes et un passage sous le faisceau des voies de la S.N.C.F. Cette section comporte deux tunnels à une voie de 5,70 m d'ouverture et d'environ 1 525 m de long, qui se rejoignent à l'entrée du tunnel à deux voies existant côté « Nation ».

Le banc de calcaire qui règne au niveau de « Gare de Lyon » remonte légèrement jusqu'au droit de l'avenue

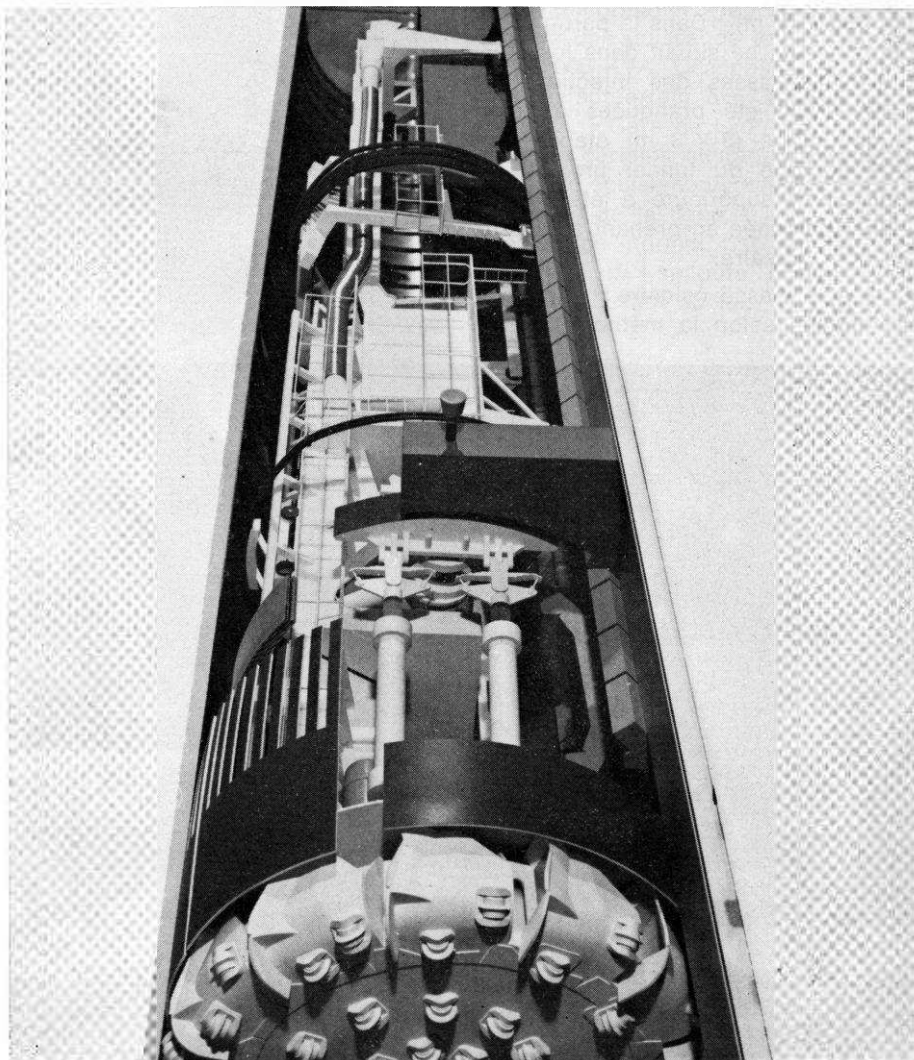


Fig. n° 3. — Maquette de la machine à forer.



Daumesnil, puis plonge à nouveau. Il est dominé par des marnes et caillasses, surmontées elles-mêmes, vers la fin du tracé, par les sables de Beauchamp.

Le profil en long s'infléchit au débouché de la Gare de Lyon, sur 700 mètres environ, jusqu'au boulevard Daumesnil, afin de bénéficier au maximum de la présence du banc calcaire dans lequel les tunnels s'inscrivent, sauf dans la partie ouest où les clés de voûte sont établies dans les marnes et caillasses.

Ensuite, il remonte jusqu'à l'entrée du tunnel à deux voies formant arrière-gare de la station « Nation ». En sortant du banc calcaire, il traverse les marnes et caillasses, puis les sables de Beauchamp.

La diversité des sites géologiques faisant pressentir l'emploi de méthodes d'exécutions variées, cette section a été divisée en 3 lots.

**Lot 18a** (726 m) : Dans la partie où la clé de voûte se situait dans les marnes et caillasses des injections en auréole ont été pratiquées à partir d'une galerie (3 x 3 m) établie suivant la base du tunnel projeté. La demi-voûte supérieure a été terrassée et bétonnée en prenant appui sur la table calcaire.

En pleine masse calcaire, l'attaque a été menée selon la méthode classi-

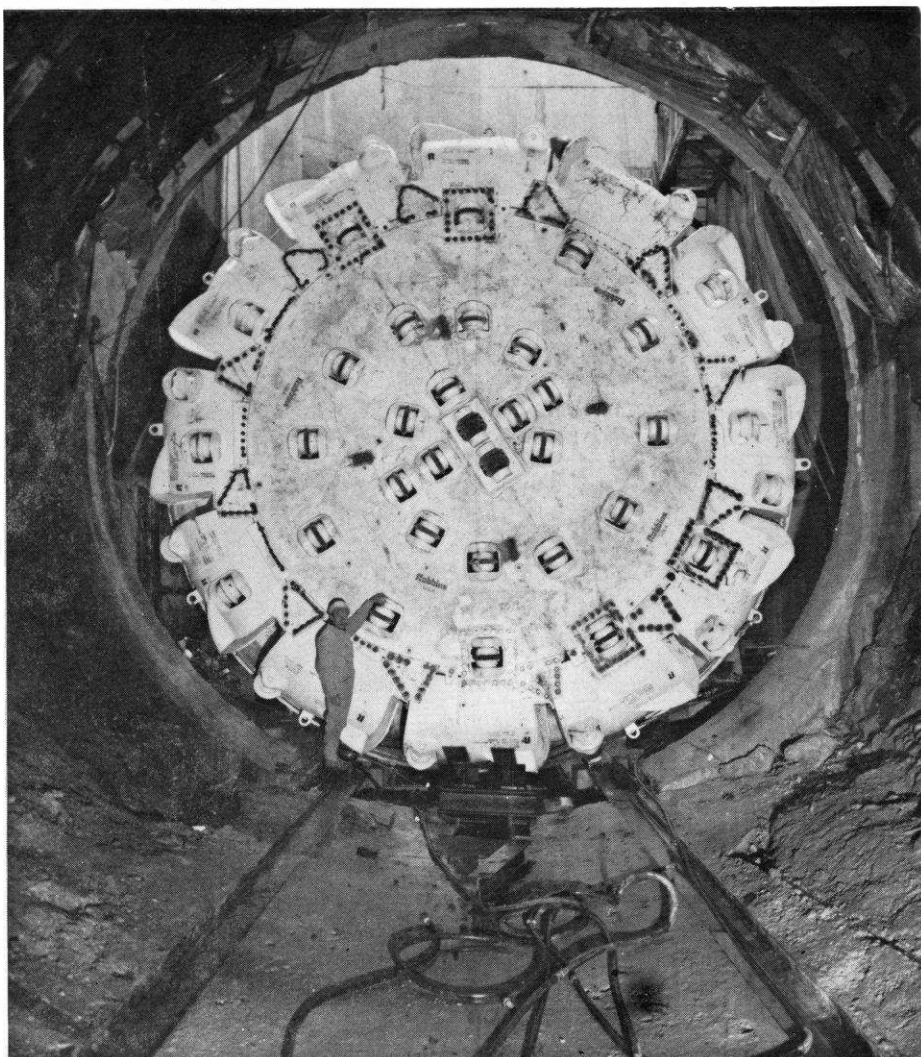


Fig. n° 4. — Machine à forer. Tête de forage.



Fig. n° 5. — Tunnel terminé.

que, sans traitement de sol, les terrassements étant exécutés au moyen d'un engin mécanique (Alpine) (fig. 7).

Le revêtement du tunnel a été bétonné par anneaux de 5 m, exécutés par demi-section, l'étanchéité entre anneaux étant réalisée au moyen d'un joint de caoutchouc et par des injections de résine.

**Lot 18b** (576 m) : Dans les marnes et caillasses des injections en auréole ont été pratiquées à l'avancement par passes de 20 m environ de longueur pour la partie supérieure, puis, pour la partie basse, à partir de la demi-section inférieure (fig. 8).

Dans les sables de Beauchamp, l'attaque a été menée en demi-section supérieure en blindant le toit au front de taille et en faisant suivre de très près le bétonnage du revêtement, la demi-section supérieure étant élargie avec « patte d'éléphant » (fig. 9).



Fig. n° 6. — Arrivée de la machine à forer dans la fouille Le Châtelet - Les Halles.

**Lot 18 c (220 m) :** L'environnement géologique très défavorable dans cette partie et la proximité des fondations d'immeubles ont nécessité des mesures de sécurité particulières.

L'excavation a donc été menée, sur la majeure partie du lot, à l'abri d'un « parapluie » constitué par 20 tubes en acier de 192 mm de diamètre et de 20 mm d'épaisseur, espacés de 0,50 m entre axes, foncés par rotation à la limite de l'extrados de la voûte à partir de chambres de travail. Les tubes étaient constitués d'éléments de 1,35 m se vissant les uns dans les autres pour constituer une couverture de protection de 30 m de longueur.

Le bétonnage de la voûte a suivi de très près le terrassement (1,60 m en règle générale), exécuté par des méthodes manuelles, les méthodes mécanisées n'ayant pas donné les résultats escomptés.

## Equipement

La réalisation du tronçon central de la ligne A dont les ouvrages de génie civil viennent d'être décrits, a comporté par ailleurs l'installation d'équipements importants.

## Courant de traction

Les trains sont alimentés par caténaire en courant continu 1 500 V fourni par trois postes de redressement de 3 000 KW dont deux sont situés à « Châtelet - Les Halles » et un à « Gare de Lyon ». Ces postes sont alimentés en moyenne tension (15 KV) à partir des postes haute tension de la R.A.T.P. qui reçoivent eux-mêmes leur énergie du réseau E.D.F. en 63 KV ou 225 KV.

Le contrôle de la distribution du courant de traction est assuré par des postes de commande traction (PCT). La mise en service du tronçon central de la ligne A a nécessité la création d'un PCT à « Châtelet - Les Halles » et la modification de celui d'« Etoile ».

## Eclairage-force

Le tronçon Auber-Nation est alimenté par trois artères éclairage-force et par une artère force avec 12 postes de transformation représentant ensemble une puissance totale installée de 20 000 KVA. Ces postes sont établis en souterrain à « Châtelet - Les Halles », « Gare de Lyon » et à proximité de certains ouvrages de ventilation et d'épuisement construits sur le parcours de la ligne.

L'éclairage normal est doublé d'un éclairage de secours alimenté par câbles résistant au feu.

## Epuisement

Indépendamment des gares de « Châtelet - Les Halles » et de « Gare de Lyon », la section Auber - Nation comporte cinq ouvrages d'épuisement des eaux d'infiltration : Léopold-Bellan, Nicolas-Flamel, Sébastopol, Jules-César-Bercy, Rambouillet. Chacun d'eux est équipé de deux groupes électropompes submersibles (dont un en secours) de 110 à 200 m<sup>3</sup>/h.

Par mesure de sécurité, chaque ouvrage est doté d'une double alimentation électrique fournie par deux transformateurs différents.

## Ventilation

En tunnel la ventilation est réalisée grâce à des ouvrages d'insufflation et d'extraction répartis alternativement le long de la ligne.

Ce sont, pour le tronçon central de la ligne A, les ouvrages Bourse,



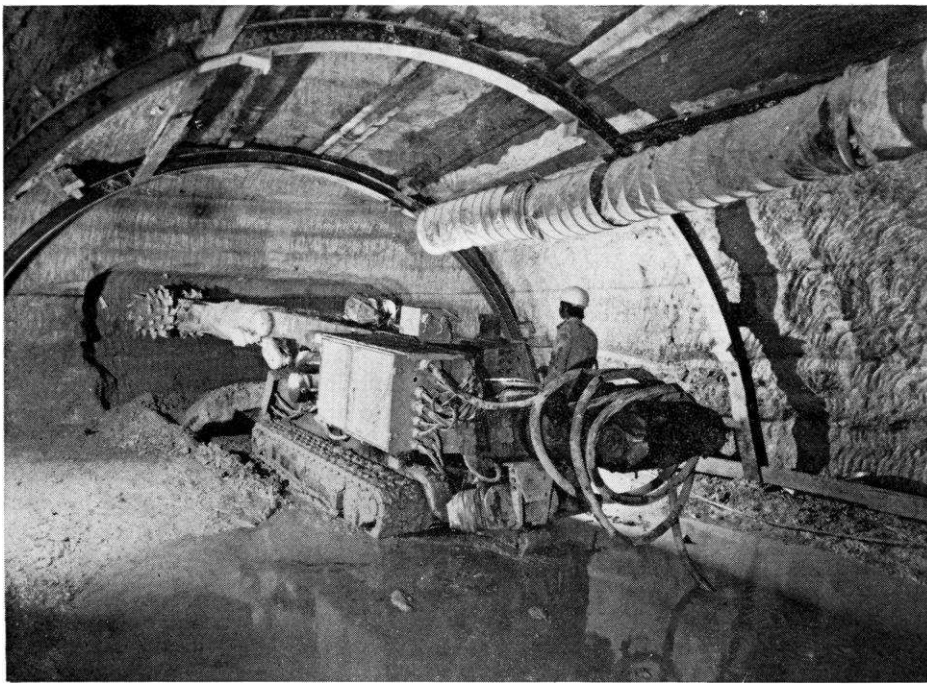


Fig. n° 7. — Terrassement mécanisé (Alpine).

Etienne-Marcel, Nicolas-Flamel, Sébastopol, Ave-Maria, Bercy, Rambouillet et Gonnet. Leur équipement est généralement constitué de deux ventilateurs de 90 m<sup>3</sup>/s chacun.

La prise d'air des ouvrages d'insufflation est située au meilleur emplacement possible (par exemple : en terrasse pour l'ouvrage d'insufflation d'air d'Ave-Maria).

A noter que les puits correspondants, avant d'être équipés, ont été utilisés pour le service des chantiers de construction des tunnels.

### Signalisation

La signalisation est du type classique à circuits de voie, avec répétition des signaux dans les cabines de conduite des trains.

### Poste de commande centralisée

Le poste de commande centralisée (PCC) de Vincennes, qui était déjà partiellement en service, a dû être remanié et complété afin de prendre en charge l'ensemble de la ligne A. Son rôle essentiel est d'assurer la fluidité optimale des trains.

Il comporte un tableau optique (TCO) faisant apparaître, sur une représentation schématique de la ligne, toutes les indications nécessaires à l'information des chefs de régulation (alimentation en courant de traction, positionnement des aiguilles, position

son par téléphone avec les gares et les trains.

Dans les gares principales des postes de manœuvre locale équipés également d'un TCO permettent d'assurer la continuité du service en cas exceptionnel de défaillance des liaisons de commande du PCC.

### Télécommunications

Les télécommunications comportent un nombre important de circuits et de systèmes.

Les liaisons entre le PCC, les gares et les postes de commande traction de la ligne sont assurées par téléphone et télescripteurs de type normal.

Les liaisons entre le PCC et les cabines de conduite des trains, équipées de haut-parleurs, font appel à la téléphonie haute fréquence en utilisant la caténaire.

des trains avec leur identification, alarmes...).

En situation normale un calculateur travaillant en temps réel assure les fonctions de commande automatique : itinéraires, affichage de destination dans les gares, ordres de garage, dégarage et départ des trains. En situation perturbée des pupitres permettent aux chefs de régulation d'intervenir, par télécommande des appareils de voie, de l'alimentation en courant de traction, etc... en liai-

La télétransmission des ordres émanant de la commande centralisée automatique du PCC est assurée par deux calculateurs, qui prennent en compte : la gestion du TCO, les alarmes, la visualisation des numéros des trains et de leur position en ligne. Ce système de télétransmission relie le PCC aux gares principales, les gares « satellites » étant elles-mêmes reliées à la gare principale la plus proche.

Les systèmes adoptés et les matériels

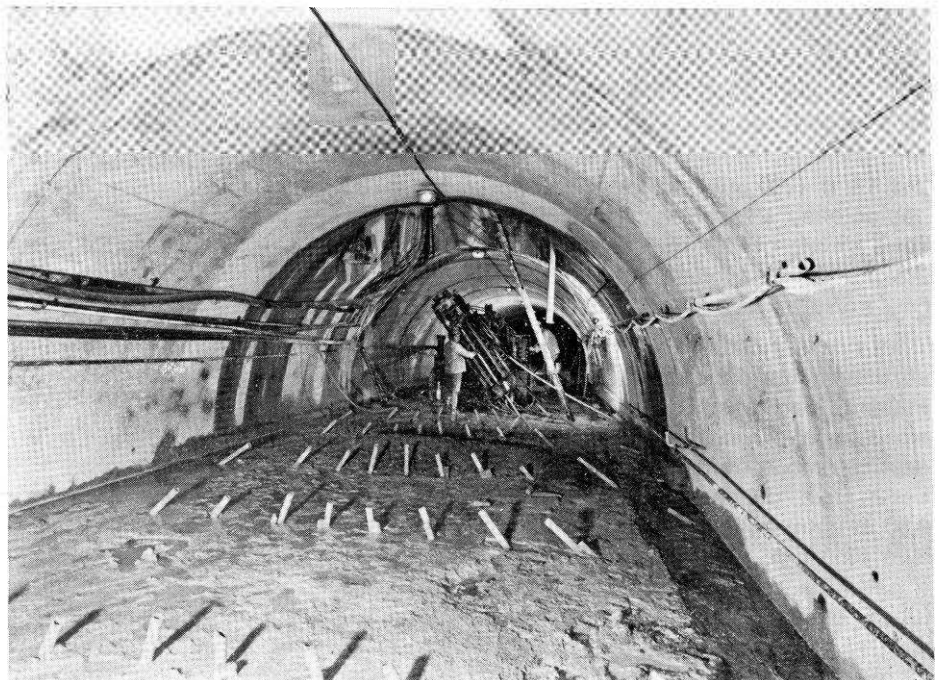


Fig. n° 8. — Traitement de la demi-section inférieure.



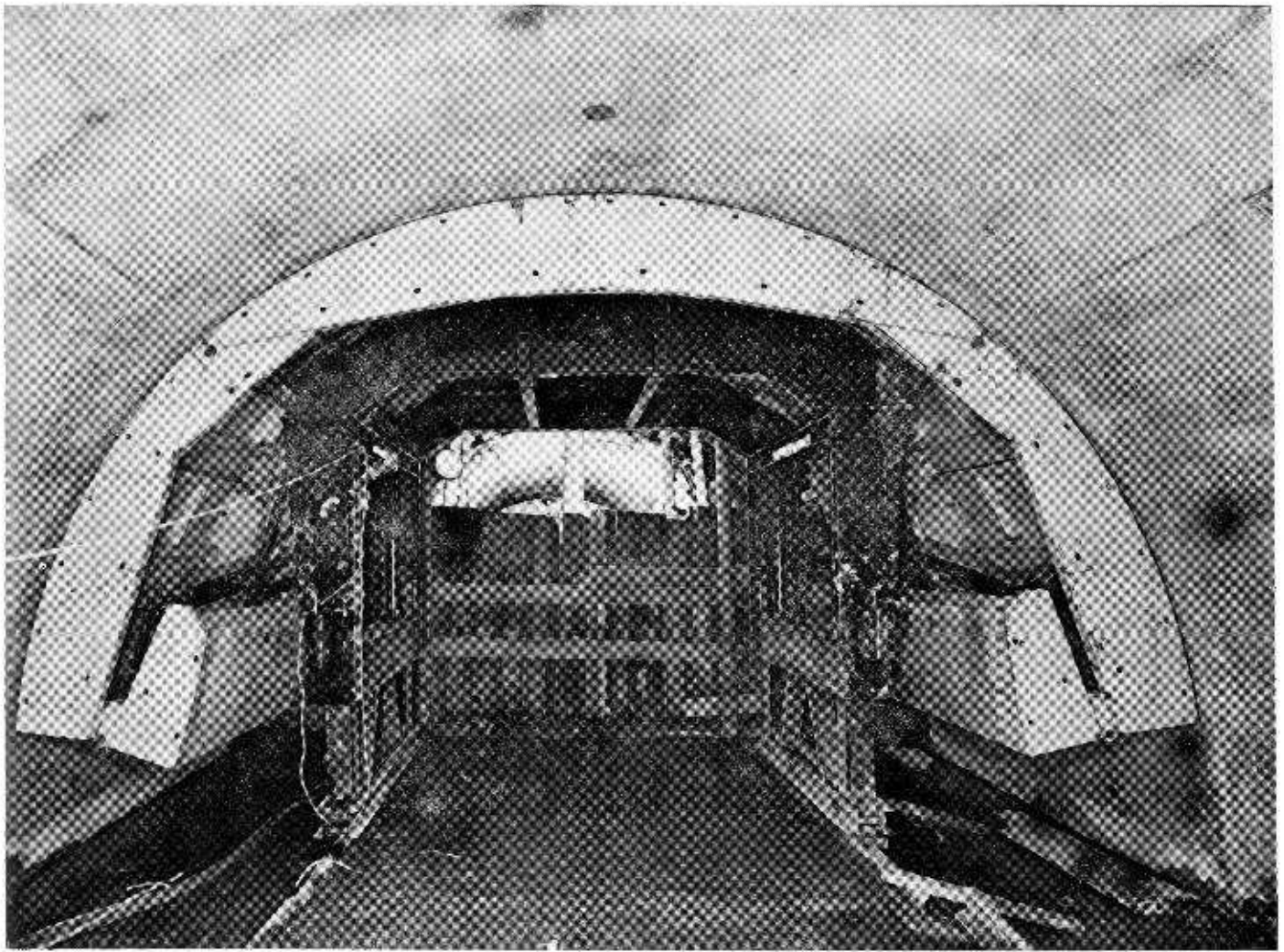


Fig. n° 9. — Lot 18 b. Bétonnage de la voûte.

installés permettent, grâce à leur très grande fiabilité, d'assurer la circulation des trains dans les meilleures conditions de régularité et de sécurité.

#### Voie

La voie est équipée de rails lourds (60 kg), en barres longues, fixés élastiquement sur des traverses bi-bloc en béton armé scellées dans une plate-forme bétonnée, avec interposition de chaussons élastiques. Cette technique a permis d'assurer un niveau élevé de confort et de réduire les nuisances apportées à l'environnement. De plus la précision de la pose et la stabilité de ce type de voie conduisent à d'importantes économies d'entretien.

Des revêtements absorbants appliqués sur le parement des tunnels à l'approche des gares, complètent l'effet des écrans et des revêtements antibruit disposés au niveau des quais.

### Conclusion

La diversité des solutions adoptées tant pour l'établissement des projets que pour l'exécution des tunnels traduit l'effort de recherche entrepris pour déterminer, suivant les conditions géologiques et les difficultés présentées par l'environnement, les meilleures méthodes d'exécution.

Un tel résultat n'a pu être obtenu que grâce à des campagnes de reconnaissance des sols très poussées et à l'expérience déjà acquise dans le site parisien. La R.A.T.P. a également bénéficié de l'assistance de M. Kérisel, Président du bureau d'études SIMECSOL pour tous les problèmes concernés par la mécanique des sols.

Grâce à une programmation très détaillée, tous les engagements ont été lancés en temps opportun. Le suivi

des travaux a été assuré avec beaucoup de rigueur, les aléas inhérents aux ouvrages souterrains ont été réduits au strict minimum et toujours compensés en temps et en coût par une maîtrise complète de tous les aspects de l'opération.

C'est ainsi que les trois sections du R.E.R. constituant le même programme, ligne A : tronçon central et ligne de Marne-la-Vallée, ligne B : Luxembourg - Châtelet - Les Halles, ont pu être mises en service en même temps, le 8 décembre 1977. Elles représentaient ensemble, y compris les équipements, 2,5 milliards de francs dont 1,3 milliard de francs pour le tronçon central Auber - Nation comportant également la gare de « Châtelet - Les Halles » et la part supportée par la R.A.T.P. pour « Gare de Lyon ».

# la gare souterraine S.N.C.F. - R.A.T.P. de Paris - nord

par André PRUD'HOMME

Directeur Adjoint de l'Équipement de la S.N.C.F.

## I. - Généralités

Les lignes de la banlieue parisienne qui aboutissent à la gare du Nord s'éventaillent très largement depuis Pontoise au Nord-Ouest jusqu'à Mitry et Roissy au Nord-Est de la capitale. Le secteur drainé par les lignes en question est aussi important que celui dont les lignes aboutissent à la gare Saint-Lazare, et si l'urbanisation a été plus tardive, elle s'est développée très rapidement au cours des vingt dernières années. A titre d'exemple, la gare de Garges - Sarcelles, créée en 1959 lorsqu'a débuté l'aménagement du grand ensemble de Sarcelles, est devenue en 10 ans la première gare de la banlieue par l'importance du trafic. En 1976, le trafic journalier pour la banlieue seule atteignait 168 000 voyageurs au départ et 158 000 à l'arrivée à la gare du Nord, les chiffres de Saint-Lazare étant respectivement de 183 000 et 185 000. Il s'ensuit que la gare du Nord, dont les installations n'ont fait l'objet que d'aménagements limités au moment de l'électrification en 1958 et n'ont pas été modifiées depuis, n'est plus à même de faire face dans des conditions satisfaisantes à un tel afflux de trafic.

Par ailleurs, alors qu'à Saint-Lazare une très forte proportion des usagers peut gagner à pied son lieu d'emploi dans le quartier, il n'en est pas de même à la gare du Nord où les emplois sont rares aux abords immédiats de la gare, et où les banlieusards doivent dans leur grande majorité prendre un deuxième moyen de transport — métro ou autobus — pour gagner leur destination finale.

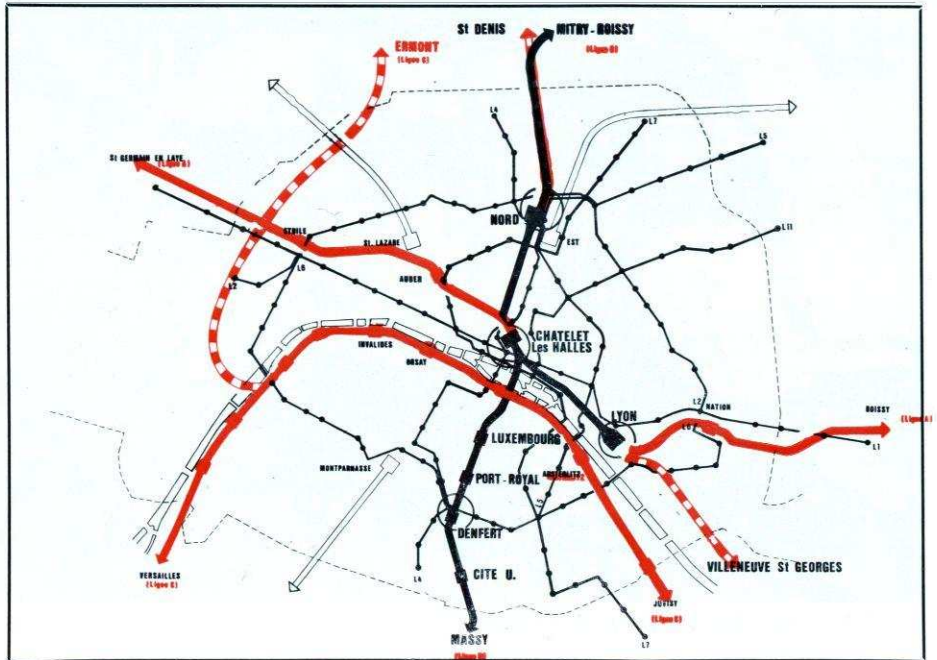


Fig. n° 1. — Schéma de lignes interconnectées.

La gare du Nord se trouve ainsi être le plus gros point de transit de Paris entre transports de banlieue et transports urbains, et la R.A.T.P. se trouve elle aussi confrontée à des problèmes d'engorgement de ses lignes de métro et d'autobus qui atteignent un point critique.

La S.N.C.F. et la R.A.T.P. étaient donc intéressées au plus haut point par un programme d'amélioration répondant à un triple objectif :

- augmenter la capacité de la gare du Nord pour le trafic ferroviaire,
- diminuer l'importance du transit entre réseau de banlieue et réseau urbain,
- résorber l'engorgement excessif des lignes de métro et d'autobus desservant la gare du Nord.

Toutes ces considérations ont été largement prises en compte lors de l'élaboration du schéma directeur d'aménagement et d'urbanisme de la région Ile-de-France qui a prévu la constitution d'une ligne transversale Nord-Sud du réseau régional à grand gabarit à réaliser en assurant à la gare du Nord la jonction entre la ligne S.N.C.F. desservant Mitry et Roissy, et la ligne de Sceaux de la R.A.T.P. (maintenant ligne B du R.E.R.) prolongée de Châtelet à gare du Nord (fig. 1).

La constitution de cette ligne transversale Nord-Sud sera la première grande application du programme de l'interconnexion des lignes S.N.C.F./R.A.T.P. qui a précisément pour but, en permettant le passage des trains des lignes d'un réseau sur celles de

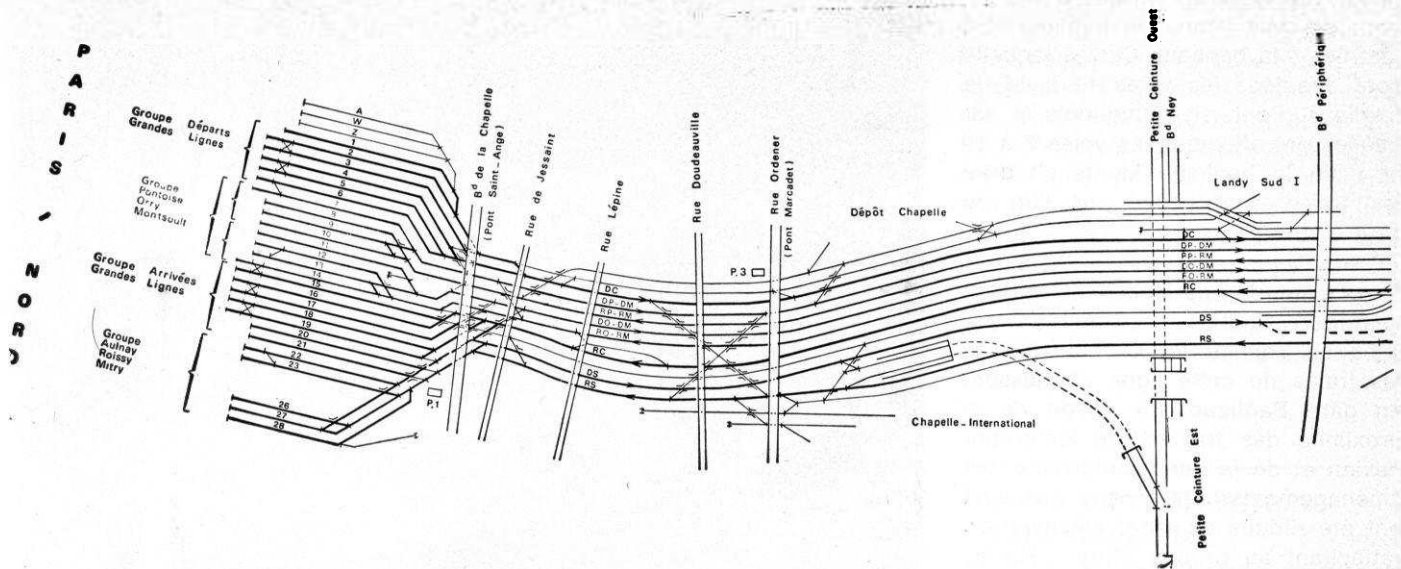


Fig. n° 2. — Schéma des voies. Situation avant travaux.

l'autre, de multiplier le nombre de lignes traversant Paris et de faire ainsi bénéficier le plus grand nombre possible d'usagers d'une meilleure accessibilité aux différents quartiers de la capitale.

Le projet de construction de la gare souterraine de Paris-Nord, que nous allons décrire maintenant, a été approuvé le 10 octobre 1976, alors que parallèlement la R.A.T.P. était autorisée à construire le tunnel de jonction entre Châtelet et gare du Nord.

## II. - La situation de la gare du Nord avant les travaux

La gare du Nord est le terminus de quatre lignes principales de banlieue qui sont : (fig. 2)

- la ligne de Pontoise et son antenne Ermont-Valmondois,
- la ligne de Persan-Beaumont et son antenne Montsoult-Luzarches, généralement appelée ligne de Montsoult,
- la ligne d'Orry, en plate-forme commune avec l'itinéraire grandes lignes de Paris à Lille et Bruxelles. De nombreux trains de banlieue sont d'ailleurs prolongés au-delà

d'Orry pour desservir Chantilly et Creil,

- la ligne de Mitry et son antenne Aulnay-Roissy récemment mise en service.

Il faut y ajouter bien entendu la desserte grandes lignes : Calais et l'Angleterre, Lille, Saint-Quentin, Maubeuge et l'Europe du Nord, Soissons-Laon, qui est elle-même génératrice d'un trafic très important et qui présente la caractéristique d'avoir un service de pointe au départ de Paris en même temps que la banlieue, c'est-à-dire entre 17 h et 19 h car la plupart des villes desservies sont à une distance de 150 à 300 km et la clientèle apprécie particulièrement les trains de début de soirée.

Or, les dispositions des voies de la gare et de l'avant-gare imposent de nombreuses contraintes qui limitent la capacité des installations :

1. — L'exploitation des relations grandes lignes et celle de la banlieue sont imbriquées. D'Est en Ouest, on rencontre successivement : un groupe banlieue (gare Banlieue 5 voies affectées aux lignes de Mitry-Roissy et Gennevilliers ainsi qu'aux trains de desserte grandes lignes des au-delà de Mitry : Soissons, Laon, Hirson) un groupe Grandes Lignes (7 voies), deux groupes Banlieue (8 voies dans

le hall central affectées aux lignes de Pontoise - Valmondois - Montsoult - Orry) et enfin un groupe Grandes Lignes (6 voies). L'alternance de ces groupes conduit à des recouvrements de circulations et impose des contraintes rigoureuses à l'exploitation de la banlieue.

2. — Les quais affectés au service de banlieue sont limités à 225 m en longueur, 5 à 6 m en largeur, et sont inextensibles. La capacité ne peut donc pas être accrue par allongement des trains, et l'étrécissement des quais est un obstacle à l'utilisation intensive des rames à étage, car la réception à un court intervalle de deux rames à étage sur les voies encadrant un même quai aboutirait à une situation inextricable.

3. — A proximité immédiate de la tête des quais, l'ouvrage de franchissement du boulevard de La Chapelle (pont Saint-Ange) lui-même surplombé par le métro aérien (ligne n° 2) constitue un goulot d'étranglement qui impose des tracés difficiles dans les appareils de voie obligeant à ralentir à 30 km/h. La capacité des différents groupes de voies est ainsi limitée par le long délai de dégagement des itinéraires.

4. — Les deux groupes banlieue de 4 voies à quai du hall central sont chacun desservis par un itinéraire pro-



pre et reçoivent en fait des trains venant de trois lignes de banlieue différentes : la banlieue Orry à laquelle sont affectées les voies 11 à 14, la banlieue Pontoise-Valmondois à laquelle sont affectées les voies 7 à 10 et enfin la banlieue Montsoul dont les trains sont reçus sur l'un ou l'autre groupe.

5. — L'antenne de Roissy desservant l'aéroport Charles de Gaulle a été mise en service le 30 mai 1976 et les trains de cette ligne aboutissent en gare Banlieue. En raison de la proximité des travaux de l'interconnexion et de la gare souterraine, les aménagements faits à cette occasion ont été réduits au strict minimum en rattachant au groupe Mitry - Roissy deux voies normalement affectées au service des grandes lignes.

6. — Dans l'avant-gare, les trois lignes de banlieue qui ont leur terminus dans le hall central ne disposent que de deux itinéraires d'accès : Pontoise d'une part, Orry d'autre part, les trains de la ligne de Montsoul étant acheminés par l'un ou par l'autre au mieux des disponibilités. Ce n'est qu'au-delà de Saint-Denis que les trois lignes trouvent leur autonomie.

7. — De même, dans la proche avant-gare entre Paris et La Plaine Saint-Denis, il n'existe qu'un seul itinéraire pour l'acheminement des trains de banlieue Aulnay - Mitry - Roissy ainsi que de Gennevilliers, des trains de grandes lignes Soissons-Laon, des mouvements de machines et autorails entrant ou sortant du dépôt de La Plaine, et de certains trains de marchandises en provenance ou à destination de La Chapelle-Triage et La Chapelle-International. Ce n'est qu'à partir de La Plaine que cet itinéraire se dédouble et que la ligne de banlieue trouve son autonomie.

### III. - Choix de l'emplacement de la gare souterraine

La gare du Nord s'inscrit dans un quadrilatère d'une superficie de 10 hectares environ, limité au Sud par

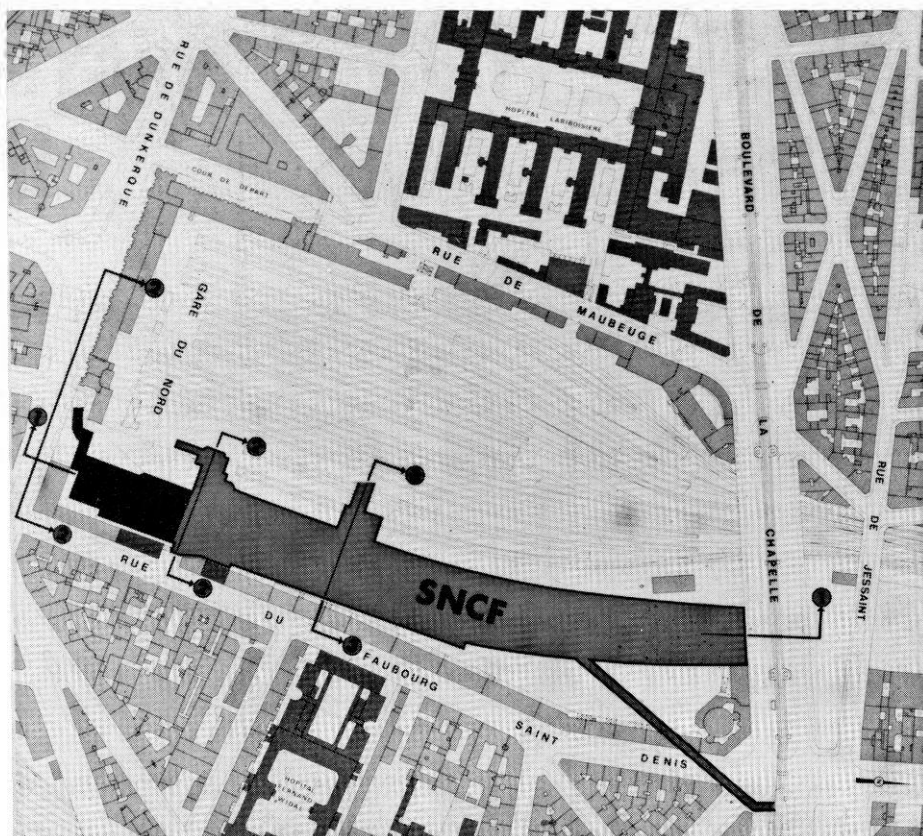


Figure n° 3.

la rue de Dunkerque, au Nord par le boulevard de La Chapelle, à l'Ouest par la rue de Maubeuge et à l'Est par la rue du Faubourg Saint-Denis. Le pont sous le boulevard de La Chapelle qui sert actuellement de débouché aux voies de la gare du Nord est situé de façon telle que l'angle Nord-Est des emprises est inaccessible aux voies. Il est occupé par une cour et des anciennes halles messageries peu utilisées, ainsi que par divers bâtiments de service, généralement vétustes (fig. 3).

L'avant-gare du Nord est constituée par une tranchée à ciel ouvert, de 700 m de longueur, entre le pont Saint-Ange au Sud (boulevard de La Chapelle) et le pont Marcadet au Nord (rue Ordener). Cette tranchée, large d'une cinquantaine de mètres, est bordée à l'Est par des constructions souvent vétustes, essentiellement à usage de logements qui, sur une largeur d'une vingtaine de mètres, appartiennent à la S.N.C.F.

L'implantation de la gare souterraine est imposée à la fois par des impératifs techniques et économiques. Il est

en effet indispensable que le chantier se situe à un emplacement tel que les moyens de la gare de surface, déjà utilisés à leur limite de capacité, ne soient pas diminués pendant l'exécution des travaux. Il est non moins indispensable, pour une question de coût, que les travaux puissent s'exécuter à ciel ouvert. Ces impératifs ne peuvent être respectés que par une implantation dans la partie Est de la gare, côté rue du Faubourg Saint-Denis, là où les terrains peuvent être facilement libérés. Cet emplacement est d'ailleurs bien placé à proximité des stations des lignes 4 et 5 du métro, situées respectivement en façade de la gare, sous la rue de Dunkerque, et sous la rue du Faubourg Saint-Denis.

Dans l'avenir, le terminus de l'ensemble des lignes de banlieue non interconnectées sera regroupé au-dessus de la gare souterraine, de telle façon que leurs usagers puissent bénéficier de correspondances faciles tant avec le réseau métropolitain qu'avec le réseau régional interconnecté. Les installations banlieue et les installations grandes lignes cesseront ainsi



(Photo Billerach)

Photo n° 1. — *Vue aérienne de la gare du Nord et de ses accès jusqu'au boulevard périphérique. Sur la droite au premier plan, la gare provisoire « Roissy » et les anciennes halles qui doivent disparaître pour laisser la place au chantier de gare souterraine. Au-delà du boulevard de la Chapelle sur le côté droit de la tranchée on aperçoit le tracé des futurs ouvrages de sortie de la gare souterraine.*

d'être fâcheusement imbriquées tout en conservant entre elles d'excellentes liaisons.

Les ouvrages ferroviaires d'accès à la gare souterraine pourront eux aussi être réalisés à l'air libre, à l'Est de la tranchée actuelle, à l'emplacement des terrains appartenant déjà pour l'essentiel à la S.N.C.F. De même qu'en gare, les voies d'accès aux futurs groupes banlieue maintenus en surface, seront placées au-dessus des ouvrages souterrains. Malgré le choix de l'emplacement de ces ouvrages nouveaux, les travaux

préliminaires à la réalisation du projet, qui consistent essentiellement en la libération des terrains nécessaires au chantier, restent assez importants. Un plan de relogement de tous les Services occupant les locaux à démolir a été établi. Certains ont pu trouver place dans des locaux de la gare aménagés en conséquence. Un nouveau bâtiment a été construit du côté opposé à la gare souterraine, en bordure de la rue de Maubeuge. Des transferts provisoires ont été faits dans d'autres gares parisiennes ; enfin, une Ecole de Formation

Professionnelle a été décentralisée à Amiens.

Par ailleurs, de nombreux réseaux de canalisations diverses : égouts, eau, gaz, électricité, etc... interceptés entre le boulevard de La Chapelle et la rue Ordener par les nouveaux ouvrages d'accès à la gare souterraine, ont dû être remaniés, parfois sur une grande longueur. C'est ainsi que la modification du réseau d'égouts a eu des répercussions jusqu'à hauteur des Portes des Poissonniers et de La Chapelle.

#### IV. - La gare souterraine proprement dite

La pièce maîtresse des aménagements à réaliser est évidemment la nouvelle gare souterraine.

Ce sera un ouvrage à deux niveaux : (fig. 4 et 5)

- un niveau inférieur comportant quatre voies encadrant deux quais de 315 mètres de longueur.
- un niveau supérieur aménagé en une vaste salle d'échanges dans laquelle aboutiront les escaliers desservant les quais de la gare souterraine, les escaliers desservant les quais de la gare de surface, et les différents couloirs de correspondance avec la gare principale S.N.C.F., les stations de métro et d'autobus, et ultérieurement un couloir mécanisé de liaison avec la gare de l'Est.

A la différence de la gare souterraine de Paris-Lyon qui comporte deux niveaux de voies, un pour la ligne A du R.E.R., et un pour la banlieue S.N.C.F., la gare du Nord ne comporte qu'un seul niveau car tous les trains en provenance du Châtelet continueront vers la banlieue Nord. Les quatre voies sont nécessaires car deux lignes de la banlieue Nord disposant chacune de leurs propres voies d'accès convergeront dans la gare souterraine : la ligne de Mitry-Roissy et la ligne d'Orry.

Bien que les trains desservant la banlieue Nord n'aient jusqu'à présent qu'une longueur de 225 m, la gare sera construite avec des quais de

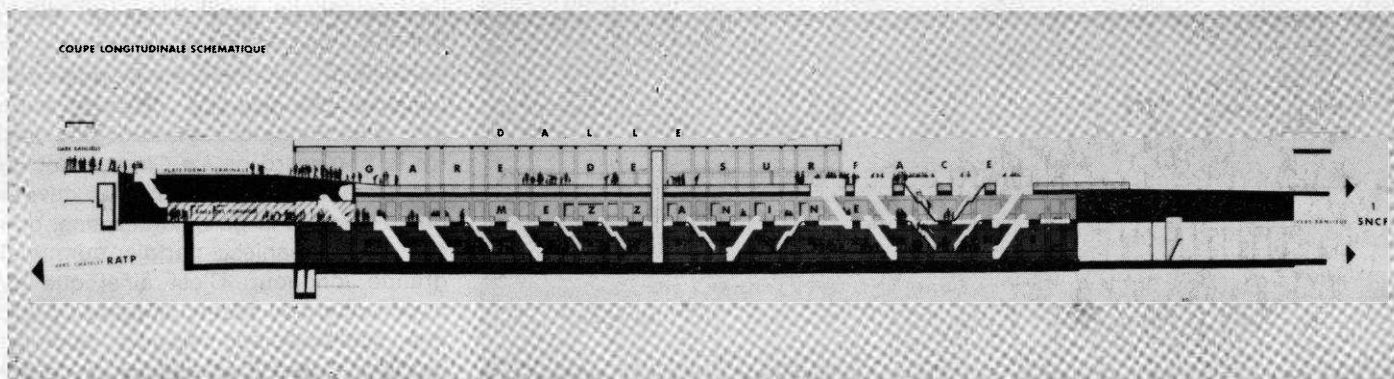


Figure n° 4.

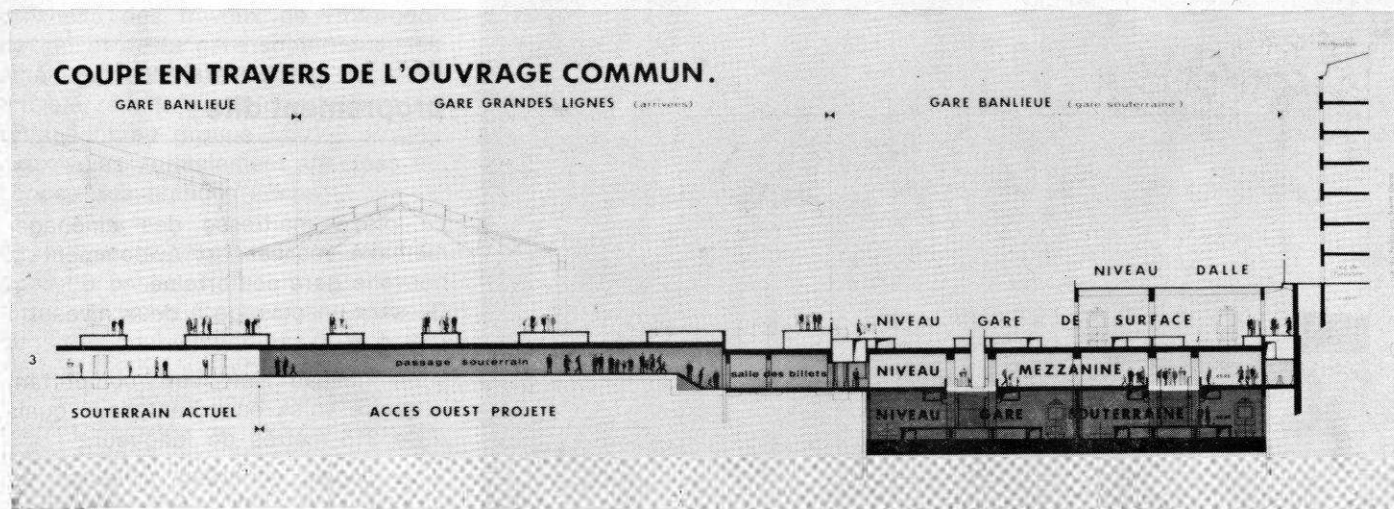


Figure n° 5.

315 m, par analogie avec les voies centrales du Châtelet et le niveau « banlieue S.N.C.F. » de la gare de Lyon, de façon à réserver la possibilité de faire circuler des trains de 315 m entre la banlieue Nord et la banlieue Sud-Est, via Le Châtelet, lors de la dernière étape de l'interconnexion.

La gare est formée de la juxtaposition de deux demi-gares comprenant chacune un quai encadré de deux voies. Les deux demi-gares seront construites successivement, car la demi-gare Ouest se trouve à l'emplacement de voies en exploitation et ne pourra être construite qu'après report de ces voies au-dessus de la demi-gare Est, de façon à ne pas réduire la capacité d'exploitation de la gare actuelle déjà à limite de saturation.

La mezzanine aménagée en salle d'échanges couvre toute la surface

de la gare, elle est le point d'aboutissement de toutes les liaisons entre les différents niveaux de la gare, le réseau urbain du métropolitain et l'extérieur. Elle est reliée :

- du côté Sud, aux stations « Gare du Nord » des lignes 4 (Orléans - Clignancourt) et 5 (Italie - Pantin) du métro, par une salle souterraine d'accès. Cette salle, dite « des accès Sud » est l'accès principal de la gare souterraine, non seulement vers le métro, mais également vers l'extérieur et les autobus. Elle est située entre le parking de la gare et les bâtiments qui bordent la rue du Faubourg Saint-Denis d'une part, entre la ligne des heurtoirs des voies de surface « Est » et la façade sur la rue de Dunkerque, d'autre part. Elle comporte deux niveaux : un niveau inférieur sous contrôle réseau urbain, qui assure les correspondances avec les lignes 4 et 5 du métro, un niveau supérieur hors contrôle qui assure la

sortie vers le reste de la gare du Nord et l'extérieur (autobus et taxis).

- du côté Ouest, à la gare de surface principale par un passage souterrain à construire sous les voies 14 à 23 en prolongement de celui récemment mis en service, qui va de la rue de Maubeuge au quai desservant les voies 13-14.

- du côté Nord, à la station « Chapelle » de la ligne 2 (Nation - Dauphine) du métro, par un couloir souterrain à construire.

Des escaliers fixes et mécaniques relie directement la mezzanine aux quais desservant les voies de la gare de surface située au-dessus de la gare souterraine.

Deux ascenseurs relient la gare de surface à la gare souterraine (un par quai souterrain) et desservent la mezzanine au passage. Ils permettent en particulier l'accès de la gare souterraine aux handicapés physiques. Ultérieurement, un passage souter-





Photo n° 2. — *Vue générale de la partie de la gare du Nord où doit se construire la gare souterraine. Au premier plan, la gare provisoire « Roissy » et à l'arrière-plan les halles qui doivent disparaître.* (Photo Billerach).

rain mécanisé reliera le Sud de la mezzanine de la gare du Nord au souterrain récemment mis en service en tête des quais de la gare de l'Est et allant jusqu'à la station « Château Landon » de la ligne 7 du métro (Villette - Ivry).

Une particularité intéressante de la gare souterraine vient de ce qu'elle sera le point de jonction entre deux types d'électrification différents : le courant de traction 1 500 V continu qui équipe la ligne de Sceaux prolongée, et le courant 25 000 V alternatif qui équipe la banlieue Nord.

Le matériel circulant sur la Transversale Nord-Sud sera du type bicourant, apte à circuler sous les caténaires de l'un et l'autre type.

Sur chaque voie de la gare souterraine, une courte section de séparation de quelques mètres sera placée entre caténaires alimentées en 1 500 V et

en 25 000 V, à l'entrée des quais dans le sens normal de circulation, c'est-à-dire dans une zone où l'appel de courant de traction est nul ou minime.

Chaque section de séparation sera précédée d'une balise déclenchant au passage d'une motrice la séquence suivante : coupure de l'effort de traction, abaissement du pantographe, commutation sur la motrice pendant le passage panto baissé sous la section de séparation, relevage du panto et reprise de l'effort de traction. Comme les éléments automoteurs de 4 caisses comportent une motrice à chaque extrémité, et que la distance entre les balises commandant le début et la fin de la séquence est inférieure à la distance séparant les deux pantos d'un même élément, il y aura toujours une motrice alimentée, ce qui élimine toute possibilité d'arrêt

intempestif par défaut d'alimentation de courant de traction.

## V. - Raccordement de la gare souterraine aux voies de surface

Il convient de distinguer deux zones nettement différentes pour ce qui concerne l'aménagement des ouvrages de raccordement.

La première zone va du boulevard de La Chapelle au boulevard Ney. Tous les itinéraires actuels d'accès à la gare de surface ont des tracés parallèles et au même niveau. Les itinéraires nouveaux desservant soit la gare souterraine soit la nouvelle gare Est de surface affectée à la banlieue seront établis parallèlement aux iti-

néraires existant du côté Est, en utilisant entre le boulevard de La Chapelle et la rue Ordener la bande de terrain appartenant à la S.N.C.F., puis entre la rue Ordener et le boulevard Ney les emprises de la gare marchandises de La Chapelle-International.

A hauteur du boulevard Ney, tous les itinéraires desservant tant la gare de surface que la gare souterraine se retrouvent en parallèle au même niveau pour franchir le boulevard.

La deuxième zone va du boulevard Ney jusqu'au pont de la Révolte (R.N. 310 A) d'une part en direction de Saint-Denis, et jusqu'au pont de Soissons (autoroute A 1) d'autre part, en direction de Mitry. Il s'agit d'un secteur particulièrement complexe où le classement des itinéraires est modifié au moyen de nombreux sauts de mouton. Le principe général consiste à tirer le parti maximum des ouvrages existants pour tracer les itinéraires nouveaux ou remaniés, en y adjoignant le minimum d'ouvrages nouveaux.

#### V.1 — TREMIES D'ACCES

Ces ouvrages relient la gare souterraine à la surface quelque 900 m au-delà de l'extrémité des quais de la gare souterraine.

Ils nécessitent la création de travées nouvelles pour les ouvrages routiers du boulevard de La Chapelle, des rues de Jessaint, J.-F.-Lépine, Doudeauville et Ordener. Les réseaux des concessionnaires de la voirie devront être rétablis sur ces ouvrages nouveaux.

Les voies sont établies sur deux niveaux : au-dessous les voies partant de la gare souterraine, au-dessus les voies desservant la gare de surface placée sur la gare souterraine.

La tranchée couverte donnant passage aux quatre voies desservant la gare souterraine est un ouvrage cadre en béton armé. Les deux voies donnant accès en gare de surface au groupe « Aulnay-Soissons-Laon » seront posées au-dessus de la tranchée couverte, l'emplacement étant réservé pour deux autres voies qui seront posées au moment où sera réalisé le regroupement à l'Est de l'ensemble des lignes de banlieue.

Les ouvrages routiers nécessaires au passage des différentes rues au-dessus des voies sont indépendants de la tranchée couverte. Le dégagement

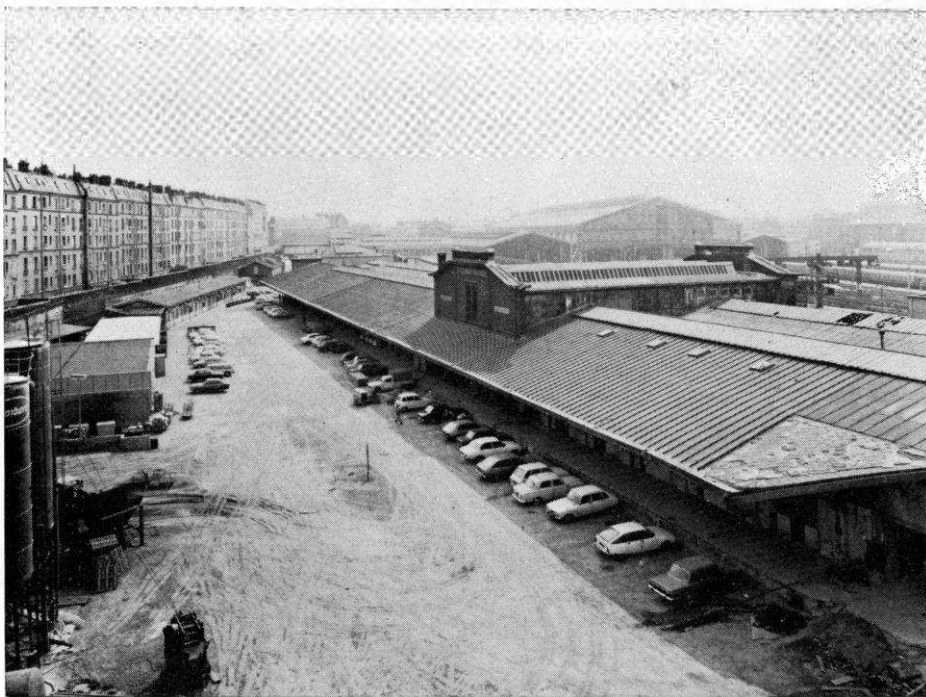


Photo n° 4. — Vue prise en direction du Sud de la Cour des Messageries où doit se construire la gare souterraine. A droite : les halles qui doivent disparaître. A gauche : premières installations de chantier. (Photo Billerach).

du gabarit des voies ferrées au droit de ces rues impose quelques rectifications au profil en long de celles-ci. La tranchée couverte débouche en surface au moyen de deux trémies au droit de la gare marchandises Chapelle - International. Les installations de celle-ci doivent être sensiblement resserrées de façon à dégager les terrains nécessaires pour permettre l'implantation des trémies de sortie des voies souterraines et la mise en place des itinéraires vers la gare de surface banlieue. Pour ce faire, trois cours de débord pour les marchandises sont supprimées et les deux restantes réduites.

#### V.2 - MODIFICATIONS DES ITINERAIRES DANS L'AVANT-GARE

Les quatre voies desservant la gare souterraine débouchent à l'air libre au Nord de la rue Ordener, dans les emprises de la gare marchandises de La Chapelle-International qui sera amputée d'une partie de ses installations, qui seront reportées hors Paris pour faire la place aux nouvelles voies.

Il faut ensuite raccorder les voies de la gare souterraine qui se trouvent ainsi être à l'Est des voies principales actuelles, en reclassant convenablement l'ensemble des voies de telle

façon que les trains en provenance ou à destination de la gare souterraine bénéficient d'itinéraires autonomes, tant vers Aulnay-Mitry-Roissy que vers Saint-Denis. Le plan de circulation dans l'avant-gare de Paris est déjà à l'heure actuelle très complexe et comporte plusieurs sauts de mouton pour éviter les cisaillements entre les divers courants de circulation. Ce dispositif sera complété autant que de besoin par de nouveaux aménagements qu'il serait fastidieux de décrire en détail. Il faut simplement savoir que cette partie du projet, certes moins spectaculaire que la construction de la gare souterraine elle-même, est en fait la plus délicate car il faut, au cours des nombreuses phases de travaux (90 au total) qui touchent les voies en exploitation, assurer en toutes circonstances la circulation des trains dans des conditions normales de sécurité.

## VI. - La situation à l'achèvement des travaux de la gare souterraine

Les trains de la ligne Mitry-Roissy seront reçus en gare souterraine et



Photo n° 5. — Boulevard de la Chapelle. Début des travaux de terrassement à l'emplacement de la chaussée Nord interrompue provisoirement. Au second plan, à droite, le viaduc du métro aérien dont la grande portée permet d'en éviter la reprise. (Photo Billerach).

continueront en direction du Châtelet et de la ligne de Sceaux, formant ainsi la Transversale Nord-Sud (ligne B) du R.E.R. Il restera néanmoins possible de recevoir certains d'entre eux, aux heures de pointe ou en cas d'incidents, sur les voies de la gare de surface rétablies après les travaux au-dessus de la gare souterraine. Les trains de la ligne d'Orry pourront également être reçus dans la gare souterraine qui leur servira de terminus dans un premier temps.

Les huit voies de la partie centrale de la gare de surface, dégagées du trafic de la banlieue Orry, seront affectées uniquement au trafic des lignes de Pontoise-Valmondois-Montsoult qui pourra ainsi s'écouler dans des conditions beaucoup plus confortables pour les usagers en évitant les arrivées ou départs quasi simultanés

sur les deux voies encadrant un même quai.

Le service des grandes lignes restera assuré comme actuellement, mais la présence des itinéraires spécialisés de la gare souterraine diminuera la densité des circulations qui se trouvera répartie sur un plus grand nombre de voies. Il en résultera une plus grande fluidité qui minimisera les conséquences des incidents et améliorera la régularité du service.

Ainsi aménagée, la gare du Nord doit pouvoir faire face au développement du trafic escompté dans les années à venir. Le plan général d'aménagement a toutefois été conçu de telle façon qu'il soit possible ultérieurement, moyennant des travaux relativement simples, de reporter également les trains des lignes de Pontoise-Valmondois-Montsoult à l'Est de la

gare de façon à concentrer tout le service de banlieue dans la même zone, ce qui facilitera pour les usagers les correspondances entre les trains continuant vers Le Châtelet et ceux ayant leur terminus en gare du Nord. La gare centrale, dégagée de tout trafic de banlieue, pourrait alors être réaménagée au mieux pour le service des grandes lignes.

Cette ultime phase d'aménagements n'est pas programmée à l'heure actuelle.

## VII. - Programmation des travaux

Dès que le projet de gare souterraine a pris corps, la S.N.C.F. a fait exécuter



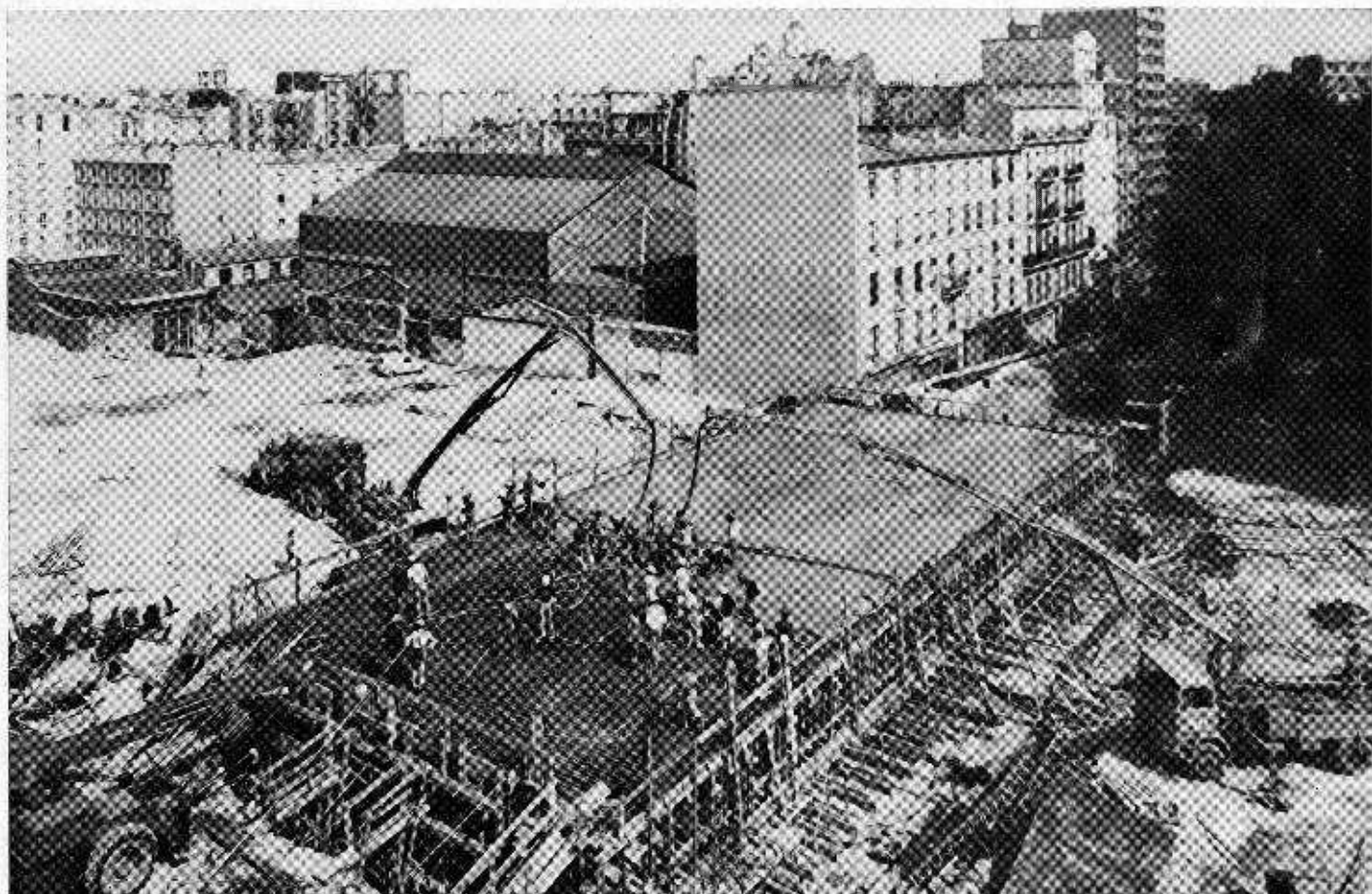


Photo n° 6. — Chantier de construction de l'ouvrage d'allongement de la rue de Jessaint. L'ouvrage actuel de franchissement de la tranchée est à gauche en dehors de la photo. (Photo Billerach).

ter par sa Société filiale H.L.M. un important programme de construction sur des terrains libérés à La Chapelle-Charbons et La Chapelle-Dépôt dans le 18<sup>e</sup> Arrondissement. Ces opérations, menées dans le cadre normal des activités H.L.M., ont permis de reloger très progressivement et sans à-coups les quelque 300 occupants des logements vétustes à démolir le long de la tranchée des voies entre le boulevard de La Chapelle et la rue Ordener.

Dès l'approbation du projet, le 10 octobre 1976, les travaux préparatoires ont été entrepris. Toute l'année 1977 a été ainsi consacrée au déplacement de tous les Services occupant l'emprise de la gare souterraine, à la modification des réseaux de toute nature touchés par les travaux, et à l'allongement des ponts des rues de Jessaint, J.-F.-Lépine, et Doudeauville. A mesure que les terrains étaient dégagés, s'est également déroulée une importante campagne de sondages, puis d'injections des sols, rendue nécessaire par la présence dans le sous-sol d'un certain nombre de ca-

vités dues à la dissolution de poches de gypse par les circulations d'eaux souterraines.

Les travaux proprement dits ont démarré au début de 1978, à la fois pour la gare souterraine elle-même et pour les modifications de l'avant-gare. La première grande phase durera trois ans et demi, pour aboutir dans le courant de l'été 1981, en même temps que s'achèveront les travaux de la R.A.T.P. pour la construction du tunnel Châtelet - Gare du Nord, à la mise en service de la demi-gare souterraine Est. Dès ce moment, la circulation des trains sera possible en continuité sur la Transversale Nord-Sud Mitry-Roissy - Ligne de Sceaux, mais à cadence réduite jusqu'à la fin des travaux.

La deuxième grande phase pour la construction de la demi-gare souterraine Ouest durera deux ans, avec un certain recouvrement sur la première, et s'achèvera en octobre 1982, date à laquelle le service sur la ligne B du R.E.R. atteindra sa consistance définitive avec une fréquence des circulations analogue à celle de la ligne

A (Saint-Germain - Boissy-St-Léger). Ainsi s'achèvera pour l'essentiel la période des grands travaux d'infrastructure du réseau régional à grand gabarit dans Paris, commencée dans les années 60 avec la construction des gares R.E.R. Nation et Etoile, suivies par Auber, puis Gare de Lyon et Châtelet, auxquelles viennent s'ajouter la jonction Invalides-Orsay, en voie d'achèvement, et pour terminer la jonction Châtelet - Gare du Nord. Des travaux resteront encore à faire pour compléter le réseau régional : liaison Invalides - Pereire - Ermont, raccordements à Châtelet et Gare de Lyon pour assurer le transit banlieue Nord - banlieue Sud-Est, mais on peut dire qu'en 1982 l'ensemble des usagers de la Région Parisienne disposera, avec les trois lignes du R.E.R. :

- A : Transversale Est-Ouest,
- B : Transversale Nord-Sud,
- C : Transversale Rive Gauche,

d'un outil de transport puissant et rapide qui aura amélioré de façon décisive les conditions de déplacement dans l'ensemble de l'agglomération.

# R. E. R., ligne B, section « Châtelet - les Halles - Gare du Nord »

par M. POITRINAL-MIRONNEAU

*Ingénieur Civil des Ponts et Chaussées,*

*Ingénieur général à la direction des travaux neufs de la R.A.T.P.*

## Généralités

Au-delà de « Châtelet - Les Halles », le prolongement de la ligne de Sceaux vers la gare du Nord s'inscrit dans la double perspective d'une amélioration de la diffusion dans Paris des voyageurs provenant de cette ligne et de l'« interconnexion » du métro régional avec les réseaux de banlieue de la SNCF.

Le prolongement de la ligne de Sceaux du métro régional entre les gares « Châtelet - Les Halles » et « Gare du Nord » est complété par un projet établi par la SNCF de mise en souterrain partielle dans la gare du Nord des lignes de banlieue. Les deux projets sont ainsi organisés autour de l'ouvrage, commun à la SNCF et à la RATP, constitué par la station souterraine « Gare du Nord » (fig. 1).

Dès le milieu de 1981 cette ligne sera desservie de bout en bout (Roissy/Mitry - Massy-Palaiseau) par des trains banalisés (matériel MI 79 bicourant 1,5/25 KV). Ultérieurement une liaison directe Orly-Roissy pourra être réalisée.

A cette première étape d'interconnexion des réseaux RATP-SNCF s'en ajoutera une seconde en 1985 assurant les liaisons Nord-Sud Est. Elle nécessitera l'exécution d'ouvrages de jonction des voies SNCF, aussi bien à Châtelet - Les Halles qu'à Gare de Lyon sur la section centrale du RER (fig. 2).

Le projet ne comporte qu'une seule station, la station « Gare du Nord » qui est aménagée à quatre voies encadrant deux quais centraux et

dont la création implique d'importantes modifications des accès et intercommunications de trois stations du métro urbain — stations « Gare du Nord » des lignes n° 4 et 5, « La Chapelle » de la ligne n° 2 — qui seront ainsi mises en correspondance avec le métro régional.

Le prolongement sera construit au gabarit dit « normal » retenu tant pour le réseau de la SNCF que pour le métro régional. Il sera électrifié à la tension 1 500 volts continu, la station « Gare du Nord » pouvant toutefois être alimentée également en courant de 25 000 volts monophasé qui est celle de la banlieue Nord de la SNCF. Le matériel roulant utilisé sera le matériel dit « interconnexion » pourvu notamment de dispositifs permettant, suivant le cas, son alimentation dans l'une ou l'autre tension.

## Description du projet

Le tracé se développe sur une longueur d'environ 2 580 m depuis la gare de « Châtelet - Les Halles » jusqu'au tympan nord de la station « Gare du Nord », en totalité sur le territoire de la ville de Paris, en tréfonds d'immeubles sur la plus grande partie de son parcours et à des profondeurs pouvant atteindre et même dépasser 30 mètres au-dessous du niveau du sol. Au départ de la gare de « Châtelet - Les Halles », les différentes voies empruntent trois tunnels distincts qui se rejoignent sous la rue Bachaumont pour constituer un souterrain unique à deux voies jusqu'à

la verticale du boulevard Magenta où les ouvrages se séparent à nouveau en quatre tunnels distincts desservant les quatre voies de la station souterraine « Gare du Nord ».

Du fait de leur situation, les ouvrages du prolongement ne peuvent être réalisés qu'en souterrain à l'avancement, toute exécution à ciel ouvert étant bien entendu exclue, sauf dans les emprises de la gare SNCF où, grâce à un phasage approprié, elle reste compatible avec les nécessités de l'exploitation.

Le niveau du tunnel est déterminé à ses deux extrémités par celui de la gare de « Châtelet - Les Halles » et par celui de la « Gare du Nord » souterraine. La dénivelée correspondante est de l'ordre de 40 m. Le souci de maintenir aussi longtemps que possible les ouvrages dans les formations géologiques les plus favorables a conduit à repousser le franchissement de cette dénivelée dans la partie nord du projet où la pente atteint de ce fait une valeur de 35,2 % à proximité de la Gare du Nord.

Jusqu'au Nord de la rue d'Enghien, le tunnel s'inscrit en totalité dans les « marnes et caillasses », l'épaisseur de cette formation au-dessus de l'extrados du tunnel restant comprise entre 2 et 7 mètres.

Au-delà, compte tenu de la remontée du terrain naturel dans la partie nord du projet et du niveau de la Gare du Nord, il n'a pas été possible d'éviter les sables de Beauchamp, dans lesquels le tunnel pénètre progressivement pour s'y inscrire sur toute sa hauteur en arrivant à la verticale de la rue de Paradis. Il recoupe ensuite







Fig. N° 3. — Ligne B. - Châtelet - Gare du Nord.

vétustes, dans un horizon géologique médiocre (marnes et caillasses), l'avancement des tunnels a été précédé d'une large campagne de consolidation des sols (injections de bentonite-ciment et gel de silice). Ces précautions faisant suite à une campagne de reconnaissance poussée ont permis d'assurer le déroulement des travaux sans incidents.

**Lot 6 (1 257 m).** — Il comprend un tunnel à deux voies s'étendant de la fin du lot 5 à la rue de Chabrol. Cet ouvrage sera exécuté par des méthodes dérivant de celles du lot 5 et utilisant une haveuse pour découper le terrain suivant le profil de l'extrados de l'ouvrage avec constitution

par béton projeté de prévoûtes de soutènement.

**Lot 7 (450 m) et ouvrages d'accès à « Gare du Nord ».** — Cette section est constituée par l'ensemble du complexe de tous les ouvrages spéciaux par lesquels le tunnel courant à deux voies du lot 6 précédent se raccorde aux quatre voies à quai de l'ouvrage commun souterrain de « Gare du Nord ».

Cet ensemble sera exécuté par parties suivant la méthode du lot 3 et également en utilisant pour les ouvrages de grande ouverture la méthode de mise en place d'anneaux successifs constitués par des voussoirs en béton armé mis en compres-

sion contre le terrain par clé de voûte expansée.

Toutefois, dans les emprises actuelles du chemin de fer, les travaux seront exécutés à ciel ouvert, les tunnels étant surmontés dans cette zone par les salles d'accès sud à l'ouvrage commun et par les correspondances avec les lignes n° 4 et 5 du métro.

## Equipement

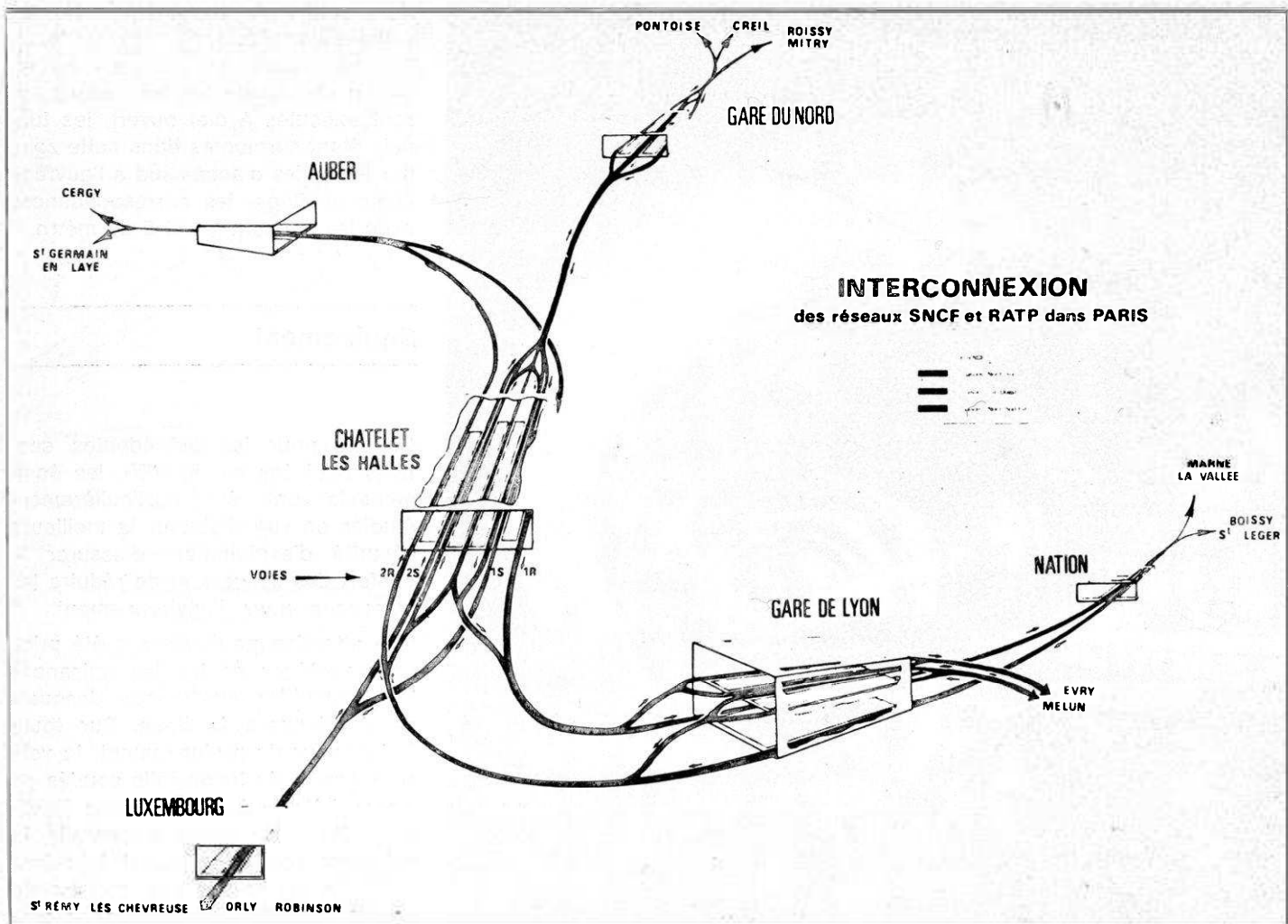
Comme pour les précédentes sections réalisées sur le RER, les équipements ont été particulièrement étudiés en vue d'obtenir la meilleure sécurité d'exploitation, d'assurer le confort des usagers et de réduire les nuisances pour l'environnement.

Une attention particulière a été prise pour protéger contre les nuisances les immeubles au-dessous desquels se développera la ligne. Sur toute la longueur du prolongement, la voie sera armée de longs rails soudés en « pose béton » à deux niveaux élastiques. Dans les zones d'appareils, la voie sera posée sur ballast, lui-même isolé du radier par une couche de produit anti-vibratile. Une bonne protection contre les nuisances sera donc assurée aux immeubles proches des ouvrages. Des panneaux absorbants seront mis en place dans les tunnels aux approches des stations.

L'épuisement des eaux d'infiltration sera assuré par un ouvrage implanté boulevard Poissonnière au point bas du tracé. Cet ouvrage, qui réutilisera un puits d'accès avant servi à l'exécution, sera également équipé pour servir d'accès intermédiaire de secours.

La ventilation des tunnels sera assurée par trois ouvrages équipés de ventilateurs réversibles permettant le cas échéant le désenfumage :

- deux ouvrages d'insufflation de 200 m<sup>3</sup>/s chacun (rue d'Aboukir et rue La Fayette) ;
- un ouvrage d'extraction de 200 m<sup>3</sup>/s inclus dans un immeuble à construire rue des Petites-Ecuries et où trouveront place également divers autres équipements (poste de redressement, poste éclairage-force, local de signalisation).



## Coût

L'estimation d'ensemble, équipements compris, des ouvrages des lots 5, 6 et 7 et de la part de la Gare du Nord souterraine à la charge de la RATP s'élève à 780 MF HT, dans les conditions économiques du 1<sup>er</sup> janvier 1978. Le lot 5 a été réalisé au titre du prolongement de la ligne B à « Châtelet - Les Halles » dont il constitue l'ouvrage de retournement des trains pour l'exploitation du terminus provisoire.

## Programme d'exécution

La mise en service du prolongement sera effectuée en deux étapes, cor-

respondant aux deux phases successives imposées à la construction de la station souterraine de « Gare du Nord » par la nécessité d'assurer la continuité de l'exploitation de la SNCF. La première étape, dont la mise en service est prévue pour 1981, comportera le prolongement proprement dit de « Châtelet - Les Halles » à « Gare du Nord », mais seule sera construite à ce stade la demi-station souterraine Est, raccordée à la ligne SNCF de Mitry-Roissy. Elle permettra de faire circuler jusqu'à « Gare du Nord » huit trains par heure de la ligne de Sceaux et de les interconnecter avec un nombre égal de trains de la ligne de Roissy. Au cours de la seconde étape, dont l'achèvement est prévu pour 1982, la station souterraine sera complétée et la totalité des trains de la ligne de Sceaux

pourra être envoyée à la Gare du Nord et interconnectée avec les trains du réseau SNCF.

Faisant suite à la jonction Est-Ouest du RER et à celle des lignes de la SNCF entre les gares des « Invalides » et d' « Orsay », le prolongement de la ligne de Sceaux à « Gare du Nord » viendra ainsi constituer le dernier maillon qui manquait à l'organisation d'un véritable réseau régional Ile-de-France.

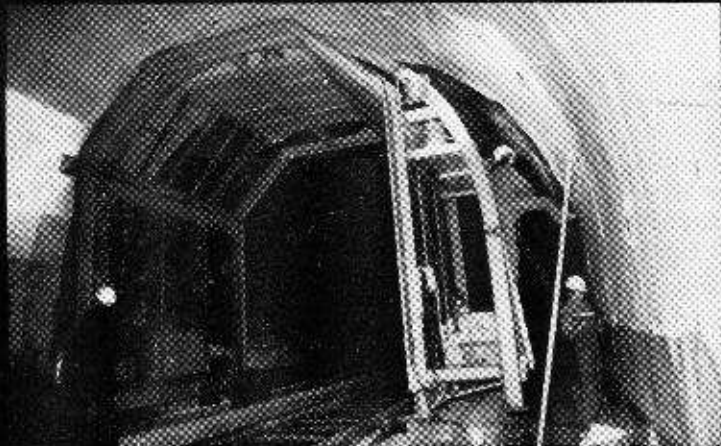
# Etanchéité par fixation mécanique pour tunnels

Procédé **CARBOFOL**®

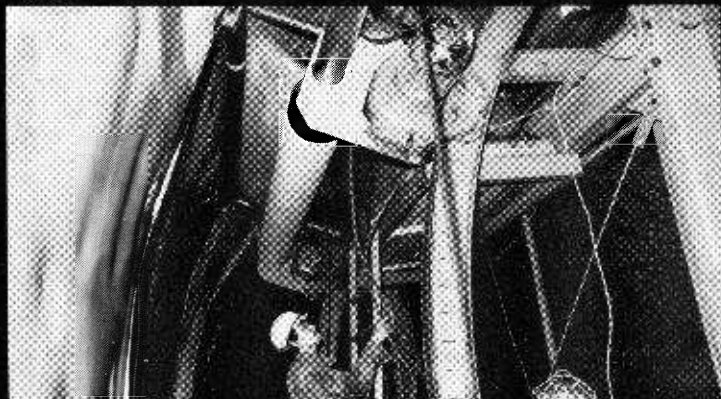
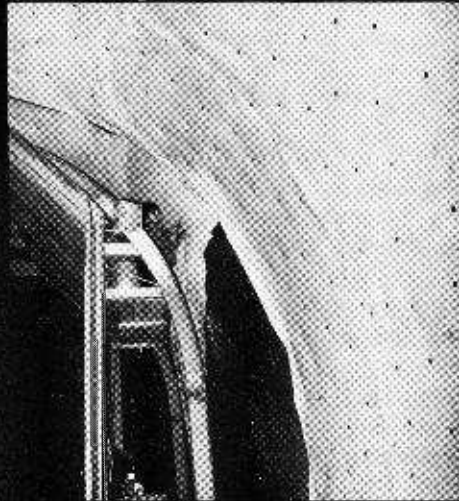
Type L2 PV2 **niederberg chemie g.m.b.h.**



Brevet n° PV 7500564



1) Fixation mécanique d'un non tissé sur la voûte ▲



2) Déroulement automatique de la feuille d'étanchéité L2 PV2 avec plaquage par tendeur hydraulique



3) Soudure à la flamme du L2 PV2 sur non tissé accroché à la voûte



#### 4) Résultat

Au 1<sup>er</sup> plan, étanchéité en place par simple soudure à chaud où sera coulé un anneau de béton.  
Au fond non tissé fixé par cloutage mécanique.

*Documents Vefa Promats réalisés en mars 1978 sous le tunnel SNCF du Coudray (près Beauvais).*

## VEFAPROMATS

Agent général exclusif 59 rue de Ponthieu,  
75008 PARIS Tél. 469.19.37 - Télex 695966



# R. E. R., ligne B, section « Luxembourg - Châtelet - les Halles »

par P. FRANÇOIS

*Ingénieur T.P.E.,  
Ingénieur en Chef à la direction des travaux neufs de la R.A.T.P.*

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.

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

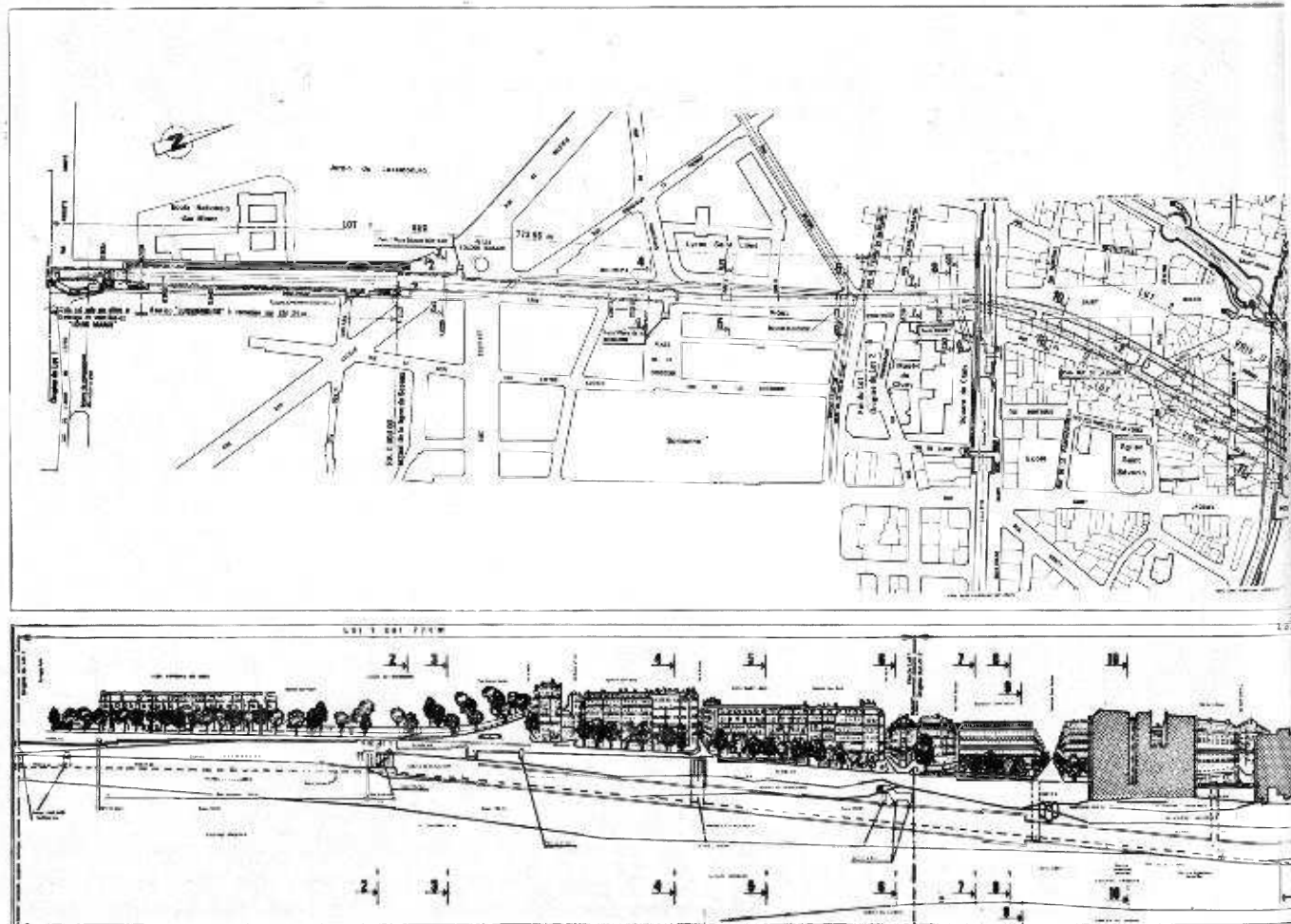
et le quartier Saint-Séverin, d'une gare à construire ultérieurement en vue d'assurer la correspondance avec la gare SNCF de « Pont Saint-Michel » (fig. 1).

La section « Luxembourg - Châtelet - Les Halles », longue de 2,6 km environ est constituée tout d'abord par un tunnel à deux voies à l'aplomb du

boulevard Saint-Michel jusqu'au boulevard Saint-Germain, puis par deux tunnels à une voie dont le tracé s'infléchit vers l'est, à travers les marnes et caillasses, jusqu'à la Seine.

Au droit du quai Saint-Michel, les tunnels sont élargis en vue de permettre l'aménagement ultérieur d'une gare de correspondance avec la ligne SNCF, qui constituera la ligne C du

Fig. n° 1. — Coupe et profil en long.



RER après achèvement de la liaison Invalides-Orsay. La traversée du petit bras de la Seine est effectuée à environ 13 m au-dessous du lit du fleuve. A partir de l'île de la Cité, les tunnels sont forés dans le calcaire grossier du Lutétien. Ils passent de part et d'autre du pont Notre-Dame et de la Tour Saint-Jacques, au-dessous du tunnel sud de la ligne A, et se raccordent aux voies contiguës de la ligne B dans la gare « Châtelet - Les Halles ». A proximité de celle-ci les ouvrages ont été conçus pour assurer les raccordements nécessaires à l'utilisation des trois voies centrales pour les trains SNCF lors de l'interconnexion des réseaux.

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.

## Réaménagement de la gare de « Luxembourg »

La gare de « Luxembourg » a été profondément remaniée : deux voies au lieu de trois, allongement des quais vers le sud, abaissement du niveau de la station. Ces dernières dispositions ont permis de réduire la pente des voies entre la gare et la Seine.

## Tunnels

Compte tenu des caractéristiques du site, la section a été divisée en quatre lots principaux.

**Lot 1 (773 m) :** Au débouché de la gare « Luxembourg » remaniée, la ligne est établie, sur 226 m, en sous-œuvre sous l'ancien tunnel d'arrière-gare. Ensuite, le tunnel, de 8,70 m d'ouverture, en forme de fer à cheval, a été construit selon la méthode classique (voûte, stross, radier) (fig. 2) Dans la partie située dans les sables de Beauchamp, le travail a été exécuté par des méthodes manuelles perfectionnées par l'utilisation d'engins mécanisés pour l'excavation des terrains.

Le franchissement du collecteur de Bièvre au droit de la rue des Ecoles, dont le radier affleure l'extrados du tunnel, a pu être effectué sans encombre, les travaux de déviation nécessaires ayant été exécutés au préalable sur cet ouvrage.

**Lot 2 (858 m) :** Ce lot comprend les deux tunnels à une voie qui se développent depuis le boulevard Saint-Germain jusqu'au quai de Gesvres sur la rive droite de la ligne.

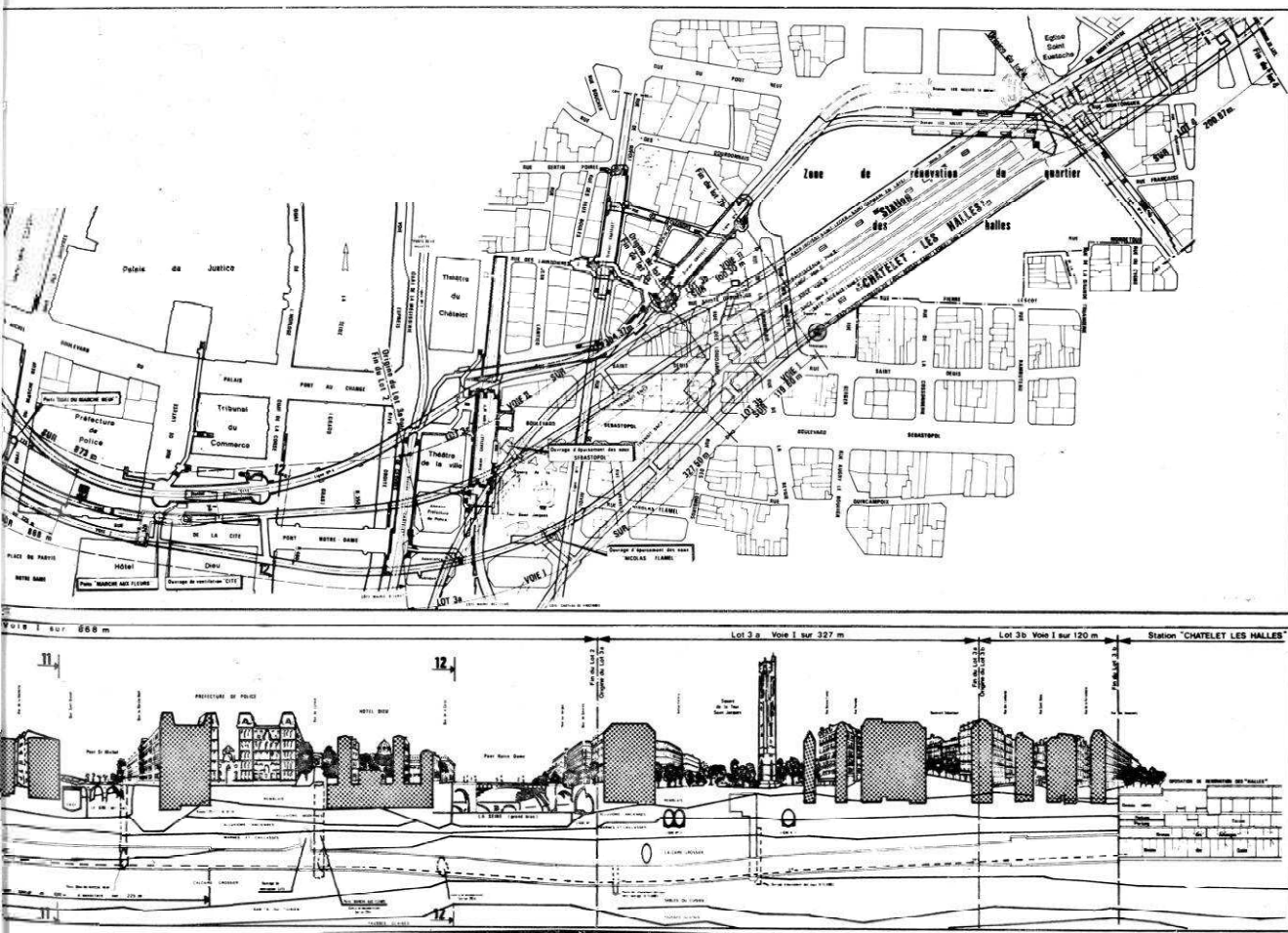




Fig. n° 2. — Lot 2. Tunnel de 8,70 m d'ouverture.

En raison du site et des conditions géologiques et hydrogéologiques très défavorables, la réalisation des ouvrages s'est révélée extrêmement délicate. Le recours à un traitement systématique des terrains traversés par les souterrains s'est révélé indispensable. Aussi les différents types de traitement suivants ont-ils été envisagés :

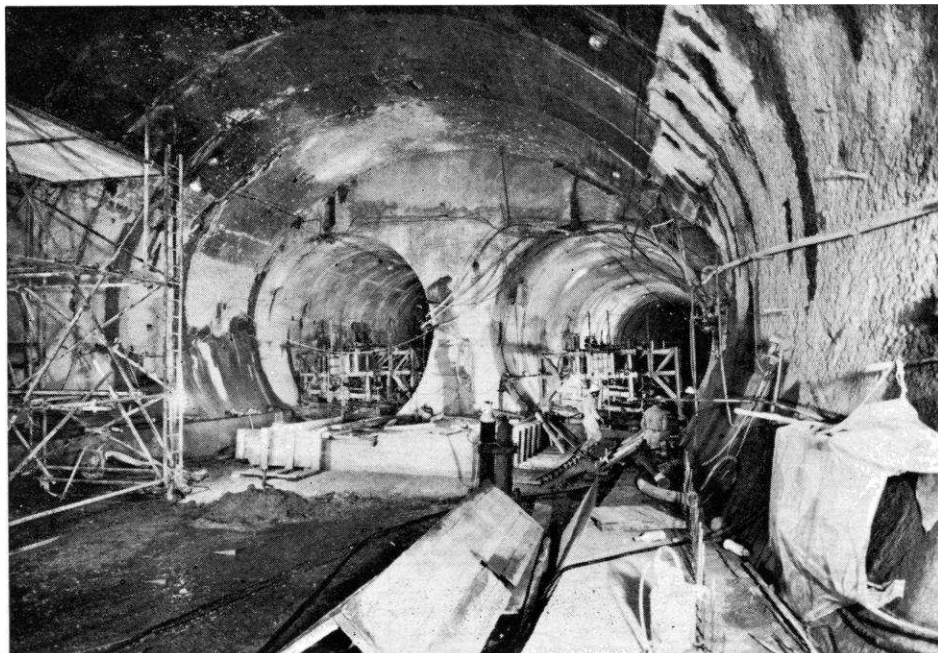
- traitement local de consolidation des alluvions anciennes dans le secteur du carrefour des boulevards Saint-Michel et Saint-Germain où les tunnels s'engagent à faible profondeur sous les immeubles du boulevard Saint-Michel ;
- traitement systématique de consolidation et d'étanchement des marnes et caillasses ;
- traitement d'étanchement des calcaires grossiers, en raison de l'importance de la charge d'eau supérieure à 20 m ;
- traitement de consolidation des sables du Cuisien dans la partie nord du lot où la base des souterrains a été exécutée à proximité immédiate ou à l'intérieur même de cette formation.

Ces traitements ont été exécutés pour la partie supérieure des ouvrages à l'avancement à partir du front de taille par tronçons de 22 à 25 m et pour la partie inférieure en auréoles à travers le stross. Dans certains cas,

les traitements ont pu être exécutés à partir du tunnel voisin préalablement revêtu.

L'ouvrage spécial de raccordement du tunnel à 2 voies aux deux tunnels à une voie, au droit du boulevard St-Germain, a été réalisé au moyen de méthodes classiques et a comporté, après traitement du terrain, une remise en compression des cintres de soutènement (fig. 3).

Fig. n° 3. — Lot 2. Ouvrage de raccordement au croisement du boulevard Saint-Michel et du boulevard Saint-Germain.



Les deux tunnels de 5,70 m d'ouverture (section pseudo-circulaire) ont été construits en commençant par l'établissement de la voûte.

Les terrassements ont été exécutés mécaniquement (Alpine), le soutènement du terrain étant assuré par des étais actifs et le bétonnage au moyen de coffrages télescopiques dont la translation était assurée par un portique. Les terrassements du stross ont été exécutés à la pelle mécanique. Les coffrages de la voûte ont été réemployés pour la construction du radier.

Au droit de la future station « Saint-Michel » du R.E.R., où les tunnels sont élargis à 8 m, leur exécution a comporté d'abord la construction de la voûte avec recompression des terrains supérieurs, puis celle des piédroits en quinconce et enfin le radier par plots de 8 m.

A proximité du quai de Gesvres, où le radier des ouvrages rencontre les sables du Cuisien, un rabattement systématique de la nappe par pointes filtrantes a complété le dispositif de protection au moyen d'injections.

**Lot 3 (447 m) :** Il se caractérise par des ouvrages situés en pleine masse calcaire aux abords de la Tour Saint-Jacques. Cette partie a été exécutée, après prédécoupage à la haveuse, par tirs à charge très réduite et très contrôlés (fig. 4). A l'arrivée à la gare





Fig. n° 4. — Lot 3a. Vue de la haveuse.

« Châtelet - Les Halles » où l'ouvrage s'élargit à 12 m et où la charge supérieure de calcaire est extrêmement réduite, la méthode de havage a été complétée par la mise en place d'arcs en béton préfabriqués mis en compression par vérin de clé après établissement des piédroits (fig. 5 et 6).

**Lot 4** (200 m) : Ouvrage de retournement des trains. Situés au nord de la gare « 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 Etienne-Marcel. Ces ouvrages, 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 (fig. 8).

Les travaux d'excavation des lots 3 et 4 ont été précédés, comme pour le lot 2, d'un traitement systématique

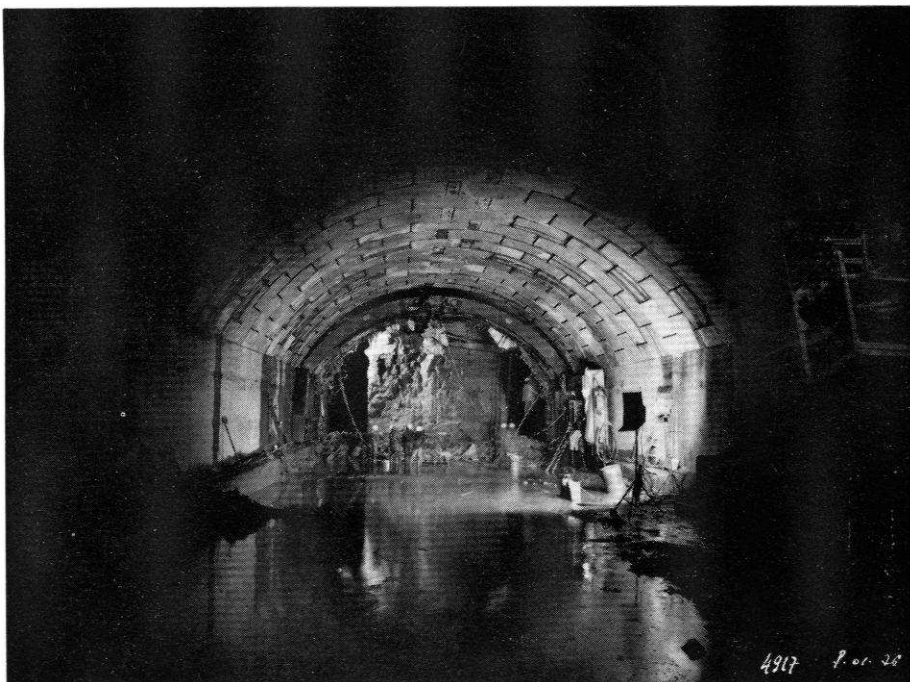


Fig. n° 5. — Lot 3b. Front de taille et pose de voursoires.

(Photo Saint-Bernard).



Fig. n° 6. — Lot 3b. Début de mise en place d'anneau de voûte. (Photo Saint-Bernard).

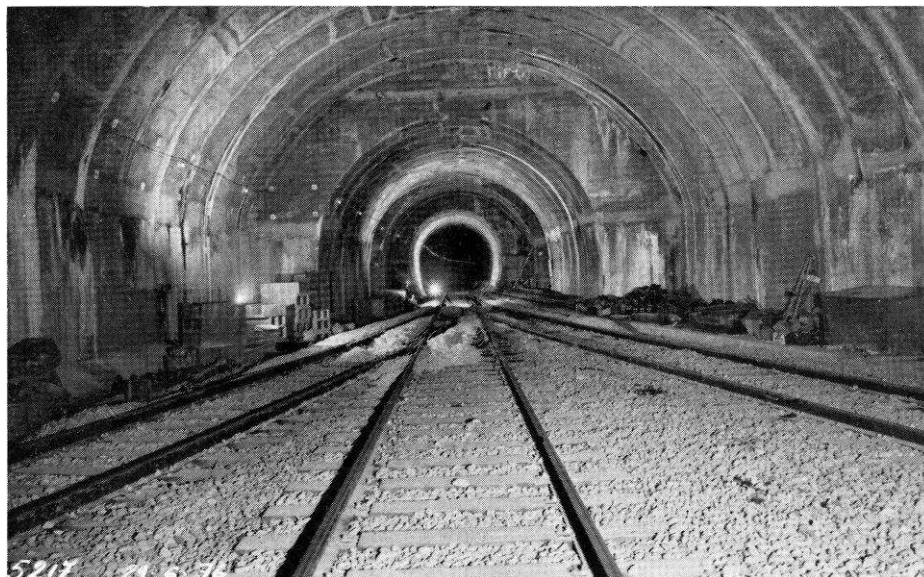


Fig. n° 7. — Lot 4. Tunnel de retournement des trains. (Photo Billerach).

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 très traditionnels spécialement adaptés en opérant par demi-sections.

## Équipement

Les équipements (postes de transformation, signalisation, épuisement, ventilation, voie en rails lourds soudés avec double appui élastique...) ont été réalisés comme pour le tronçon central de la ligne A suivant les techniques susceptibles de donner les meilleurs résultats tant au point de vue de la sécurité d'exploitation, que de celui du confort des usagers et de la diminution des nuisances pour l'environnement.

## Conclusion

La construction de cette section avait été programmée en prenant en compte les difficultés assez sérieuses de réalisation. Mais la préparation soignée des travaux a permis que ceux-ci se déroulent sans aléas. Les coûts qui ont atteint 600 MF, y compris les équipements et l'ouvrage d'arrière-gare de « Châtelet - Les Halles » constituant l'amorce du prolongement vers « Gare du Nord », ont pu être ainsi aisément maintenus légèrement en-deçà des prévisions. De plus, par un resserrement continu du planning à mesure que s'affirmait le déroulement normal des travaux, la date de livraison des ouvrages a pu être avancée de plusieurs mois de façon à faire coïncider la mise en service de cette section avec celle du tronçon central de la ligne A fin 1977. Les usagers de la ligne B ont pu ainsi bénéficier sans retard des correspondances offertes par la gare de « Châtelet - Les Halles ».



# la liaison Invalides - Orsay

par J. ALIAS

*Ingénieur des Ponts et Chaussées,  
Directeur de l'Équipement à la S.N.C.F.*

Une caractéristique commune de toutes les lignes de la SNCF est d'aboutir dans Paris à des gares terminales indépendantes les unes des autres et non reliées entre elles. Il s'ensuit que la diffusion des voyageurs dans Paris ne peut se faire dans la majorité des cas qu'en empruntant les transports urbains, métro ou autobus. La correspondance ne peut se faire qu'à la gare terminale, et les engorgements systématiques qui en résultent, dont la gare du Nord est l'exemple le plus frappant, sont suffisamment connus de tous pour qu'il soit inutile d'insister sur les inconvénients d'un tel système.

L'idée de réunir certaines gares entre elles est fort ancienne, mais l'importance des investissements à consentir n'avait jusqu'à présent permis à aucun projet d'aboutir.

Une amorce de solution était apparue dans les années 1900 avec le report d'Austerlitz à Orsay du terminus de la ligne de Paris à Orléans. Depuis lors, les usagers de la banlieue Sud-Ouest bénéficient d'une situation privilégiée puisqu'ils disposent de 3 gares dans Paris (Austerlitz, Pont-Saint-Michel, Orsay), entre lesquelles le trafic se répartit à peu près également. Mais il subsistait toujours un hiatus entre la gare d'Orsay et la gare des Invalides, pourtant distantes de moins de 1 km. Cette lacune va prochainement être comblée puisque les travaux nécessaires pour assurer la jonction entre les 2 gares ont débuté en 1975. Parallèlement, la modernisation de la ligne Invalides - Versailles Rive Gauche va être entreprise et l'alimentation électrique par troisième rail 750 V va être remplacée par la mise sous caténaires 1500 V de façon à assurer un équipement homogène avec celui en place sur la banlieue Sud-Ouest. A l'achèvement de ces travaux, en 1979, la Rive

Gauche se trouvera dotée d'une ligne transversale pouvant jouer le même rôle que le R.E.R. Est-Ouest sur la Rive Droite. Les trains circuleront en continuité de Juvisy et ses au-delà jusqu'à Versailles Rive Gauche ou Saint-Quentin-en-Yvelines et les usagers des 2 lignes disposeront, entre le boulevard Masséna et le boulevard Victor, de 9 gares de diffusion dans Paris, dont 6 en correspondance avec le métro (Figure 1).

L'opération intéressera directement un million de personnes riveraines des lignes de banlieue et on estime, pour 1980, à 75 millions le trafic annuel de voyageurs qui bénéficieront d'un gain de temps moyen de 7 minutes.

Il est envisagé de compléter cette transversale par une antenne qui se débranchant après la gare du Champ

de Mars rejoindra, par une infrastructure existant en grande partie, la vallée de Montmorency par Gennevilliers et Ermont.

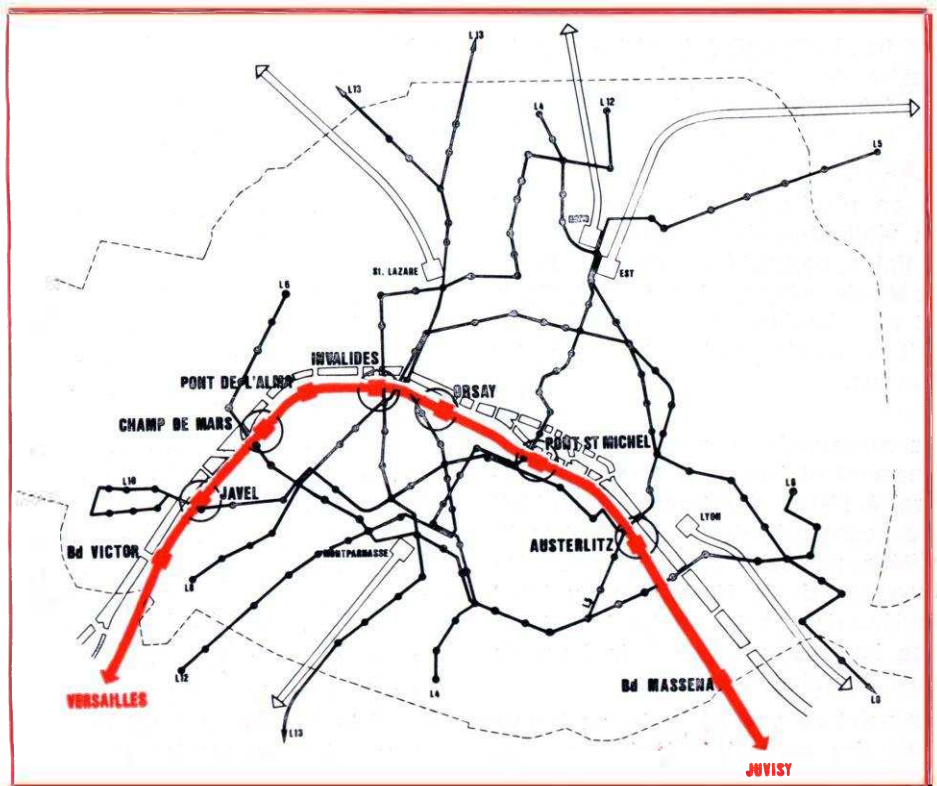
## I. - Le site et ses contraintes

Le tracé de la liaison nouvelle recoupe 3 lignes de métro :

- ligne 12, à proximité du Pont de la Concorde,
- ligne 8, à proximité du Ministère des Affaires Etrangères,
- ligne 13, à proximité de la gare des Invalides.

Les gares des Invalides et d'Orsay étant construites à fleur du sol, il n'était envisageable de concevoir

Fig. n° 1. — Transversale Rive Gauche. Diffusion dans Paris de métro en correspondance.





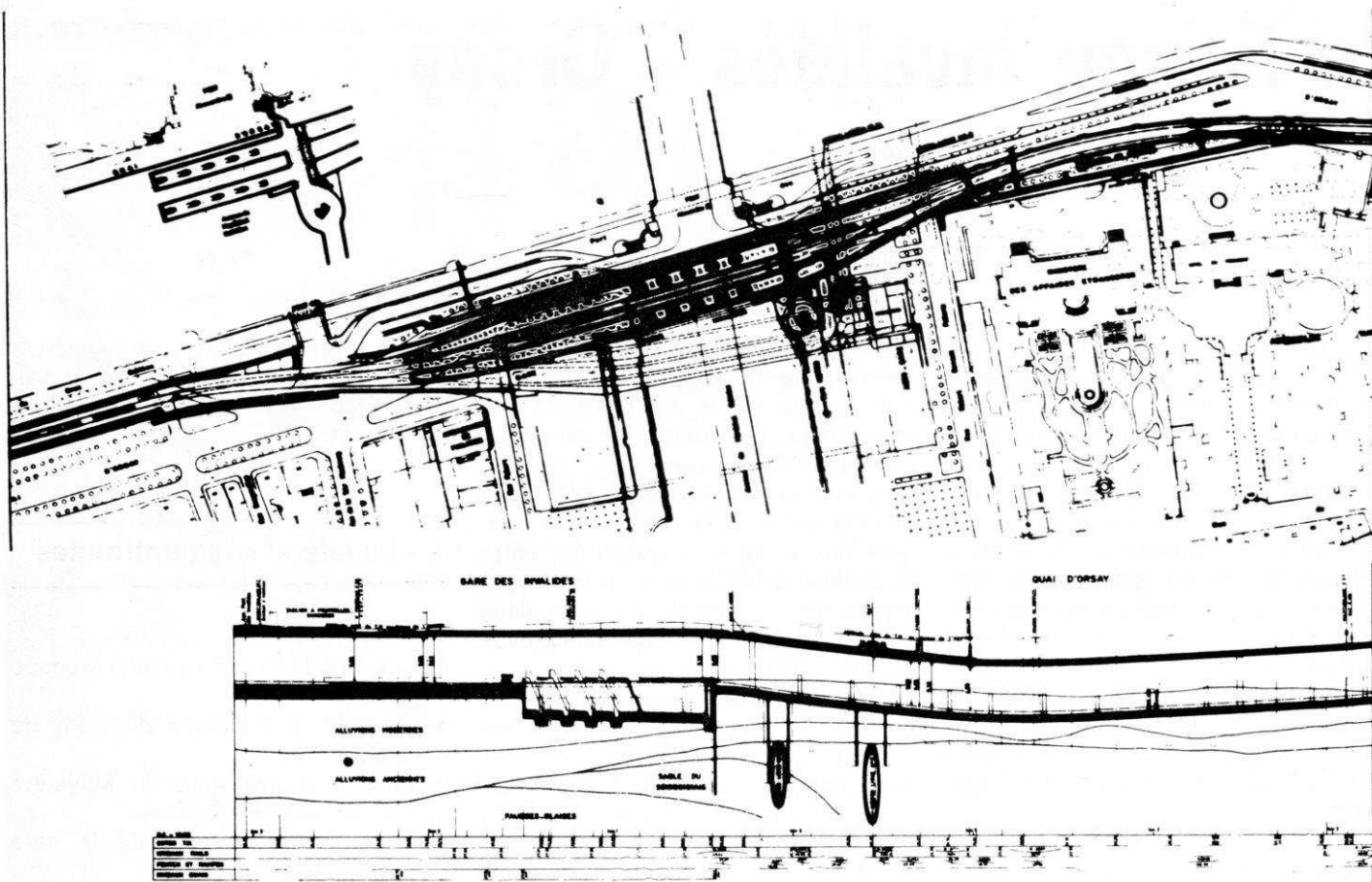


Fig. n° 2. — Tronçon gare des Invalides - Assemblée Nationale.

qu'un ouvrage faiblement enterré franchissant par dessus les ouvrages de la RATP (Figures 2 à 4).

Le tracé s'inscrit à l'intérieur du domaine de la voirie publique, sous le quai Anatole-France, tout en longeant la voie expresse rive gauche parallèlement à la Seine.

Il en résulte pour la conception et la réalisation de l'ouvrage des contraintes particulières dues à l'existence des réseaux de la Ville de Paris, et aux circulations routières qu'il fallait maintenir pendant la durée des travaux.

La conservation des plantations d'alignement et leur rétablissement intégral à l'issue des travaux ont réduit les possibilités de tracé déjà très limitées, par suite de la présence des ouvrages de la Navigation au Nord (culées des ponts) et des fondations des immeubles au Sud, le long du quai Anatole-France.

Du point de vue géologie, on trouve sous des remblais d'épaisseur com-

prise entre 3 et 10 m des formations modernes de la Seine (1 à 7 m), puis sous les alluvions anciennes (1 à 8 m) et à l'Est des couches de calcaire grossier avec les marnes et caillasse-susjacentes, tandis qu'à l'Ouest, les couches du Sparnacien débute par les sables cuisiers très ligniteux puis les fausses glaises (Figure 4).

La nappe phréatique se maintient sensiblement au niveau de la Seine, dont la cote d'étiage est de 26,40 et pour le calcul des sous-pressions de l'ouvrage, il a été tenu compte de crues à 31,50 m au pont d'Austerlitz. Le niveau du rail futur dans les 2 gares encadrantes sera à 80 cm au-dessus de la cote d'étiage de la Seine. Il est relevé de 40 cm à l'extrémité du quai Anatole-France, pour permettre la traversée du Collecteur de Bièvre modifié, et par contre s'abaisse respectivement à — 2,60 m et — 1,60 au milieu du quai d'Orsay et du quai Anatole-France, pour permettre le rétablissement des plantations et le passage des galeries des ouvrages des Concessionnaires.

## II. - La modification des ouvrages de la ville de Paris et des Concessionnaires

Les premiers ouvrages à réaliser étaient ceux appartenant à la Ville de Paris et destinés à remplacer les ouvrages existants, situés sur le tracé de l'ouvrage futur. Les études de ces ouvrages ont donné lieu à de multiples contacts avec les Service de la Ville de Paris, et le principe a été admis de réaliser directement, chaque fois que les circonstances le permettraient, des ouvrages définitifs compatibles avec le gabarit de l'ouvrage SNCF, et exécutés avant le début des travaux de celui-ci.

Ainsi, à l'Ouest du pont de la Concorde, sous le quai d'Orsay, la galerie des eaux fut remplacée par un ouvrage en béton armé, tandis qu'au droit du pont de la Concorde, trois

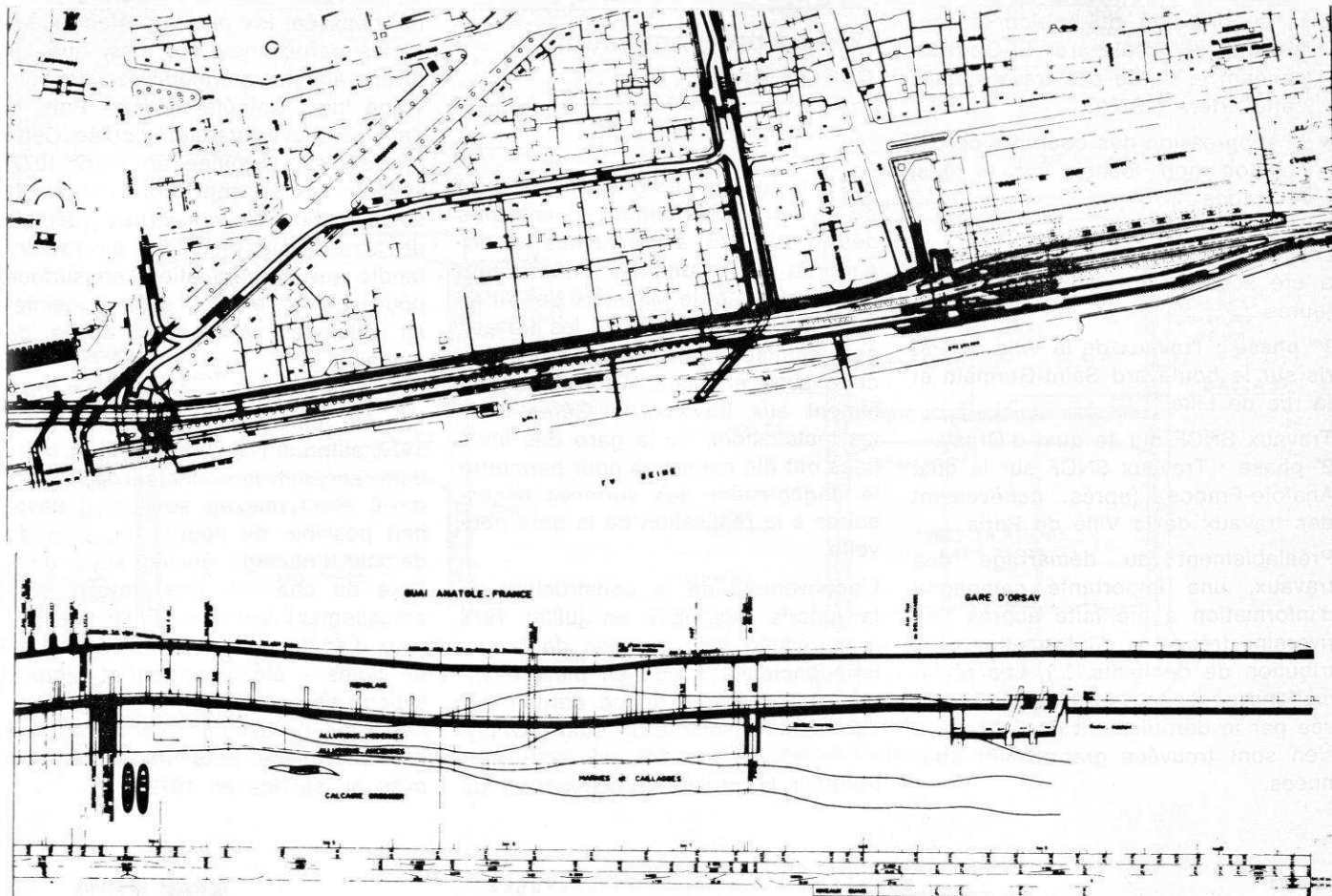


Fig. n° 3. — Tronçon Pont de la Concorde - Gare d'Orsay.

galeries furent réalisées pour maintenir la continuité des différents réseaux et permettre ultérieurement la création de l'ouvrage SNCF sous ces galeries. Ces travaux ont été réalisés de juillet 1975 à juin 1976.

Sur l'autre partie du tracé, il fallait dévier par la rue de Lille et le boulevard Saint-Germain le collecteur de Bièvre qui était situé sous le quai Anatole-France et créer un bassin de dessablement rue de Solférino ainsi qu'un déversoir en Seine.

Ces travaux, commencés en janvier 1976, se sont achevés en mars 1977. A cette date, il restait à réaliser l'égout unitaire du quai Anatole-France, et surtout l'ouvrage commun, correspondant au passage de ce collecteur, sous notre futur ouvrage. Ces deux derniers ouvrages ne pouvaient être réalisés qu'en même temps que les travaux de l'ouvrage SNCF proprement dit.

Si les ouvrages de la Ville de Paris — Collecteur d'égouts et galeries

d'eaux — constituent la partie la plus visible des travaux, les modifications des réseaux de concessionnaires (EDF-GDF, Chauffage Urbain, PTT, etc.) ont nécessité des études et des travaux de coordination délicats, compte tenu des impératifs propres à chacun. Selon le principe énoncé précédemment, tous ces travaux ont été réalisés avant les travaux de Génie Civil.

### III. - Les problèmes d'exécution liés au site

#### Circulation automobile et piétons

#### Méthodes de coordination

Le souci principal pour l'organisation du chantier de construction des ouvrages ferroviaires, entièrement situés

sous des voies routières à forte circulation, a été d'apporter le minimum de gêne à l'écoulement du trafic en opérant par phases et en interrompant la circulation le moins longtemps possible. Dans ce but, l'occupation de la chaussée a été limitée au délai strictement nécessaire à la mise en place des parois moulées latérales et de la dalle de couverture, tout le reste du travail étant ensuite exécuté en sous-œuvre.

En liaison avec la Direction de la Circulation à la Préfecture de Police et les Services de la Voirie, les seules modifications importantes ont été :

- la suppression de la circulation dans le sens Ouest-Est sur le quai d'Orsay, entre le pont des Invalides et le pont de la Concorde,

- la mise à sens unique de l'avenue Galliéni, ainsi que la mise en impasse de la rue Esnault-Pelterie, pendant la période d'exécution de l'ouvrage dans cette zone,

- la suppression du couloir à contresens du boulevard St-Germain pendant la durée des travaux dans cette artère (1976),
- la suppression des courants de circulation non locaux sur le quai A.-France.

#### IV. - La programmation des travaux

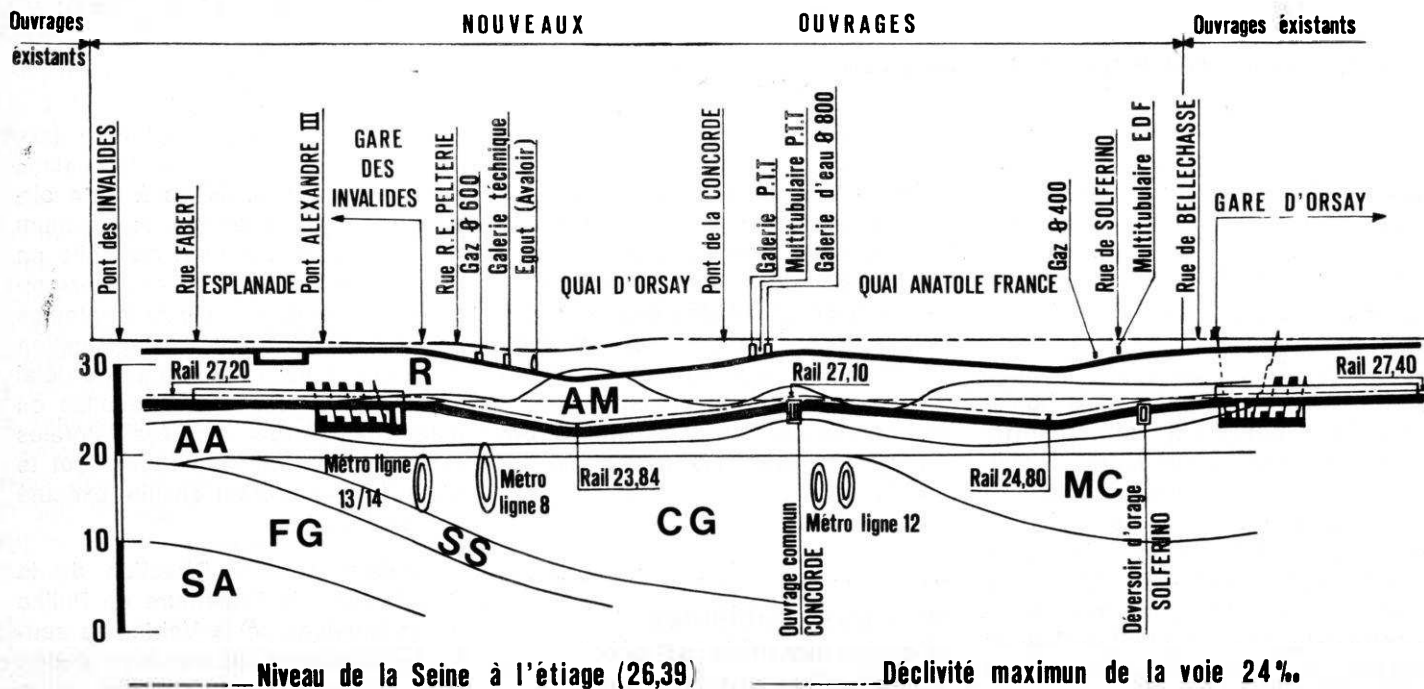
Les travaux de la Ville de Paris et de ses concessionnaires, entrepris dès juillet 1975, ayant permis de dégager la partie comprise entre le pont des Invalides et le Ministère des Affaires Etrangères (figure 2), les travaux ont commencé effectivement dans cette zone en mars 1976, et parallèlement aux travaux de Génie Civil, les installations de la gare des Invalides ont été modifiées pour permettre le dégagement des surfaces nécessaires à la réalisation de la gare nouvelle.

L'achèvement de la construction de la galerie des eaux en juillet 1976 a permis la neutralisation de la galerie ancienne située en plein chantier et l'extension de ce dernier par suite sur l'ensemble du quai d'Orsay.

Pendant la période d'occupation de

la chaussée, les parois préfabriquées et les parois moulées, ainsi que les divers appuis intermédiaires de l'ouvrage futur, ont été réalisés. Puis, la dalle de couverture a été coulée. Cette phase s'est terminée en mars 1977. Les travaux se sont alors poursuivis sous la dalle de couverture (déblais de Stross, établissement du radier), tandis que la circulation, en surface pouvait être rétablie, sauf à maintenir quelques trémies de sortie de déblais.

Les travaux sur le quai Anatole-France ont été entrepris à partir de mars 1977, selon la même méthode. A cette date, en effet, le collecteur de Bièvre dévié étant mis en service, il devenait possible de neutraliser, puis de démolir l'ouvrage ancien situé dans l'axe du chantier. Ces travaux sont actuellement terminés. Enfin, les travaux d'équipement de l'ouvrage (pose de voies - électrification et signalisation) seront entrepris et coordonnés avec l'ensemble des travaux de la transversale pour aboutir à une mise en service en 1979.



LEGENDE DES ETAGES GEOLOGIQUES	
<b>R</b> : Remblai	<b>FG</b> : Fausses glaises
<b>AM</b> : Alluvions modernes	<b>SA</b> : Sable d'Auteuil
<b>AA</b> : Alluvions anciennes	<b>MC</b> : Marnes et caillasses
<b>SS</b> : Sable du Soissonnais	<b>CG</b> : Calcaire grossier

Fig. N° 4. — Les réseaux divers. Les étages géologiques.



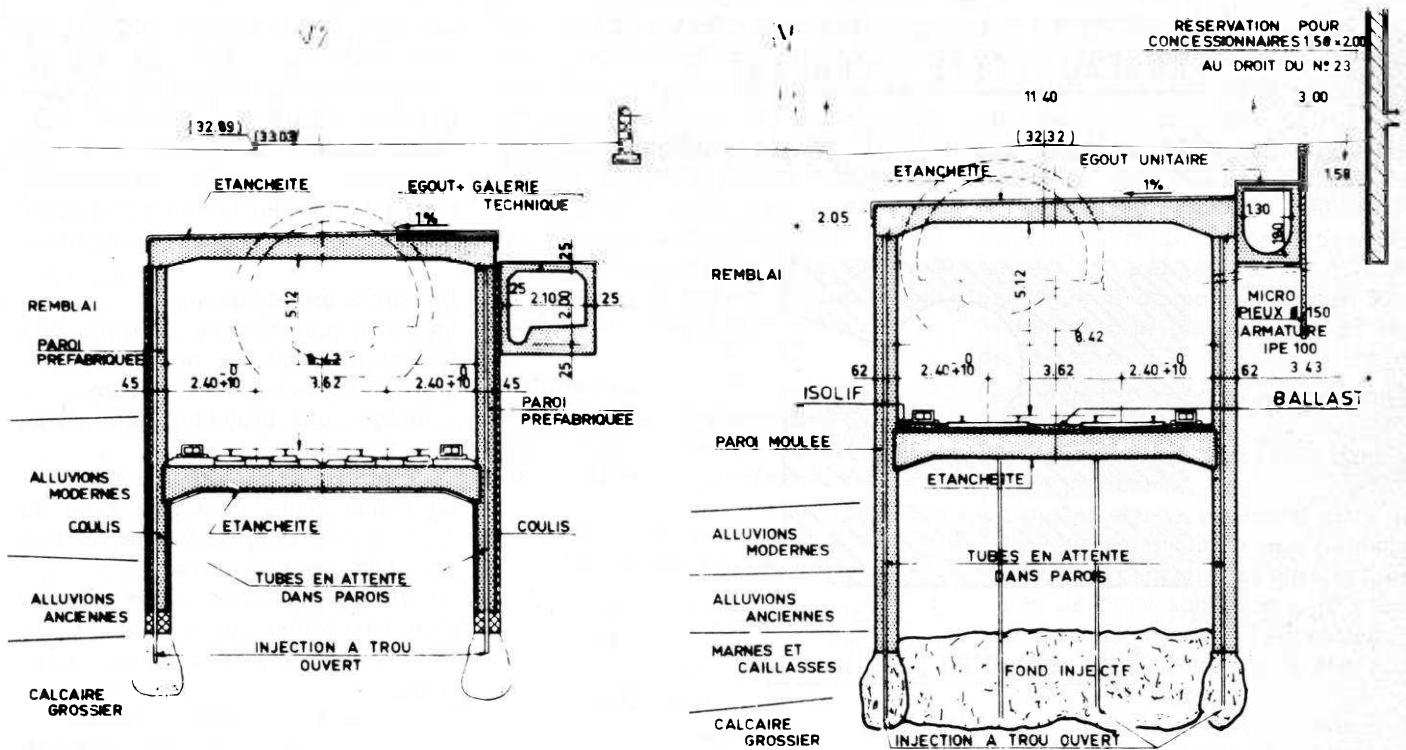


Fig. n° 5. — L'ouvrage de liaison. Coupes transversales types. Quai d'Orsay - Quai Anatole-France.

Après cette description rapide de la nouvelle liaison, nous dirons quelques mots ci-après sur la consistance du projet et certaines des techniques spéciales utilisées pour le réaliser.

## V. - Le projet L'aménagement des gares terminus actuelles et l'ouvrage de liaison

Le projet comporte en fait trois éléments principaux : les deux gares terminus actuelles des Invalides et d'Orsay auxquelles diverses transformations ont été apportées motivées par les nouvelles conditions d'exploitation et l'ouvrage de liaison proprement dit.

### 1/ Gare des Invalides

La gare future, gare de passage, comportera deux demi-gares à 2 voies encadrant un quai de 216 mètres de longueur utile. La partie neuve de

cette gare (deux voies et un quai) sera établie entre un mur en béton armé remplaçant l'ancien mur en maçonnerie limitant la gare actuelle et la voie express rive gauche, sous la chaussée du quai d'Orsay, tandis qu'une partie de la gare actuelle sera aménagée pour permettre le passage des 2 autres voies.

### 2/ Ouvrage de liaison

Cet ouvrage est entièrement sous la voirie publique d'Orsay, quai Anatole-France ; comme cela a déjà été souligné, le tracé a été déterminé afin de respecter au mieux les plantations d'arbres et permettre le passage des canalisations d'égouts et de concessionnaires entre les façades d'immeubles et l'ouvrage nouveau.

Le profil en long a été conçu en vue de respecter les hauteurs de terre nécessaires aux plantations, permettre le franchissement par dessus des réseaux RATP et des ouvrages des égouts, et faciliter les traversées des concessionnaires. Les dimensions intérieures normales de l'ouvrage futur sont de 5,12 m en hauteur et 8,42 m en largeur (Figure 5).

Cet ouvrage construit à ciel ouvert comporte deux piédroits en parois moulées dans le sol ou préfabriquées selon les zones, une couverture et un radier en béton armé, hormis à l'extrémité Ouest de la gare des Invalides, où la couverture est en poutrelles enrobées.

### 3/ Gare d'Orsay

La gare terminus actuelle sera modifiée et aménagée en gare de passage à deux demi-gares à 2 voies encadrant un quai de 216 mètres de longueur utile, dont la plus grande partie est située sous le quai Anatole-France. La couverture actuelle est maintenue, excepté à son extrémité Ouest, où quelques appuis sont modifiés.

## VI. - La réalisation des travaux Les techniques spéciales utilisées

Ces techniques, motivées principalement d'une part par le souci d'accé-

## PANNEAU TYPE COURANT

### Détail de réservation pour joint souple gonflable. ECHELLE 1/2

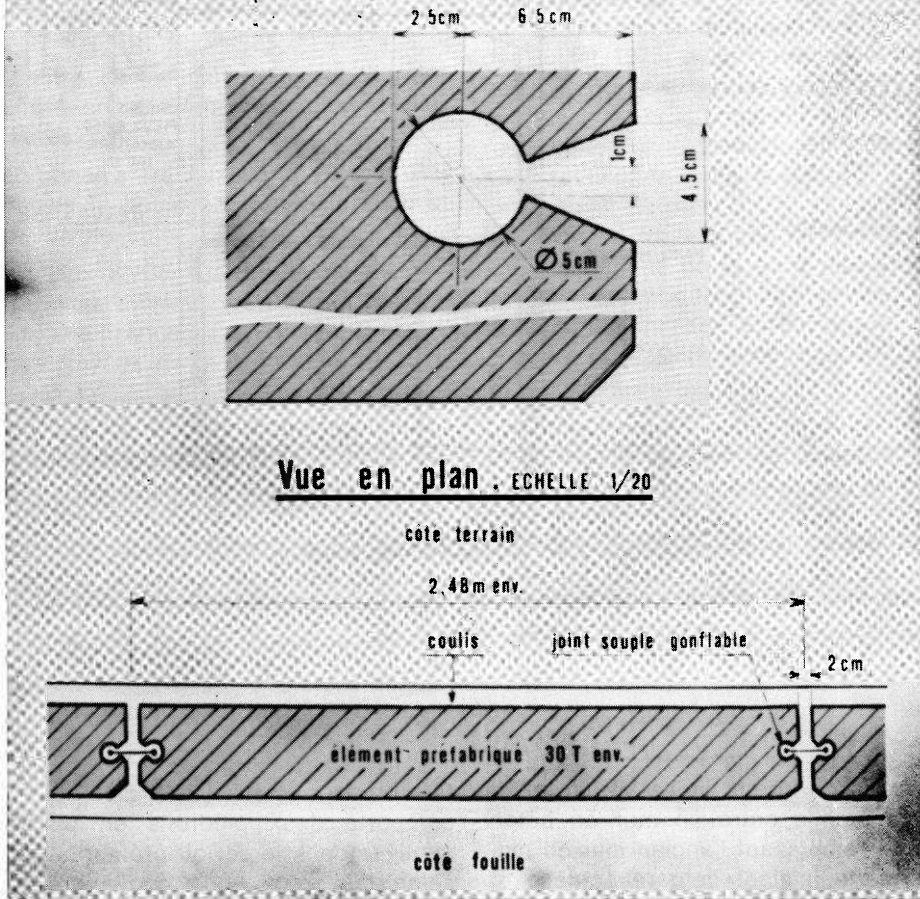


Fig. n° 6. — Joint pour panneau type courant.

lérer la réalisation de certaines phases pour restituer le plus rapidement possible les chaussées à la circulation, d'autre part la recherche d'une méthodologie permettant de sauvegarder en toute sécurité la stabilité des ouvrages et immeubles riverains, sont principalement :

- les parois moulées ou préfabriquées
- les poteaux profondés
- les micropieux de soutènement des fondations d'immeubles.

#### 1/ Parois moulées - Parois préfabriquées

Au total les surfaces mises en œuvre ont été de 9 800 m<sup>2</sup> pour les parois moulées et de 11 600 m<sup>2</sup> pour les parois préfabriquées.

##### a) Parois moulées

En ce qui concerne la paroi moulée,

qui est en fait, comme chacun sait, le remplissage d'une tranchée excavée, par du béton avec mise en place préalable d'une cage d'armatures, sa réalisation comporte trois phases :

- Forage sous protection de boue bentonitique afin de maintenir la tranchée ouverte en s'opposant à la poussée des terres et de l'eau. Cette excavation est réalisée par panneaux discontinus. Ces panneaux constituent des éléments quasi-indépendants au point de vue de la structure.
- Mise en place de la cage d'armatures.
- Bétonnage « en remontant » au moyen de tubes plongeurs, la boue étant alors évacuée et recyclée.

La technique, bien connue, ne donne pas lieu à des remarques particulières.

res. On peut noter toutefois que les nécessités du projet ont fait que quelques zones de parois se sont trouvées à l'aplomb de galeries existantes (bassin de dessablement du collecteur de Bièvre notamment). Préalablement au forage ces galeries ont alors été garnies de grave-ciment.

##### b) Parois préfabriquées

La paroi préfabriquée présente également trois phases de réalisation :

- préfabrication des panneaux
- forage sous protection d'un coulis bentonite-ciment
- mise en place des panneaux

Le coulis utilisé peut être celui qui a été utilisé pour le forage ou bien un coulis de substitution.

La première solution a été adoptée pour l'exécution des travaux.

Le coulis assure les 3 fonctions suivantes :

- étanchéité de la partie basse
- scellement au terrain des éléments préfabriqués
- blocage de l'espace libre entre éléments préfabriqués

Cette dernière fonction est loin d'être négligeable. Une paroi en BA n'est pas monolithique qu'elle soit moulée dans le sol ou préfabriquée puisque constituée de la juxtaposition de panneaux élémentaires, elle est vulnérable à la jonction entre ces panneaux où il peut se produire un renard lors de l'excavation de la fouille. Avec la perforation à la boue bentonitique, celle-ci au moment de l'excavation est devenue suffisamment résistante pour qu'un tel risque n'existe plus.

#### 1 — AVANTAGES DE LA PREFABRICATION

Les avantages de la préfabrication se regroupent autour de trois phases fondamentales de la réalisation de l'ouvrage : la conception, l'exécution, le contrôle.

##### • Conception de l'ouvrage

Le béton armé a un taux de travail plus élevé que le béton utilisé en paroi moulée, ce qui permet de diminuer les épaisseurs de parois et par suite les cubes de perforation. La perte d'inertie entraîne bien entendu un surplus de ferrailage.

Les bétons employés étaient réalisés au CLK 325 dosés à 400 kg/m<sup>3</sup>. Le CLK est utilisé pour résister à l'agressivité de la nappe.

La sécurité est accrue du fait d'un meilleur enrobage des armatures. Un bon réglage du positionnement vertical de la paroi permet d'être plus précis quant à la place des aciers en attente. Enfin, l'aspect de la paroi découverte en fait un produit quasi fini.

#### • Exécution

La préfabrication supprime, ou devrait supprimer, les sujétions inhérentes au bétonnage, puisqu'elle permet d'utiliser un chantier annexe proche d'une centrale à béton. La noria de camions-toupies est éliminée, le chantier n'en étant que plus propre ou moins sale selon l'humeur. La circulation routière est ainsi soulagée puisque l'approvisionnement du chantier peut se faire pendant les heures de moindre trafic. La préfabrication rend inutiles les ragréages et recépages, pour autant qu'elle a été convenablement exécutée.

Du fait de la suppression de certaines phases ou de la réduction et même de la suppression de certains travaux, les délais de réalisation d'une paroi porteuse se trouvent réduits

par rapport à ceux nécessaires pour une paroi moulée (cubes de perforation réduits, pas de temps de séchage postérieur à l'ouverture des fouilles, pas de recépage).

Dans le cas où le terrain résistant se situe à une profondeur importante, les charges sont transmises par le coulis auto-durcissant sans qu'il soit nécessaire de prévoir du béton jusqu'à la base du forage.

#### • Contrôles

Les contrôles de béton sont simplifiés par la confection des panneaux sur un chantier annexe.

## 2 — PARTICULARITES DE LA PREFABRICATION

Après avoir traité des avantages, il est souhaitable d'attirer l'attention sur certaines particularités inhérentes à la préfabrication.

La densité d'armatures au m<sup>3</sup> de béton est généralement importante compte tenu de la faible épaisseur des panneaux. A titre indicatif nous avons eu en moyenne de 150 à 180 kg/m<sup>3</sup> pour les parois préfabriquées de 0,55 et 0,45 m d'épaisseur et de

100 à 125 kg/m<sup>3</sup> pour les parois moulées de 0,60 m.

Des défauts d'étanchéité peuvent se manifester au droit des joints.

Les tolérances d'implantation et de verticalité dans les deux plans des panneaux sont parfois difficiles à respecter lorsque la plage des tolérances est très étroite et que les panneaux à manipuler pèsent 30 à 34 tonnes pour des hauteurs de l'ordre de 15 m.

Les défauts principaux rencontrés sont alors :

- des défauts de verticalité dans le plan des parois,
- des défauts de verticalité dans un plan perpendiculaire aux parois,
- des défauts contrariés qui à la jonction de deux zones de parois exécutées séparément nécessitent la confection de parois spéciales pour fermer l'ouvrage,
- des défauts de mise à niveau de la partie supérieure des parois.

Ce dernier incident entraîne un décalage des aciers en attente de la liaison radier-piédroits, ce qui peut créer quelques difficultés lors de l'exécution ultérieure des radiers.

# La technique de traction TCO pour toutes applications de transport en France et à l'étranger :



métros • automotrices  
voitures de chemins de fer  
autorails • locomotives  
tramways • trolleybus

Flame automotrice « Réseau Express Régional »

La Sté de TRACTION CEM-OERLIKON (TCO) - fournisseur des moteurs de traction et d'équipements électriques des motrices RER — est un constructeur spécialiste

**TRACTION CEM oerlikon**

37, rue du Rocher  
75008 PARIS  
Tél. 522.85.90/74.61  
Télex : 650 663 Oerlik Paris



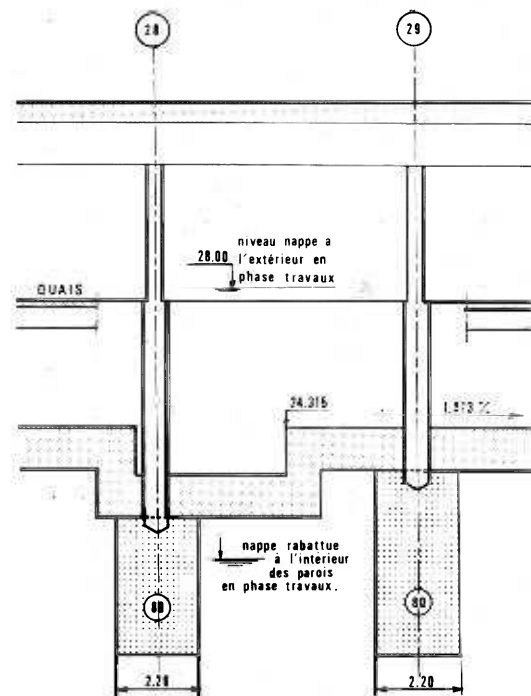
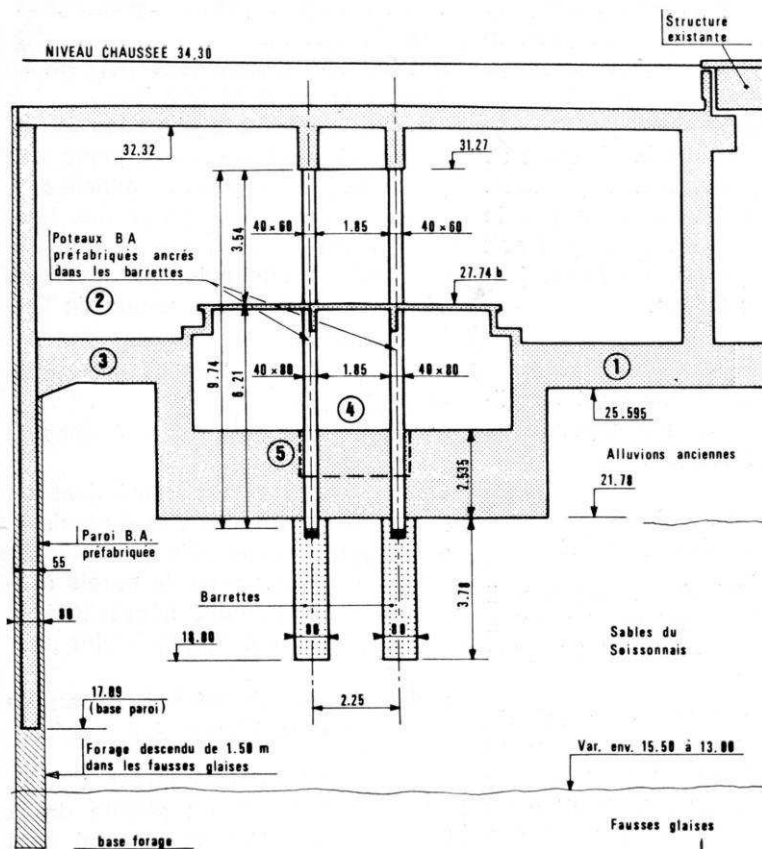


Fig. n° 7. — Gare des Invalides. Extension côté Seine. Les poteaux profonds.

Le problème le plus délicat à résoudre a été de toute façon celui du positionnement des éléments de parois. En effet le respect du gabarit ferroviaire et l'étréoussse du passage possible pour notre ouvrage imposaient d'observer des cotes d'encombrement très strictes.

Aucune tolérance en moins n'était admise par rapport au gabarit. La précision admissible en plan était de  $-0/+5$  cm.

La tolérance de verticalité, calculée à partir de la face supérieure des murets-guide, était de 5 mm par m de hauteur.

### 3 - JOINTS ENTRE PANNEAUX

Le joint utilisé est un joint gonflable type waterstop en caoutchouc à 2 alvéoles cylindriques qui se logent dans leurs réservations (Figure 6).

Une fois en place, ces alvéoles sont gonflés à l'aide d'un coulis sous 7 bars de pression et épousent parfaitement leur logement, assurant ainsi une parfaite étanchéité aux eaux extérieures aidé en cela par le coulis durci.

Le manque de rigueur dans le positionnement des éléments de parois peut conduire à une mauvaise réalisation des joints. En effet si ces derniers peuvent admettre une certaine déformation, passé un certain seuil, des déchirures se forment.

Le pourcentage des joints ayant nécessité une reprise est de l'ordre de 3 % environ (soit une dizaine, ce qui reste très peu important).

### 2 - Poteaux profonds

Cette technique a été retenue pour l'extension côté Seine de la gare des Invalides (figure 7). Elle a été utilisée pour exécuter les poteaux des files d'appui intermédiaire, y compris leur fondation, dans le but de réaliser le plus rapidement possible le niveau supérieur de la structure.

La construction des niveaux inférieurs s'est effectuée ensuite en descendant, ce mode de réalisation permettant le rétablissement rapide de la circulation routière en surface.

Les poteaux préfabriqués en BA de section  $0,40 \times 0,60$  et  $0,40 \times 0,80$

d'une longueur de 9,70 m environ sont fondés sur des barrettes isolées de section  $2,20 \times 0,80$ . Ces barrettes sont descendues dans les sables du Soissonnais afin d'obtenir une force portante suffisante mais en prenant garde de ne pas provoquer le poinçonnement du Soissonnais au-dessus des fausses glaises.

L'exécution comprend les phases suivantes :

- réalisation d'un préterrassment,
- exécution des murettes-guides et forage à la boue,
- mise en place simultanée du poteau préfabriqué et de la cage d'armature de la barrette,
- réglage du poteau en altitude, en plan, en verticalité (escaliers mécaniques entre poteaux),
- coulage du béton de la barrette.

On peut noter la dépouille en V de l'extrémité du poteau pour permettre un bon bétonnage et être assuré d'une bonne liaison de la structure future avec la barrette.

Le choix de cette méthode a permis d'éviter l'exécution en présence de

la nappe phréatique de fouilles blindées importantes pour la réalisation des semelles sous les appuis ponctuels, qui auraient été incorporées ultérieurement au radier.

L'implantation a été réalisée avec une précision compatible avec les impératifs de dimensions de la structure. Le gain de temps par poteau est de l'ordre de 3 semaines, il a en effet fallu moins d'une semaine environ par poteau alors que 4 semaines environ auraient été nécessaires par l'utilisation d'une méthode classique.

### 3 - Micropieux

Les immeubles du quai Anatole France devaient être protégés de tous mouvements éventuels dus à la déconsolidation des terrains d'assise, la fouille se situant très près de leurs fondations (figure 5). Généralement, dans des conditions similaires, les fondations sont reprises ou stabilisées en sous-œuvre.

Ici nous avons retenu l'idée originale d'une pré-paroi réalisée par un rideau de micropieux de  $\varnothing$  150 mm armé d'un profil métallique IPE de 100 mm. Leur espacement est de 300 mm avec une profondeur moyenne de 6,00 m. Ils sont coiffés en tête par une longrine filante. Le matériau d'enrobage est constitué par un coulis autodurcissant utilisé pour le forage.

Leur réalisation a été faite par piano-tage pour éviter une saignée plus ou moins continue. Des voûtes de décharge se créent en prenant appui sur le rideau de micropieux et assurent la tenue des fondations.

Toutes les précautions ont été prises pour que les boues de forage n'envahissent ni les caves, ni les galeries de traversées de canalisations, et le planning des travaux a été établi en vue de limiter les troubles et le bruit pour les riverains.

La nécessité de mettre en place ce rideau de micropieux était principalement liée à la réalisation d'une fouille pour l'établissement d'un égout, entre les façades des immeubles riverains du quai Anatole France et la paroi Sud de l'ouvrage principal de la liaison.

Les micropieux forés au coulis bentonite-ciment étaient descendus à 1,50 m environ sous le fond de fouille. Un butonnage était mis en place entre

le rideau de micropieux et la paroi moulée piédroit, au fur et à mesure de l'exécution du terrassement. Les fondations des immeubles ne pouvaient en effet admettre aucune décompression des terrains superficiels d'assise.

L'ensemble des immeubles a été équipé de repères de nivellement et un suivi constant a été réalisé quotidiennement. Aucun mouvement ne s'est révélé.

## VII. - Le passage à l'arrière du pont de la Concorde

L'exécution de cette partie d'ouvrage a été particulièrement délicate, en raison de la complexité des réseaux et galeries existantes, des contraintes liées à la circulation, mais aussi de la présence de la culée du pont de la Concorde. Ce pont, en maçonnerie, comporte cinq arcs dont la poussée est évaluée à 3 200 tonnes pour la culée ancienne et à 1 500 tonnes pour chacune des deux culées adjacentes amont et aval, réalisées lors de l'élargissement du pont (Figure 8).

La culée ancienne de 16,50 m de largeur est fondée sur des pieux en bois couronnés par un platelage. En l'absence toutefois de renseignements précis sur le mode de transmission et de reprise des composantes horizontales des efforts, les travaux ont été prévus en deux phases principales :

1) injections d'imperméabilisation et de consolidation de tout le volume situé à l'arrière de la culée, pour améliorer les caractéristiques du terrain

2) exécution des fouilles, soit entre parois moulées, soit entre parois béton armé classique construites en fouilles blindées. Pendant les travaux, des butons pouvant être activés à tout moment étayaient les parois.

Il est intéressant de donner quelques précisions sur le programme d'injections.

Le niveau inférieur du radier de l'ouvrage ferroviaire est situé en-dessous du niveau inférieur de la culée la plus ancienne, les terrains rencontrés à cet emplacement sont des plus anciens aux plus récents :

- du calcaire grossier dont le toit est environ à la cote 20 NGF, soit pratiquement à la limite calcaire grossier moyen / calcaire grossier supérieur,
- des alluvions anciennes sablo-graveleuses de 21 à 23 NGF,
- des alluvions modernes limoneuses jusqu'à 26 NGF environ,
- des remblais, variables mais généralement limoneux de 26 NGF à la surface.

Le programme d'injections prévu dans ce lot visait à atteindre deux buts essentiels :

- étancher les alluvions, et en particulier, les alluvions anciennes, afin de créer un fond de fouille étanche et stable,
- consolider l'ensemble des alluvions afin de supprimer tout risque pour la culée du pont de la Concorde, et si possible, permettre un allègement des dispositifs de butonnage de la galerie ferroviaire.

Pour s'entourer d'un maximum de garantie, un contrôle des résultats d'injections a été réalisé avant l'ouverture des fouilles pour s'assurer, par des méthodes théoriques, de la stabilité de la culée dans les différentes phases de travaux et dans les différentes conditions de soutènement.

La méthodologie adoptée en ce qui concerne les alluvions modernes et anciennes a différé de celle envisagée à l'origine, d'une part, par la suppression permise par la granulométrie des terrains, de l'injection d'une résine phénoplaste (produit très coûteux) dans les alluvions modernes situées derrière la culée du pont, par l'uniformisation de l'ensemble du traitement, et, d'autre part, par la modification des pourcentages de coulis bentonite-ciment, et de gel de silicate prévus pour ce traitement.

Dans la méthode appliquée, la quantité de coulis mis en place, dans la mesure où la pression de refus n'était pas obtenue, pouvait atteindre 35 % du volume théorique du terrain.

L'injection de gel n'intervenait ensuite que pour remplir les vides laissés lors de l'injection bentonite-ciment. On a ainsi pu limiter au minimum nécessaire le traitement au gel, en injectant le plus possible de bentonite/ciment, produit peu onéreux.

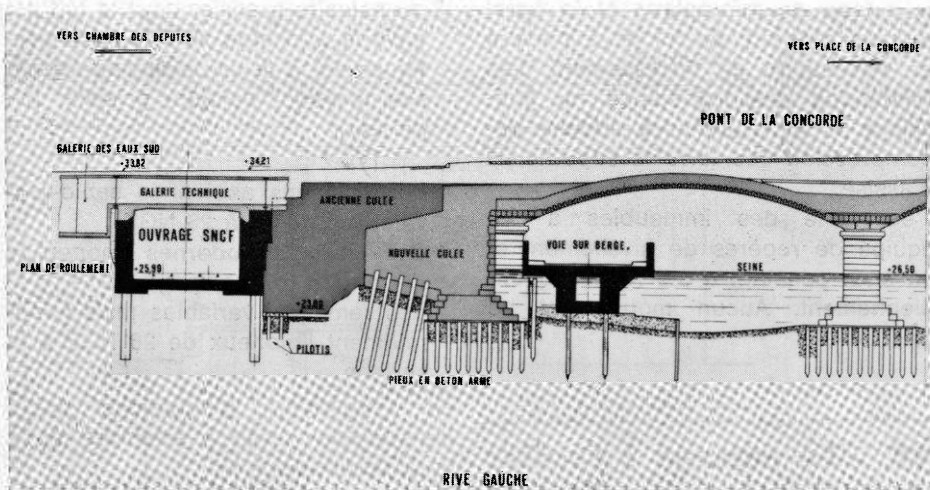
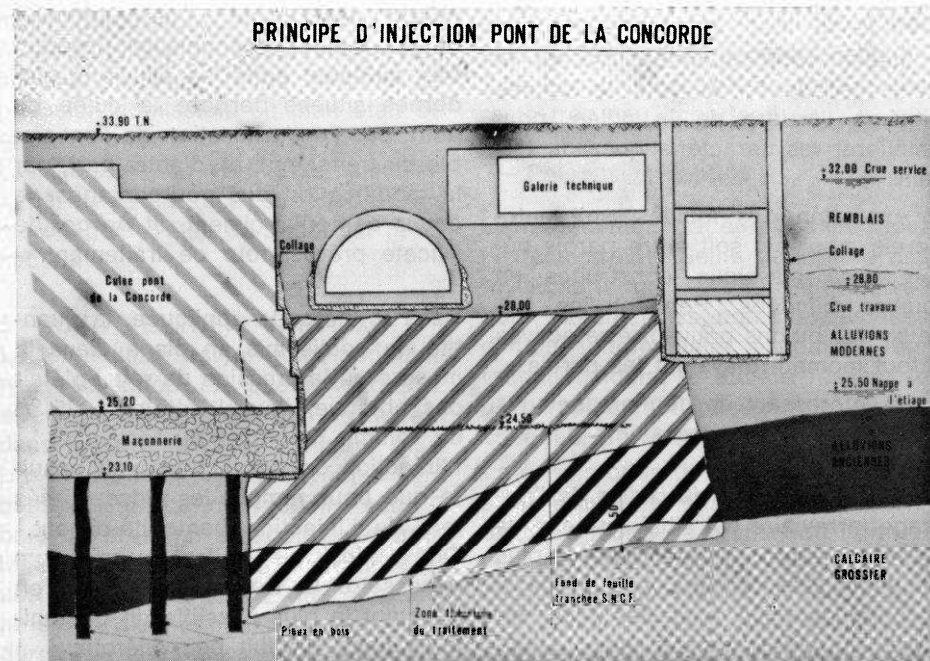
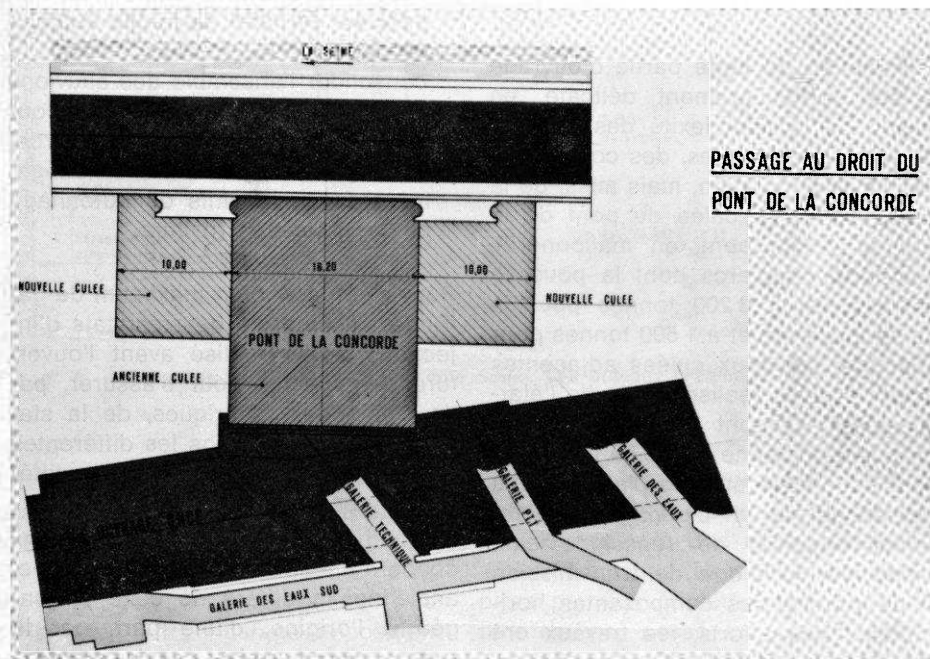


Figure 8



Le pourcentage moyen du volume théorique effectivement injecté dans les niveaux calcaires, souvent à une pression nettement inférieure à la pression de refus, est voisin de 10 %, ce qui est élevé pour une roche en place, et semble révéler un réseau dense de fissures relativement ouvertes : fissures horizontales suivant les joints de stratification, et fissures verticales correspondant aux cassures et chenaux d'altération.

Des essais réalisés avant et après traitement des sols ont donné respectivement des coefficients de perméabilité décroissant de  $10^{-4}$  pour arriver à  $10^{-6}$ . Il est très probable que, si la roche n'avait pas été traitée, sa perméabilité aurait été très élevée.

Le choix de cette méthodologie simple et n'utilisant pas de matériaux très coûteux a permis à la S.N.C.F. de réduire le coût des injections. De plus, l'efficacité du processus s'est révélée dans la mesure où, d'une part le volume de gel de silice était nettement suffisant pour imprégner le faible pourcentage d'alluvions susceptibles de l'être, et d'autre part, le colli-bentonite/ciment était en quantité telle qu'il a pu à la fois :

- remplir les zones décomprimées ou les vides éventuels au voisinage et sous la culée du pont, en améliorant ainsi sa stabilité propre,
- augmenter par compression les qualités mécaniques des matériaux limoneux serrés dans le réseau d'alvéoles créé par « claquage », et constituer des couches résistantes de pseudobéton dans des horizons graveleux.

Pour la mise en œuvre et le contrôle des injections, nous nous sommes fortement inspirés des recommandations du groupe de travail : « traitement des terrains », de l'AFTES.

Grâce à une surveillance continue du pont de la Concorde, au fur et à mesure de l'avancement de la campagne d'injections, nous avons pu diminuer, au moment propice, les pressions d'injections et les cadences, particulièrement, lors du constat d'un léger soulèvement de la culée du Pont. Nos mesures, à cet égard, donnaient une précision de l'ordre de  $1/10^{\circ}$  de mm, soit une précision réelle de l'ordre de 0,5 mm, si l'on tient



compte de la marge d'erreur des appareils de mesure.

Après la phase d'injection, les travaux étaient exécutés dans l'ordre suivant :

- réalisation des barrettes de parois moulées là où il était possible de les exécuter compte tenu de l'encombrement des réseaux,
- construction des piédroits en fouilles blindées sur 3,50 m de hauteur,
- construction de la dalle de couverture,
- terrassement d'une première phase de 3,50 m sous dalle de couverture,
- mise en place de butons actifs,
- exécution de la 2<sup>e</sup> partie des piédroits, excavation jusqu'en sous-face du radier,
- coulage du radier,
- suppression des butons.

Les travaux de terrassement de 2<sup>e</sup> phase et de coulage du radier ont été fractionnés en trois parties dans le sens Est-Ouest, une tranche ne pouvant être commencée qu'après prise du béton de la tranche précédente.

---

### **VIII. - Les travaux d'équipement et la mise en service**

---

Les travaux de génie civil de la jonction Invalides - Orsay peuvent être considérés comme terminés en mars 1978, à l'exception de quelques parachèvements et du rétablissement des voiries dans leur état définitif qui se poursuivront jusqu'à l'été.

Les travaux d'équipement : aménagement des gares, pose de la voie, déroulage des câbles et des caténaires, postes de signalisation, sont commencés et vont durer un an.

Parallèlement, la ligne est modernisée entre Invalides et Versailles R.G., avec équipement en caténaires 1 500 Volts.

En octobre 1979, l'ancien matériel 750 V aura totalement disparu et la Transversale Rive Gauche, devenue ligne C du R.E.R., sera parcourue par des trains reliant Versailles à Juvisy, Etampes et Dourdan, en desservant toute la rive gauche de Paris par neuf gares échelonnées du Boulevard Victor au Boulevard Masséna.



## **Le sigle de l'eau propre.**

Fondé en 1933, l'Omnium d'Assainissement est spécialisé dans les techniques d'hygiène publique. Son activité, dans le domaine du traitement des eaux, porte sur l'étude et la réalisation d'installations d'épuration d'eaux résiduaires : urbaines, industrielles et mixtes. Elle porte également sur la conception et la réalisation d'installations de traitement d'ordures ménagères et de déchets industriels.

Disposant de procédés et de techniques de pointe et d'une solide expérience confirmée par l'exploitation de nombreuses installations, l'O.D.A. est apte à affronter tous les problèmes de traitement d'effluents et de boues résiduaires quelles que soient leur importance et leur complexité. Ses références en France et à l'Etranger le placent au premier rang des spécialistes européens.

**Omnium d'assainissement.**

Spécialiste du traitement des eaux usées de toute nature

**Le DOUBLON - 11, avenue Dubonnet - 92407 Courbevoie Cedex - Tél. : 774.46.64**

# la déviation de Tillières-sur-Avre (R.N. 12)

par Vincent AMIOT

*Ingénieur des Ponts et Chaussées à la direction  
départementale de l'Équipement de l'Eure.*

## Le site de Tillières

Le développement de Tillières-sur-Avre, située à l'extrême Sud de la Normandie a été limité par le site escarpé qu'elle occupe : au Sud la rivière, au Nord le plateau dominant la vallée d'une cinquantaine de mètres et présentant vers celle-ci un versant assez abrupt. Ultérieurement la voie ferrée Paris-Granville est venue constituer en limite du plateau une nouvelle frontière à l'urbanisation préservant au Nord de grandes étendues agricoles et barrant par un grand remblai l'accès à un talweg Nord Sud très prononcé.

La route nationale 12 qui constitue l'axe le plus direct reliant la Bretagne à la Région Parisienne traversait donc à 105 km de Paris le bourg de Tillières-sur-Avre suivant un tracé particulièrement sinueux ; de Paris vers la Province : une longue descente vers la vallée, après deux virages difficiles et depuis longtemps meurtriers, une traversée du bourg très étroite (10 mètres entre façades), longue (près de 2 km) et coupée en son milieu de deux angles droits formant baïonnette, puis la remontée sur le plateau. On comprend que dans une topographie aussi tourmentée les projets de déviation forcément très onéreux n'aient pu aboutir avant 1970.

Cependant l'accroissement important de la circulation et notamment sur cet axe, le fort pourcentage de poids lourds et les pointes de week-end très marquées (24 000 véhicules par jour



Passage supérieur à deux travées.

en 1972) se traduisait à Tillières par des difficultés particulières :

1°) Avec des temps d'attente annuels de 148 heures dans le sens Paris-Province et de 60 heures dans le sens Province-Paris ; en 1972, Tillières-sur-Avre occupait la 20<sup>e</sup> place des points de circulation difficile recensés par le Centre National de Circulation Routière (hors région parisienne).

2°) Les accidents étaient nombreux dans les rampes d'extrémités ; malgré les revêtements anti-glissance mis en œuvre sur la chaussée à plusieurs reprises, des poids lourds sont allés s'encaster dans les maisons d'habitation et c'est un miracle que ces accidents n'aient jamais été meurtriers.

3°) Nuisances particulièrement élevées pour les riverains du fait de l'importance de la circulation et de l'absence de recul des habitations par rapport à la route.

Si on en croit le récit des habitants, la situation tournait certains jours au cauchemar.

C'est donc dans ces conditions que nous avons pu obtenir l'inscription de la déviation de Tillières au VI<sup>e</sup> Plan.

Malheureusement, le projet allait connaître un nouveau contre-temps du fait de l'hostilité de la Municipalité au premier tracé soumis à l'enquête préalable à la Déclaration d'Utilité publique au printemps 1973. Nous fûmes donc conduits à étudier plusieurs variantes et à retenir finalement un

tracé qui avait l'avantage de s'éloigner des zones bâties mais l'inconvénient de toucher davantage les exploitations agricoles et d'être largement plus onéreux puisqu'il franchissait deux fois les voies ferrées.

Ainsi ce n'est qu'en Juillet 1975, à l'issue d'une nouvelle procédure d'enquête publique, que les emprises étaient libérées ; et alors que nous croyions voir arriver la fin du plan sans que l'opération puisse être financée, le Plan National de Soutien à l'Economie de Septembre 1975 nous permettait d'engager immédiatement les travaux.

---

## Les terrassements

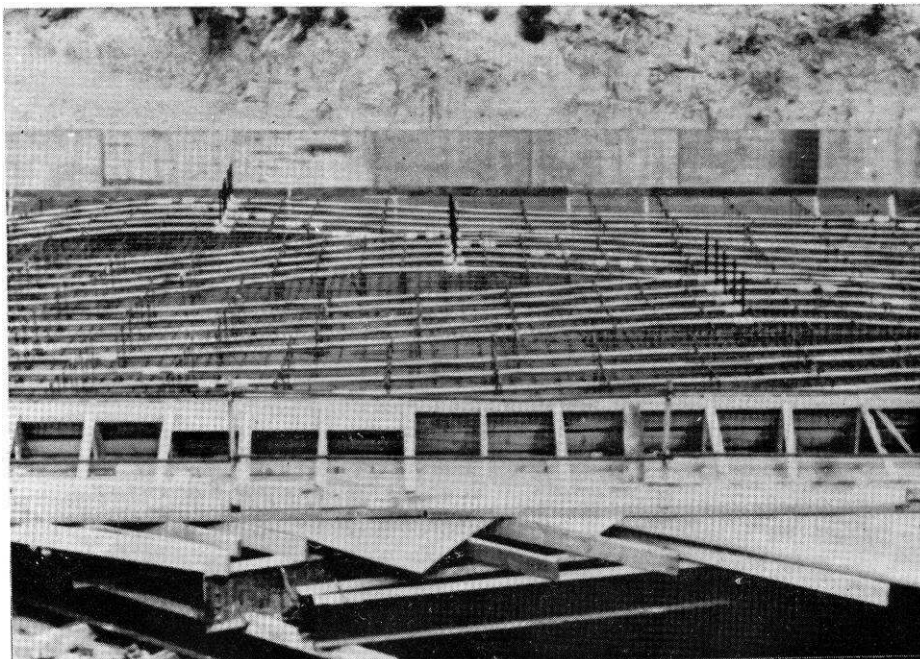
---

L'exécution des terrassements ne justifie pas de longs développements. Nous indiquerons simplement :

1°) que le terrain s'est révélé beaucoup plus hétérogène que ne le laissait prévoir l'étude géotechnique préalable. La double conclusion qu'il convient d'en tirer est que d'une part, toute parcimonie au niveau des études préalables peut être chèrement payée lors de l'exécution des travaux, mais que d'autre part, aussi poussée qu'ait pu être l'étude géotechnique et nombreux les essais (sondages, identification, etc...), il y a lieu d'être très prudent dans leur interprétation et de ne pas extrapoler de manière aventureuse les résultats.

2°) que nous avons pris la précaution de négocier avec un riverain de la déviation le remblaiement d'un terrain pour y déposer nos déblais excédentaires (environ 150 000 m<sup>3</sup>). Cet emplacement était tout à fait central par rapport au chantier ce qui a permis de réduire les coûts. Les choses ne se présentent malheureusement pas de manière aussi favorable mais il y a toujours lieu de prospecter suffisamment tôt.

3°) que nous avons prévu un pourcentage de réutilisation de 70 %, objectif qui a pu être atteint sans difficulté, en grande partie grâce à la sécheresse inhabituelle en Normandie du printemps et de l'été 1976. Si l'année avait été pluvieuse, la



Castage des passages supérieurs S.N.C.F. très biais ((37 grades).

grande sensibilité à l'eau des matériaux (argiles à silex mais avec un pourcentage de silex extrêmement variable — voir notre première observation) nous aurait certainement posé des problèmes.

4°) que les bonnes conditions dans lesquelles l'appel à la concurrence a pu être lancé, dès notification du Plan de Soutien (dossier prêt) plusieurs mois avant le début des travaux (Novembre 1976 pour Avril 1977), nous ont permis d'obtenir des prix intéressants, citons à titre indicatif (valeur Novembre 1975) :

- déblais mis en dépôt : 3,62 F/m<sup>3</sup>
- déblais mis en remblais : 4,29 F/m<sup>3</sup>

---

## Les ouvrages d'art

---

Le projet comportait l'exécution de 8 ouvrages proprement dits :

1°) trois passages inférieurs de type PIPO ou PICF sur lesquels il n'y a rien à dire

2°) trois passages supérieurs de type PSDP : après comparaison avec le prix de revient d'ouvrages en béton armé à 4 travées, nous avons retenu deux ouvrages à 2 travées (environ 2 fois 24 m) avec tablier précontraint,

d'épaisseur constante, à large encorbellement. Ce type d'ouvrage présente des avantages intéressants :

- sur le plan de la sécurité : suppression des piles en rive de chaussée et augmentation du champ de visibilité, notamment pour les ouvrages situés dans les échangeurs ;
- sur le plan esthétique, si la pile centrale est bien dimensionnée, nous jugeons le résultat satisfaisant.

3°) deux passages inférieurs assurant le franchissement des voies ferrées Paris-Granville ; ces ouvrages présentent un biais très prononcé : 37 grades. Deux solutions avaient été examinées lors de l'A.P.S.

- portiques ouverts très biais
- ouvrage à 3 travées avec dalles précontraintes.

Les coûts prévisionnels sommaires ne permettant pas de trancher à coup sûr, trois éléments nous ont conduits à retenir la seconde solution : la surhauteur des ouvrages, la possibilité de réduire la largeur par suppression de la bande d'arrêt du fait de la longueur des P.S. et enfin la possibilité de réutiliser plus facilement les échafaudages ainsi que l'augmentation totale de la quantité de précontrainte (voir choix des P.S.). Lors de la réalisation de ces derniers ouvrages, nous avons été amenés à



faire face à deux types de problèmes : une difficulté de calcul, une sujétion d'exécution.

La difficulté de calcul résultait du biais très prononcé de ces ouvrages (37 grades). Les dispositions usuelles des ouvrages du type PSI-DP nous conduisaient à mettre en place une quantité de précontrainte supérieure d'environ 25 % aux quantités normales pour un ouvrage droit de mêmes portées ; ce qui nous paraissait excessif. En jouant sur le tracé des câbles et en affinant le calcul nous avons finalement pu ramener les quantités de précontrainte dans le domaine usuel. Les câbles ont été regroupés en 4 familles ; dans chaque famille, les points hauts et les points bas ont été alignés perpendiculairement au bord libre de la dalle conformément au schéma ci-contre.

La sujétion d'exécution a été rencontrée lors de l'exécution des fondations de l'ouvrage n° 2. Une cavité a été mise à jour qui n'avait pas été décelée lors des études géotechniques. Nous avons donc été amenés à procéder à une reconnaissance gravimétrique de la zone suspecte et à compléter ces résultats par des sondages au wagon-drill. Lorsque nous avons été certains que la cavité découverte était unique, nous avons procédé à son injection à l'aide d'un

coulis de ciment et de bentonite (23 m<sup>3</sup> ont été nécessaires). Dans une zone où les terrains sont très hétérogènes il semble qu'une telle anomalie résulte d'une dissolution d'une poche de sol en place à la suite de circulations d'eau.

---

## Les chaussées

---

Lors de l'appel d'offres nous avons proposé aux entreprises plusieurs solutions variantes bien définies dans le dossier de consultation.

### **Chaussée de type 1** (structure blanche)

Couche de fondation traitée au liant hydraulique : 20 cm

Couche de base traitée au liant hydraulique : 25 cm

Couche de roulement en béton bitumineux : 8 cm

Le liant hydraulique pouvait être du laitier (solution de base), des cendres volantes ou du ciment (avec ajout de retardateur de prise).

### **Chaussée de type 2** (structure mixte)

Couche de fondation traitée au liant hydraulique : 25 cm

Couche de base en grave bitume : 15 cm

Couche de roulement en béton bitumineux : 6 cm

Pour le liant hydraulique nous laissons la même latitude que dans le cas précédent.

### **Chaussée de type 3** (béton de ciment)

Couche de fondation en grave-laitier : 15 cm

Couche de roulement en béton de ciment : 25 cm

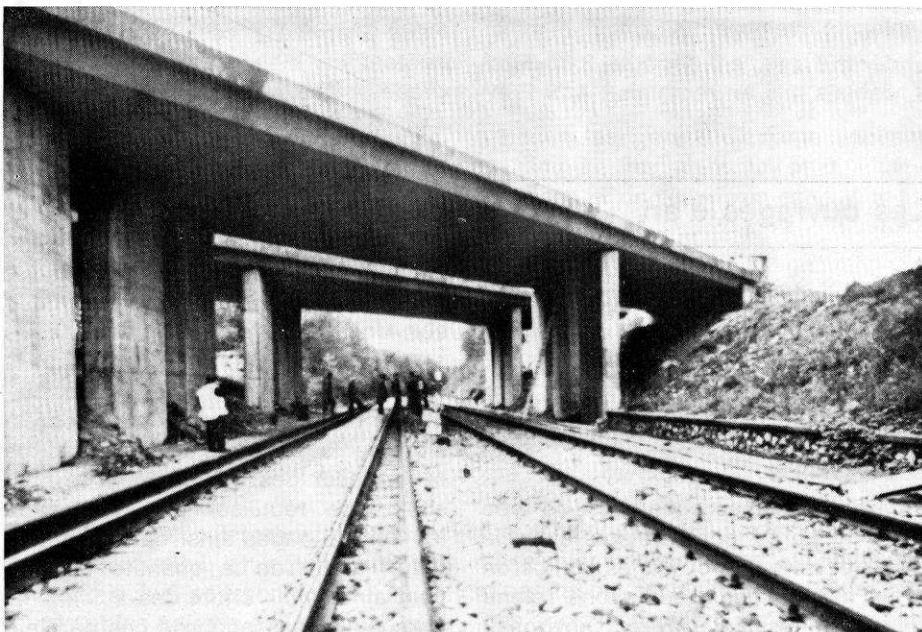
Nous avons obtenu les résultats bruts suivants lors de l'ouverture des plis :  
Chaussée de type 1 : Moyenne des 3 meilleures offres : 7 110 000 F T.T.C.  
Chaussée de type 2 : Moyenne des 3 meilleures offres : 7 090 000 F T.T.C.  
Chaussée de type 3 : Offre la plus avantageuse : 8 100 000 F T.T.C.

A titre indicatif, ces prix sont valeur Août 1976 ; ils correspondent à la réalisation d'environ 80 000 m<sup>2</sup> de chaussée neuve et de divers travaux connexes (terrassements, assainissement, terre-plein et accotements).

Ces résultats nous confirmaient tout d'abord que la solution chaussée en béton de ciment n'était pas concurrentielle compte tenu de la taille du chantier. Cet écart brut de 14 % avec les autres solutions se trouvait augmenté lorsqu'on tenait compte des incidences du coût des terrassements du fait de la différence des épaisseurs totales de la chaussée.

Le coût de la structure mixte s'est retrouvé finalement un peu plus élevé que celui de la structure blanche à cause des travaux des terrassements d'une part (différence des épaisseurs de chaussées à rattraper) et d'autre part du fait que, après consultation du Laboratoire Central des Ponts et Chaussées, nous avons décidé de porter dans la structure mixte l'épaisseur de la couche de roulement de 6 cm à 8 cm. Au total, et toutes choses égales par ailleurs, il apparaissait que la structure mixte était plus onéreuse de 5 %.

Mais il convenait également de tenir compte du fait que l'adoption d'une structure mixte permet d'éliminer la perspective d'une deuxième couche de béton bitumineux pour pallier les conséquences néfastes de la fissuration transversale des graves traitées au liant hydraulique. C'est pourquoi nous nous sommes finalement arrêtés à la structure suivante :



Vue en élévation du passage supérieur sur les voies prévues.

- couche de fondation : graves 0/20 de silex traitées aux cendres volantes sur 25 cm d'épaisseur
- couche de base : grave bitume 0/20 de quartzite sur 15 cm d'épaisseur
- couche de roulement : béton bitumineux sur 8 cm.

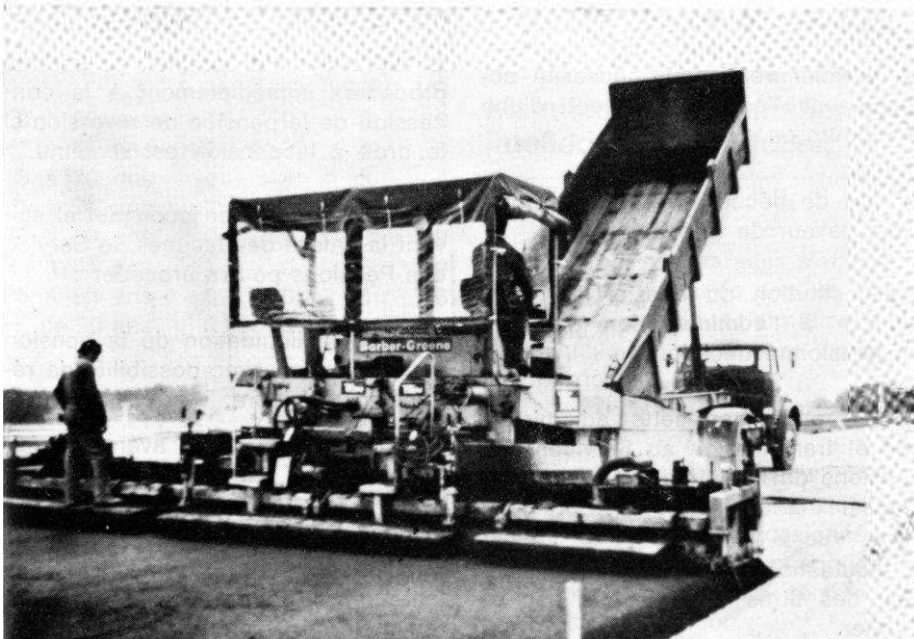
### STRUCTURE DE LA CHAUSSEE

- 8 cm Béton bitumineux de quartz 0/10
- 15 cm Grave-bitume de quartz 0/20
- 25 cm Grave cendre volante de silex 0/20
- 37 cm Grave naturelle 0/100

### Conclusion

L'ensemble des travaux a été exécuté en moins de 17 mois puisque le chantier a été ouvert le 15 janvier 1976 et que la déviation a été ouverte le 9 juin 1977. Si ces délais ne constituent pas un record, ils sont cependant très honorables eu égard à la masse des travaux et si on tient compte du fait que la période en cause recouvre bien sûr un hiver complet. Une parfaite organisation des entreprises alliée à une coordination vigilante du Maître d'œuvre entre les différents intervenants ont permis d'atteindre ce résultat et deux chiffres

Mise en œuvre de la grave bitume en couche de base.



### QUELQUES QUANTITÉS

#### TERRASSEMENTS ET CHAUSSEES

Déblais	400.000 m <sup>3</sup>
Remblais	255.000 m <sup>3</sup>
Graves naturelles	115.000 T
Graves Cendres Volantes	53.000 T
Graves bitume	27.500 T
Béton bitumineux	15.600 T

#### OUVRAGES D'ART

Surface utile des tabliers	4.500 m <sup>2</sup>
Volume total des bétons	5.900 m <sup>3</sup>
Acier doux	5.000 kg
Acier haute adhérence	425.000 kg
Acier de précontrainte	71.000 kg

sont à cet égard significatifs : en 1976 les terrassements ont été réalisés sur la base d'une cadence moyenne de 100.000 m<sup>3</sup> par mois (cadence de pointe 8 000 m<sup>3</sup> par jour) et les ouvrages d'art ont été exécutés à raison d'un par mois.

Enfin, nous ne voudrions pas terminer sans indiquer que les coûts initialement annoncés ont été aussi bien tenus (en francs constants) que les délais. L'opinion selon laquelle les travaux exécutés par les Ingénieurs des Ponts et Chaussées donnent lieu très souvent à des dépassements importants des estimations initiales, est trop répandue dans le public et même

chez certains élus pour que nous ne saisissons pas ici l'occasion de montrer que quelques cas isolés — aussi célèbres soient-ils — ne permettent d'induire une règle.

L'avant-projet de la déviation de Tillières a été approuvé pour un montant de 22 M.F. (valeur Août 1973) et le montant définitif a été arrêté en Janvier 1977 à 29,8 M.F. On voudra bien comparer cette augmentation (35 %) à la variation, pendant la même période, des conditions économiques : l'index représentatif du coût moyen des travaux publics a, lui, augmenté de 66 %. Encore devons-nous indiquer que le reliquat des crédits va nous permettre de réaliser dans le courant du printemps 1978 un important programme de plantation arrêté à la suite d'une étude paysagère réalisée par le SETRA. Ces plantations doivent permettre d'assurer une bonne insertion de l'ouvrage dans son environnement. Nous gagnons que le traumatisme — si le mot n'est pas trop fort — subi par le paysage à la suite des grands mouvements de terre exécutés s'estompera plus vite que celui subi par les Tilliérois riverains de l'ancienne nationale et soumis naguère, nuit et jours, aux trépidations du trafic.

# informations retraités

## accélération de la liquidation des pensions

Les lenteurs apportées au règlement du premier terme de la pension des nouveaux retraités et plus encore celles du règlement des pensions de reversion suscitent de nombreuses doléances.

Pour pallier ces inconvénients, une circulaire du Ministère de l'Economie et des Finances (Service des Pensions), en date du 3 novembre 1977, modifie les procédures préalables à la liquidation des pensions de manière à en accélérer le paiement. Les dispositions de cette circulaire doivent être mises en œuvre au cours du 1<sup>er</sup> semestre 1978.

Elles seront résumées dans une brochure d'information, en cours de rédaction. Cette brochure sera remise d'office aux fonctionnaires deux ans avant la limite d'âge. Elle pourra être obtenue par tout agent qui en fera la demande à son service gestionnaire. L'essentiel des modifications apportées aux procédures est analysé ci-après :

### I. - Constitution des dossiers de pension

(au moins quatre mois avant la date de départ à la retraite).

Ces mesures de simplification doivent être appliquées immédiatement sans attendre la réforme du Code des

### NOMENCLATURE DES PIÈCES (REGLES ACTUELLES)

- 1 - Demande de liquidation de pension avec déclaration d'élection de domicile et de non cumul.
- 2 - Extrait d'acte de naissance.
- 3 - Déclaration de situation de famille.
- 4 - Déclaration pour l'octroi de majoration pour enfants.
- 5 - Justifications d'état civil pour chacun des enfants (extraits d'acte de naissance et éventuellement copie d'acte de décès).

### DISPOSITIONS NOUVELLES

- Imprimé en cours d'aménagement pour ne maintenir que la partie relative à l'élection de domicile.
- Supprimé.
- Supprimée.
- Maintenue. Imprimé en cours d'aménagement.
- Supprimées.

Pensions qui interviendra pour entériner les dispositions précédentes.

### II - Accélération du premier versement de la pension de reversion Procédure actuelle

Le premier versement nécessite actuellement l'accomplissement d'une procédure en quatre temps :

- 1) Avis de décès adressé au Comptable payeur de la pension.
- 2) Constitution du dossier et transmission à l'administration d'origine du pensionné décédé.
- 3) Instruction par cette administration et transmission au Services des Pensions du Ministère de l'Economie et des Finances.
- 4) Liquidation de la pension et émission des titres de paiement par ce dernier.

### Procédure nouvelle

A partir du 1<sup>er</sup> avril 1978, le dossier, constitué conformément aux indications du Comptable du Trésor, informé du décès du retraité, sera transmis directement au Service des Pensions du Ministère de l'Economie et des Finances qui en assurera l'instruction.

Si le dossier est complet, ce Service procédera immédiatement à la concession de la pension de reversion si le droit à la pension est reconnu.

En cas de dossier incomplet et suivant la nature des lacunes, le Service des Pensions pourra procéder :

- soit à la liquidation de la pension de reversion avec possibilité de réversion ultérieure,
- soit à l'octroi d'une avance forfaitaire.

Il faudra un certain temps pour juger de l'efficacité de ces mesures. Les lenteurs qui pourraient subsister sont à signaler au Secrétariat du Syndicat.



# analyse des renseignements apportés par l'enquête de l'A.I.P.C. et du S.N.A.I.P.C. auprès des I.P.C. retraités et en fin de carrière

## Renseignements statistiques

Nombre de camarades consultés :  
600 retraités,  
110 actifs.

Les réponses reçues, soit 104, font apparaître un taux de 14,6 %.

La statistique des réponses par âge est la suivante :

50/60	61/65	66/70	71/75	76/80	81/85
1	18	27	29	10	10
		86/90	> 91		
		6	3		

Pour faciliter l'interprétation des réponses, le groupe de travail les a récapitulées comme suit :

- A et RA : Camarades en activité à l'Etat et retraités ayant une activité rémunérée.
- RB : Camarades retraités ayant diverses activités bénévoles.
- RD : Camarades retraités disponibles.
- VR : Camarades véritablement retraités.

Bien que les limites entre les différentes catégories soient imprécises et parfois arbitraires, le classement des réponses par âge et par catégorie est le suivant :

	A-RA	RB	RD	VR
50 à 60 ans	1	0	0	0
61 à 65 ans	11	3	4	0
66 à 70 ans	14	4	5	4
71 à 75 ans	3	9	2	15
76 à 80 ans	0	1	0	9
81 à 85 ans	1	0	0	9
86 à 90 ans	0	0	0	6
+ de 90 ans	0	0	0	3
	—	—	—	—
	30	17	11	46

## Occupation des loisirs

Il s'agit d'un domaine marqué par la

personnalité de chacun, aussi les désirs exprimés sont-ils très diversifiés. Les retraités recherchent en général, dans les loisirs procurés par la retraite, le prolongement et le développement des occupations et des distractions qui leur ont apporté les meilleures satisfactions pendant leur vie active ou encore dans lesquelles ils ont acquis une certaine maîtrise.

L'occupation des loisirs est fonction :

- des aptitudes,
- des goûts,
- des habitudes,
- du genre de vie,
- des milieux fréquentés,
- des moyens d'existence,
- de la résidence,
- de l'état de santé,
- de l'âge, etc...

D'une manière générale, les retraités ont trouvé le milieu adéquat pour l'exercice de leurs occupations favorites ou ne l'ont pas recherché. Il n'est pas signalé de difficulté dans ce domaine.

Vingt quatre camarades seulement déclarent participer ou souhaiter participer aux activités offertes aux personnes du 3<sup>e</sup> âge.

## Maintien de la formation intellectuelle et technique

La plupart des camarades s'efforcent, par les moyens variés dont ils disposent, de maintenir la formation technique qu'ils ont acquise au cours de leur carrière.

Les facilités offertes par l'E.N.P.C. paraissent relativement peu connues ou inaccessibles en raison de l'éloignement et des frais occasionnés. La gratuité possible de l'inscription et des frais de séjour ne semble pas avoir attiré l'attention.

Néanmoins, vingt sept camarades souhaitent être informés des séances de formation professionnelle spécifiques à leur spécialité.

## Contrats et missions d'assistance technique

Vingt sept Camarades exercent ou souhaitent exercer ce genre d'activité. Quatre sont inscrits à l'E.C.T.I. et treize souhaitent s'y inscrire, mais déclarent être dépourvus du support logistique nécessaire. Beaucoup ignorent cet organisme. Trois des inscrits ont été déçus.

## Concours aux organismes publics et privés

De nombreux Camarades apportent, sous différentes formes, ou ont apporté un concours rémunéré ou bénévole à de multiples organismes publics et privés dont l'action s'exerce dans les domaines administratif, municipal, social, éducatif et religieux. Le concours bénévole à des organismes à caractère social est particulièrement développé : trente quatre Camarades déclarent apporter un tel concours.

Plusieurs Camarades résidant en province ont exercé ou exercent des fonctions municipales diverses et ont un rôle important dans les organismes d'H.L.M. ou d'urbanisme. Vingt exercent des activités rémunérées.

Quinze, sans être effectivement engagés, expriment le désir d'exercer des activités de cette espèce, rémunérées ou non.

On est frappé par la variété des domaines dans lesquels les Camarades ont pu faire apprécier la qualité de leurs services : enseignement, cliniques ou hôpitaux, stations de sports d'hiver, sociétés équestres, sauvegarde de l'environnement, œuvres sociales, etc...

## Concours direct au P.C.M., à l'A.I.P.C. et au S.N.A.I.P.C.

En dehors des membres en exercice des Bureaux, Directoire, Comités, Groupes de nos Associations, vingt deux Camarades souhaitent participer aux activités directes de ces dernières.

- Aide logistique ..... 6
- Participation aux groupes de travail ..... 10
- Participation à la revue du P.C.M. .... 6

### Suggestions et réflexions

Les suggestions sont rares. Certains « grands retraités » qui ont acquis une profonde expérience de la vie et de la retraite livrent le résultat de cette expérience : ci-dessous les réflexions les plus caractéristiques :

« En retraite depuis vingt huit ans, je n'ai cessé depuis de travailler intellectuellement. J'encourage tous les Camarades à en faire autant. »

« Les Ingénieurs qui pensent se retirer dans une commune rurale... ne peuvent compter sur aucune compréhension... ils sont jaloués, détestés et ne peuvent s'insérer dans la collectivité locale... »

« La retraite doit être préparée par des entretiens avec des retraités qui ont « réussi » leur départ en retraite. Comme il y a des conseillers conjugués, il devrait y avoir des conseillers pour les retraités. »

« ...donner aux retraités qui pensent encore technique, les moyens de s'y intéresser autrement qu'en dehors des Ponts et Chaussées. »

« Il est indispensable de préparer sa retraite... Un changement complet d'horizon peut être très utile à la solution du problème psychologique que pose le départ en retraite après une longue période de grande activité. »  
« ...il est indispensable qu'un retraité, tout en diminuant progressivement

son temps de travail et l'importance de ses responsabilités, conserve une ou mieux des activités diversifiées. »  
« Il faudrait que la mise à la retraite soit précédée ou suivie d'une période de transition. »

### Répartition géographique des réponses

31 Camarades seulement ont donné une adresse en province. Fort peu ont saisi le sens de la question posée sur une liaison éventuelle Paris-Provence.

La répartition régionale des seules réponses reçues est la suivante :

- Ile-de-France (sauf Paris) .... 3
- Normandie ..... 1
- Ouest ..... 5
- Sud-Ouest ..... 1
- Méditerranée ..... 7
- Languedoc-Roussillon ..... 5
- Centre ..... 2
- Bourgogne - Franche-Comté . 2
- Nord - Picardie ..... 4
- Alsace - Lorraine ..... 1

Ce recensement paraît insuffisant. L'avis des groupes régionaux devra être recueilli.

### Actions à entreprendre en commun (A.I.P.C. et S.N.A.I.P.C.)

- 1 — Transmettre aux Camarades qui en font la demande le programme 1978 de l'E.N.P.C. avec les indications leur faisant connaître les possibilités de gratuité.
- 2 — Etablir et publier (revue du P.C.M. et bulletin d'information du S.N.A.I.P.C.) la liste des Maisons de retraite utilisables par les I.P.C., lorsque les renseignements à ce sujet auront pu être rassemblés.
- 3 — Proposer aux Associations (A.I.P.C. et S.N.A.I.P.C.) une démarche commune auprès de la D.P.O.S. pour l'instauration d'une

période de transition avant le départ à la retraite. Par exemple en confiant au futur retraité des tâches dégressives dans son Service.

- 4 — Développement du Service d'information par la mise en place éventuelle de correspondants intégrés dans les groupes régionaux de l'A.I.P.C. et du S.N.A.I.P.C.

## MÉDIATEURS

*Le décret du 20 mars 1978 paru au J.O. du 23 mars 1978 a institué des médiateurs régionaux dont les circonscriptions sont définies par les 1<sup>er</sup> Présidents des Cours d'Appel.*

*Il est rappelé que leur mission est « de faciliter, en dehors de toute procédure judiciaire, le règlement amiable des différends portant sur les droits dont les intéressés ont la libre disposition. »*

*La fonction de médiateur est bénévole.*

*Celui-ci est nommé pour un an par ordonnance du 1<sup>er</sup> Président de la Cour d'Appel sur proposition du Procureur Général.*

*C'est donc auprès de ce dernier que doivent être formulées les candidatures.*

*Cette fonction nouvelle paraît pouvoir être exercée par des Camarades retraités désireux d'exercer une activité non rémunérée.*

# Iu pour vous.

## ALBERT CAQUOT 1781 - 1976

CREATEUR ET PRECURSEUR

par J. KERISEL - 1978

15 x 24 - 164 pages - 90 figures - 60,00 F

(Editions Eyrolles, 61, boulevard Saint-Germain - 75240 Paris)

L'Angleterre, à juste titre, a honoré dans des livres remarquables, la mémoire de Rennie, Brunel, etc... grands constructeurs de ports, tunnels, chemins de fer et navires.

Les Editions Eyrolles publient aujourd'hui un livre sur Albert Caquot. S'inscrivant dans la lignée tracée par Gaspard Monge, le créateur de l'Ecole de la Montagne Sainte-Geneviève, Albert Caquot a été, en effet, non seulement savant et ingénieur, mais aussi créateur et précurseur. L'auteur retrace les étapes de sa longue vie de 95 années et la genèse de ses inventions dans l'aérostation, l'aviation et le génie civil.

Aérostier à sa sortie de l'Ecole Polytechnique en 1901, il invente en 1914 des ballons à triple empennage, d'un aérodynamisme très affiné qui, adoptés par toutes les armées alliées de guerre et de mer, furent par tous temps les observatoires des mouvements des troupes ennemies et des sous-marins et fournirent les éléments des barrages avec câbles et ballons, établis par les Anglais dans le ciel de Londres.

L'auteur retrace la période finale de la guerre 14-18 où Albert Caquot fut Directeur Technique de l'aviation, la production de nos avions étant portée alors à une chiffre surpassant de 50 % celui de l'aviation allemande.

Le chapitre 6 retrace le résultat des recherches fondamentales d'Albert Caquot dans le domaine de la mécanique : sa théorie de l'adaptation, point de départ de nos méthodes de calculs aux états limites, sa courbe intrinsèque et son théorème des états correspondants en mécanique des sols.

Vite fasciné par les possibilités que réserve le béton armé, Albert Caquot dès l'Ecole des Ponts publie son abaque sur le calcul du béton armé en flexion, composée encore em-

ployée aujourd'hui. En service à Troyes, dans la première décennie du siècle, il invente les rouleaux d'appui en béton fretté. L'ouvrage donne les photographies des premières œuvres d'Albert Caquot, ponts en treillis et en arc qui furent à l'époque des records du monde : le premier pont haubans à Donzère-Mondragon qui fait école aujourd'hui, la forme du Jean-Bart à Saint-Nazaire, point de départ d'une évolution considérable dans la construction navale, l'écluse de Donzère-Mondragon, de 30 m de profondeur, autre pas de géant dans la navigation intérieure, souterrains, barrages et notamment sa contribution décisive à la construction de l'usine marémotrice de la Rance.

Le dernier chapitre du livre est un ardent plaidoyer pour la réouverture du dossier de l'usine marémotrice de la baie du Mont Saint-Michel, projet auquel Albert Caquot consacra les dernières années de sa vie. Quel que soit le degré de rentabilité du dernier projet d'Albert Caquot, réalisable par tranches, qui conjugue les énergies nucléaire et marémotrice, l'auteur pense qu'il est nécessaire de faire connaître à l'opinion à partir de quelle hausse du prix du fuel un tel projet deviendrait rentable, l'énormité de nos besoins énergétiques ne permettant d'exclure aucune source d'énergie au profit d'une autre, surtout s'agissant d'une énergie plus importante que bien d'autres sur lesquelles est mis l'accent actuellement. Sommaire : Enfance et jeunesse. La montée à Paris. En service ordinaire à Troyes. Début de la carrière civile. La guerre 1914-18 : le constructeur aéronautique. 1919-28 : le savant et le bâtisseur. 1928-40 : deux retours à l'aviation. 1940-1976 : diversité dans la création. L'homme. Son testament : la grande usine marémotrice de la baie du Mont Saint-Michel. Publications de Albert Caquot.

## LES CHEMINS DE PARIS A LYON

G. REVERDY,  
Ingénieur en chef  
des Ponts et Chaussées.

Pour distraire ses lecteurs, sortant un peu du cadre quelquefois austère (bien qu'assurément bénéfique) de la technique, la Revue générale des routes et des aérodromes publie, à partir du mois de février 1978, un ouvrage abondamment illustré de G. Reverdy, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, sur « Les chemins de Paris à Lyon », précédé d'une préface de M. R. Coquand, vice-Président du Conseil général des Ponts et Chaussées.

Dans son style vif et léger, G. Reverdy nous fait revivre toute l'histoire des communications de Paris à Lyon depuis l'époque gallo-romaine jusqu'à nos jours. Les légions de César font le chemin, les Barbares envahissent la Gaule, le moyen âge obscurcit l'horizon, la longue guerre de Cent ans et les luttes contre la Bourgogne rendent les chemins dangereux. François 1<sup>er</sup> prend la route de l'Italie. C'est la Renaissance. Puis vient la stabilité relative et, sous Louis XIV, Madame de Sévigné voyage dans le Midi de la France, empruntant diligences et cochers d'eau. Colbert, puis Turgot, se préoccupent des routes et les améliorent. Un jour, le chemin de fer naît, et la route tombe presque en disgrâce. Puis, avec l'automobile, elle renaît, l'autoroute trouve son tracé. Enfin le TGV nous annonce un renouveau du rail.

Tout au long de l'ouvrage, le lecteur parcourt avec agrément l'histoire de France en même temps que celle de la route Paris-Lyon et voit que les problèmes de choix de tracé sont éternels. Ce sera, nous le pensons, une distraction agréable et instructive à la fois pour nos fidèles abonnés.



# PROGRÈS OU DÉCLIN DE L'HOMME

par Philippe SAINT-MARC.

## (Stock/Monde ouvert)

Qu'est-ce que le progrès, quel est le but de la société, quel est le sens de notre vie ?

Philippe Saint-Marc aborde ces problèmes essentiels dans une perspective révolutionnaire. Il montre que le seul progrès qui compte n'est pas celui de l'économie mais celui de l'homme pris dans sa totalité : physique, psychique et morale.

En calculant à partir de nombreux critères — mortalité, maladies mentales, drogues, délinquance, suicides — un indice du bonheur collectif, Philippe Saint-Marc fait apparaître qu'après un grand progrès pendant

la première moitié du XIX<sup>e</sup> siècle, l'homme, en dépit d'une extraordinaire puissance technique et d'un spectaculaire enrichissement matériel, est en très grave déclin.

Cette crise de l'homme, comme d'ailleurs la crise économique actuelle, ont une même cause : la dégradation accélérée de l'environnement physique et social. Même situation dramatique à l'Est comme à l'Ouest : la solution n'est donc ni dans le marxisme ni dans le capitalisme, mais dans une civilisation nouvelle.

Pour sauver l'homme, il faut rompre

avec ces deux matérialismes et inventer « un humanisme écologique » seul capable d'assurer le bonheur collectif par la création d'un cadre de vie épanouissant.

Voici le premier grand ouvrage d'écologie sociale. A ce titre, il intéressera un vaste public : écologistes, économistes, médecins, urbanistes, enseignants, sociologues, et tous ceux qui s'interrogent sur l'avenir de notre société.

Il prend la suite de *Socialisation de la nature*, ce best-seller de Philippe Saint-Marc, consacré à l'écologie physique.

Philippe Saint-Marc est l'un des pionniers de l'écologie qu'il a vécue comme administrateur, militant et enseignant : ancien président de la Mission d'aménagement de la Côte Aquitaine, co-fondateur du Comité de la Charte de la Nature, professeur à l'Institut d'Etudes Politiques de Paris.

## APPEL D'OFFRES POUR UN ENSEIGNEMENT D'INITIATION AU BATIMENT (Tronc commun - 2<sup>me</sup> année)

### A L'ÉCOLE NATIONALE DES PONTS ET CHAUSSÉES

L'École Nationale des Ponts et Chaussées lance un appel d'offres pour la chaire de Professeur d'Initiation au Bâtiment (Tronc Commun 2<sup>e</sup> année).

Cet enseignement comporte six séances de trois heures chacune. Il est professé partie en « amphithéâtre » (ensemble de la promotion : 160 élèves), partie en petites classes (groupes de 20 à 30 élèves). Il est complété par deux journées de visites sur le terrain — susceptibles d'être groupées avec des visites d'urbanisme et de transport — par groupes d'une trentaine d'élèves.

Cet enseignement vise à sensibiliser les élèves — futurs ingé-

nieurs — au domaine de la construction, à son importance économique, à ses professions (sociétés de promotion, maîtres d'ouvrage, maîtres d'œuvres, entreprises, gestionnaires) et à ses techniques.

Les personnes intéressées pourront obtenir des précisions complémentaires auprès du Directeur de l'Enseignement de l'École.

Chaque candidat devra joindre à sa lettre de candidature son curriculum vitae ainsi que la liste de ses références, travaux et publications.

La date limite de réponse à cet appel d'offres est fixée au 10 juin 1978.



enlèvement  
et évacuation  
d'ordures ménagères  
et déchets industriels

balayage mécanique  
de la voirie

services réguliers  
de voyageurs et  
location d'autocars

siège social  
14, bd du général Leclerc  
92521 Neuilly cedex  
téléphone : 758 12 50  
télex : 620 066

## DECISIONS

**M. Guy Cohen**, I.P.C. est, à compter du 1<sup>er</sup> janvier 1977, placé en service détaché pour une période de cinq ans éventuellement renouvelable auprès du Centre d'Automatique de l'Ecole Nationale des Mines de Paris pour y exercer sur un emploi de Maître de Recherche, les fonctions de Directeur Adjoint.  
Arrêté du 21 février 1978.

**M. André Gambrelle**, I.C.P.C. est, à compter du 1<sup>er</sup> juin 1977, réintégré pour ordre dans son Administration d'origine et placé en service détaché auprès de la Société Centrale pour l'Equipe-ment du Territoire - Coopéra-tion - International pour une période de cinq ans éventuellement renou-velable en qualité de Directeur.  
Arrêté du 21 février 1978.

**M. Jean-Pierre Weiss**, I.P.C. est, à compter du 1<sup>er</sup> novembre 1976, placé en service détaché pour une période de cinq ans éventuellement renou-velable auprès de l'Administration Gé-nérale de l'Assistance Publique à Pa-riis en qualité de Conseiller Techni-que au Cabinet du Directeur Général.  
Arrêté du 22 février 1978.

**M. Jean-Didier Blanchet**, I.P.C. est, à compter du 1<sup>er</sup> mai 1977, placé en service détaché pour une période de cinq ans éventuellement renouvelable auprès de la Compagnie Nationale Air-France en qualité de Secrétaire Général Adjoint.  
Arrêté du 22 février 1978.

**M. Michel Sakarovitch**, I.P.C. est, à compter du 1<sup>er</sup> octobre 1976, placé en service détaché pour une durée d'un an auprès du Secrétariat d'Etat aux Universités en vue d'exercer des fonctions de chargé d'enseignement à l'Université de Grenoble I sur un poste de maître de conférences.  
Arrêté du 22 février 1978.

**M. Christian Bernardini**, I.P.C. à la Direction des Routes et de la Circu-

lation Routière, est, à compter du 1<sup>er</sup> février 1978, mis à la disposition de la S.E.T.E.C. en qualité de Direc-teur de la filiale SET-FOULQUIER.  
Arrêté du 2 mars 1978.

**M. Robert Bœuf**, I.G.P.C., chargé de la 33<sup>e</sup> circonscription d'Inspection Gé-nérale spécialisée de Navigation (Bassin du Rhône) est, à compter du 16 mars 1978, en sus de ses attribu-tions actuelles chargé par intérim de la 29<sup>e</sup> circonscription d'Inspection Générale spécialisée de Navigation « Bassin de l'Est ».  
Arrêté du 2 mars 1978.

Les I.G.P.C. dont les noms suivent, sont désignés comme membres de l'Inspection Générale de l'Equipe-ment :

**M. Gaston Esmiol**, Mission d'inspec-tion générale de gestion.

**M. Pierre Fouquet**, Mission spéciali-sée d'inspection pour la lutte contre la pollution marine et fluviale.

**M. Maurice Gervais de Rouville**, Mis-sion spécialisée d'inspection pour la lutte contre la pollution marine et fluviale.

**M. Hubert Loriferne**, Mission spécia-lisée d'inspection pour la lutte contre la pollution marine et fluviale.

**M. Jean Mante**, Mission spécialisée d'inspection « Ouvrages d'Art ».

**M. Maurice Marchais**, Mission d'ins-pection générale de Gestion.

**M. Joseph Olivesi**, Mission spéciali-sée d'inspection pour la lutte contre la pollution marine et fluviale.

**M. Gaston Rousseau**, Mission spécia-lisée d'inspection des organismes d'HLM (groupe central de contrôle).  
Arrêté du 2 mars 1978.

**M. Jean-Louis Olie**, I.P.C. est placé en service détaché auprès : de l'Of-fice Central des Chemins de Fer d'Outre-Mer pour la période du 1<sup>er</sup> septembre 1975 au 6 décembre 1975 ; de l'Office Français de Coopération pour les Chemins de Fer et des Ma-tériels d'Equipe-ment du 7 décembre 1975 au 31 août 1980 pour y exercer des fonctions de son grade.  
Arrêté du 9 mars 1978.

**M. Jacques Dupaigne**, I.P.C., est, à compter du 16 avril 1976, placé en service détaché pour une période de cinq ans éventuellement renouvelable auprès du Ministère de la Coopéra-tion en qualité de chargé de Mission.  
Arrêté du 9 mars 1978.

**M. Jean-Pierre Bourdier**, I.P.C. est, à compter du 1<sup>er</sup> juin 1976, placé en service détaché pour une période de cinq ans éventuellement renou-velable, auprès de la ville de Cannes, en qualité de Directeur Général des Services Techniques.  
Arrêté du 9 mars 1978.

**M. Jean-Claude Leray**, I.C.P.C. est, à compter du 15 mars 1976, placé en service détaché pour une période de cinq ans éventuellement renou-velable auprès de l'Agence Centrale des Organismes de Sécurité Sociale en qualité de Directeur du Service Informatique.  
Arrêté du 9 mars 1978.

**M. Philippe Aussourd**, I.P.C. est, à compter du 6 septembre 1976, placé en service détaché pour une période de 5 ans éventuellement renouvelable auprès d'Electricité de France en vue d'y exercer les fonctions de Chef du Département « Etudes Générales - Programmes - Sites - Environne-ment ».  
Arrêté du 9 mars 1978.

**M. Pierre Debayles**, I.C.P.C., en ser-vice détaché auprès du Port Autono-me de Bordeaux en qualité de Direc-teur du Port, est, à compter du 8 janvier 1978, maintenu dans la même position et dans les mêmes fonctions auprès de cet organisme pour une nouvelle période de cinq ans éven-tuellement renouvelable.  
Arrêté du 14 mars 1978.

**M. Michel Gaudin**, I.C.P.C., en ser-vice détaché auprès du C.E.A. est, à compter du 1<sup>er</sup> février 1978, main-tenu dans la même position auprès de cet Organisme pour une nouvelle période de cinq ans éventuellement renouvelable, afin de lui permettre

de continuer à y exercer des fonctions de son grade.

Arrêté du 14 mars 1978.

**M. Gérard Gastaut**, I.P.C., placé en service détaché auprès de la Régie Nationale des Usines Renault, en qualité de chargé de mission auprès du Secrétariat Général du Groupe Renault, est, à compter du 5 février 1978, maintenu dans la même position et dans les mêmes fonctions pour une nouvelle période de cinq ans éventuellement renouvelable.

Arrêté du 14 mars 1978.

**M. Gabriel Schreiber**, I.P.C. à la D.D.E. des Pyrénées - Atlantiques, est, à compter du 1<sup>er</sup> avril 1978, mis à la disposition de la Banque Française du Commerce Extérieur en vue d'y exercer des fonctions d'Ingénieur-Conseil en Iran.

Arrêté du 21 mars 1978.

**M. Daniel Lecomte**, I.P.C. à la D.D.E. du Pas-de-Calais, est, à compter du 16 mars 1978, muté à la D.D.E. de Meurthe-et-Moselle en qualité d'Adjoint au Directeur dans le domaine de la Construction.

Arrêté du 28 mars 1978.

**M. Noël Chamboduc de Saint-Pulgent**, I.P.C. à la D.D.E. de Seine-et-Marne, est, à compter du 1<sup>er</sup> avril 1978, mis à la disposition du Ministère délégué à l'Economie et aux Finances - Direction du Budget.

Arrêté du 28 mars 1978.

**M. Maurice Trichard**, I.P.C., à la Direction de la Construction, est, à compter du 1<sup>er</sup> février 1978, mis à la disposition de la Sonacotra en qualité de Directeur Général du Groupement d'Assistance Technique.

Arrêté du 28 mars 1978.

**M. Pierre Rasclé**, I.C.P.C., en service détaché auprès de l'Agence de Bassin « Rhône Méditerranée Corse », est, à compter du 1<sup>er</sup> juin 1978, réintégré dans son Administration d'origine et affecté à l'Inspection Générale de l'Équipement pour recevoir une mission d'Inspection Générale.

Arrêté du 28 mars 1978.

## MUTATION

**M. Jean-François Corte**, I.P.C. au L.C.P.C. à Paris, est, à compter du 1<sup>er</sup> septembre 1978, muté de la résidence administrative de Paris à celle de Bouguenais (Loire-Atlantique).

Arrêté du 14 mars 1978.

## NOMINATIONS

Les Ingénieurs en Chef des Ponts et Chaussées dont les noms suivent sont promus Ingénieurs Généraux des Ponts et Chaussées :

**MM. Jean Benoît, Etienne Chauvet, André Delorme, Jacques Deschamps, Gaston Esmiol, Bernard Flajoliet, Jean-Luc Frejacques, Maurice Gervais de Rouville, Bernard Hirsch, Paul Josse, Georges Lacroix, Jean-Louis Lacroix, Jacques Lerouge, François Levy, Jean Mante, Maurice Marchais, Pierre Marty, René Mayer, Louis Moineau, Paul Ollivier, Jean-Claude Parriaud, Gaston Rousseau.**

Arrêté du 31 janvier 1978.

**M. Michel Bruère**, I.C.P.C., à la D.D.E. du Var, est, à compter du 1<sup>er</sup> mai 1978, nommé Directeur du Centre d'Études Techniques de l'Équipement de Lille en remplacement de **M. Brunot de Rouvre**, appelé à d'autres fonctions.

Arrêté du 9 mars 1978.

Les Ingénieurs des Ponts et Chaussées dont les noms suivent sont nommés Ingénieurs en Chef des Ponts et Chaussées :

**MM. Jacques Bonnot, Jean-Didier Blanchet, Sébastien de Bouard, Jean-Louis Brault, Daniel Burg, Richard Cabane, Jean-Louis Deligny, Michel Delorme, Jean Demonsant, Jean-Claude Dichon, Paul Fargier, Espérance Fenzy, Philippe Fleury, Bruno Flichy, Jean-Pierre Forgerit, Maurice Gauthier, Jean-Loup Girard, Jean**

**Grammont, Raymond Hudry, Thierry Lacapelle, Emile Lebourgeois, Jacques Perrier, Lucien Pichery, Jean-Marie Perrin, Jacques Verdier, Jacques Ville, Pierre Weber.**

Arrêté du 10 mars 1978.

**M. Robert Leclercq**, I.G.P.C., en service détaché auprès du Ministère des Affaires Étrangères, est, à compter du 1<sup>er</sup> avril 1978, réintégré dans son administration d'origine et nommé membre attaché au Conseil Général des Ponts et Chaussées.

Arrêté du 14 mars 1978.

## DECES

Nous avons le regret de faire part du décès de :

**M. André Brocard**, I.P.C. ; **M. Pierre Koch**, I.G.P.C. ; **M. Paul Marois**, I.P.C.

Nous présentons à leur famille toutes nos condoléances.

## PLAQUES de BLINDAGE MÉTALLIQUE

jusque 5 mètres et 6 mm épaisseur  
en types variés,  
avec parachèvement sur demande

•  
**15 années d'expérience**  
**Références FRANCE**  
**(tunnels S.N.C.F. - R.A.T.P.**

**R.E.R. - barrages**  
**collecteurs d'égouts**  
**mines, etc.)**  
**et dans 16 pays étrangers**

•  
**GESCORIAC s. a. r. l.**

**Rue Anatole-France**  
**59156 LOURCHES**

**Télex : GESCORIA 110 543 F**

**Tél. : (20) 44.29.75**



## TECHNIQUE D'ÉTANCHÉITÉ PAR FIXATION MÉCANIQUE Étanchéité d'un tunnel S.N.C.F. par procédé mono-couche Carbofol L2 PV2

Cette nouvelle technique d'étanchéité pour un tunnel est appliquée pour la 1<sup>re</sup> fois en France cette année, pour la réfection d'un ouvrage de la SNCF à Coudray, près de Beauvais.

L'entreprise générale du chantier est assurée par Montcocol et l'étanchéité (28 000 m<sup>2</sup>) par S.E.T.R.

Le principe de cette étanchéité consiste à :

- fixer mécaniquement un non-tissé synthétique imputrescible directement sur la paroi intérieure du tunnel, à raison de 7 à 10 clous par m<sup>2</sup>,
- coller dessus, par simple soudage à la flamme, la feuille d'étanchéité. En finition, les recouvrements des lés de Carbofol (5 cm) sont soudés par pistolet à air chaud.

Cette feuille d'étanchéité L2 PV 2, fabriquée par Niederberg-Chemie en Allemagne (filiale de l'important groupe Ruhrkohle), a toutes les qualités requises et a été spécialement mise au point pour ce procédé breveté.

A l'origine, cette feuille dénommée L2 LV 2 est noire, mais elle est revêtue au calendrage, en recto d'une pellicule blanche pour agrémente l'atmosphère de travail et aussi pour permettre de détecter immédiatement une éventuelle blessure de l'étanchéité ; au verso, la feuille est revêtue — également pendant sa fabrication au calendrage — par un non-tissé de la même qualité que celui fixé sur la voûte.

Dans le cas présent du tunnel du Coudray, il est prévu de couler après la pose de l'étanchéité, un anneau de béton par injection sous pression dans un coffrage.

Par extension, ce même procédé d'étanchéité par Carbotol L2 PV 2 permet, en fonction des besoins de l'ouvrage à réaliser, une protection de la feuille d'étanchéité par applica-

tion d'un matelas protecteur en polyester. Ce bouclier protecteur contre les chocs peut être appliqué directement sur chantier par soudure au pistolet à ultra-sons. Ceci est par exemple nécessaire lorsque l'on doit couler un béton armé, c'est-à-dire que l'on peut poser devant l'étanchéité le ferrailage.

Le portique roulant est un appareil spécialement mis au point pour cette technique de pose et essentiel pour la bonne réalisation du chantier. Il comporte 2 rails cintrés parallèles à la voûte, ainsi que des passerelles et des échelles de travail.

Le porte-rouleaux pour appliquer le non-tissé et le Carbofol est mécanisé ; ce sont des bras de levage articulés par des moteurs à frictions qui font monter les rouleaux. En même temps, la membrane est tendue et appuyée contre la paroi par un cylindre sous



l'action de vérins hydrauliques. L'avancement du portique est assuré par des moteurs de translation.

La vitesse moyenne de travail est de l'ordre de 10 ml de tunnel par jour, soit 230 à 250 m<sup>2</sup> d'étanchéité avec 4 personnes et 7 heures de travail!

Quoique toute nouvelle en France, cette technique d'étanchéité par fixation mécanique est déjà bien solidement étayée par de nombreuses références dont les principales sont les suivantes :

	m <sup>2</sup>	Dates
• Albstollen - Alimentation d'eau du Lac de Constance .....	20 000	1968
• Tunnel sur route à Kops (Autriche) .....	3 000	1970
• Tunnel routier de Klamm (Autriche) .....	40 000	1973
• Tunnel autoroute Pass Lueg (Autriche) .....	3 500	1974
• Caverne-Abri automobile dans la montagne/ Salzbourg .....	12 000	1975
• Tunnel routier à Gigerach (Autriche) .....	5 000	1976/77
• Caverne-Réservoir pour eau potable à Lörrach (R.F.A.) .....	9 000	1976
• Galerie d'alimentation en eau à Hattelberg (Autriche) .....	5 000	1976/77
• Tunnel routier à Katschberg (Autriche) .....	2 500	1974
• Puits minier à Sandbochum (R.F.A.) .....	2 500	en cours
• Tunnel ferroviaire SNCF/Le Coudray (France)	28 000	»

**Étanchéité :**

**Agent général exclusif Vefa Promats, B.P. 7, 95430 Auvers-s/Oise - 469.19.37  
Télex 695 966.**

**Portique :**

**IFEC, 18, place de France, 95200 Sarcelles**

# RÉPERTOIRE DÉPARTEMENTAL DES ENTREPRISES

SUSCEPTIBLES  
D'APPORTER  
LEUR CONCOURS  
AUX ADMINISTRATIONS  
DES PONTS  
ET CHAUSSÉES

ET A TOUS LES AUTRES  
MAITRES D'OUVRAGES PUBLICS  
PARAPUBLICS ET PRIVÉS

## 01 AIN

Concessionnaire des planchers  
et panneaux dalles « ROP »  
**Les Préfabrications Bressanes**  
01-CROTTET - R.N. 79 près de Mâcon  
Tél. 29 à Bagé-le-Châtel

## 05 HAUTES-ALPES

**SOCIÉTÉ ROUTIÈRE  
DU MIDI**  
Tous travaux routiers  
Route de Marseille - 05001 GAP - B.P. 24  
Télex : ROUTMIDI 430221  
Tél. : (92) 51.60.31

## 13 BOUCHES-DU-RHÔNE

**SOCIÉTÉ ROUTIÈRE  
DU MIDI**  
Tous travaux routiers  
Zone Industrielle - 13290 LES MILLES  
Tél. : (42) 26.14.39  
Télex : ROUTMIDI 410702

## 20 CORSE

**ENTREPRISE DE  
TRAVAUX PUBLICS ET BATIMENTS  
RABISSONI s.a.**  
Société anonyme au capital de 100.000 France  
Gare de Mezzana - Plaine de Peri  
20000 SARROLA-CARCOPINO

**SOCIÉTÉ T.P. ET BATIMENT  
Carrière de BALEONE**  
Ponte-Bonello par AJACCIO  
Tél. 27.60.20 Ajaccio  
Vente d'agrégats et matériaux de viabilité  
Tous travaux publics et Bâtiment

## 26 DROME

**SOCIÉTÉ ROUTIÈRE  
DU MIDI**  
Tous travaux routiers  
Route de Mours  
26101 ROMANS - B.P. 9  
Télex : ROUTMIDI 345703  
Tél. : (75) 02.22.20

## 39 JURA

**Sté d'Exploitations et de Transports PERNOT**  
Préfabrication - Béton prêt à l'emploi  
Rue d'Ain, 39-CHAMPAGNOLLE Tél. 83  
**Sté des carrières de Moisse**  
39-MOISSEY

## 59 NORD

**Ets François BERNARD et Fils**  
MATÉRIAUX DE VIABILITÉ :  
Concassés de Porphyre, Bordures, Pavés en  
Granit, Laitier granulé, Sables.  
50, rue Nicolas-Leblanc - LILLE  
Tél. : 54-66-37 - 38 - 39

## 62 PAS-DE-CALAIS

**BEUGNET**  
(Sté Nouvelle des Entreprises)  
S.A. au Capital de 5.200.000 F  
**TRAVAUX PUBLICS**  
53, bd Faidherbe - 62000 ARRAS

## 63 PUY-DE-DOME

**BÉTON CONTROLE DU CENTRE**  
191, a. J.-Mermoz, 63-Clermont-Ferrand  
Tél. : 92-48-74.  
Pont de Vaux, 03-Estivareilles  
Tél. : 06-01-05.  
BÉTON PRÊT A L'EMPLOI  
Départ centrale ou rendu chantiers par  
camions spécialisés • Trucks Mixers •

## 67 BAS-RHIN

EXPLOITATION DE CARRIÈRES DE GRAVIERS  
ET DE SABLES -- MATÉRIAUX CONCASSÉS  
**Gravière du Rhin Sessenheim**  
S.A.R.L. au Capital de 200.000 F  
Siège social : 67-SESSENHEIM  
Tél. : 94-61-62  
Bureau : 67-HAGUENAU, 13, rue de l'Aqueduc  
Tél. : 93-82-15

## 93 SEINE-SAINT-DENIS

**S.a.r.l. DEVAUDEL**  
**FOURNITURES  
INDUSTRIELLES**  
73-75, rue Anselme - 93400 SAINT-OUEN  
Tél. 254.80.56 +

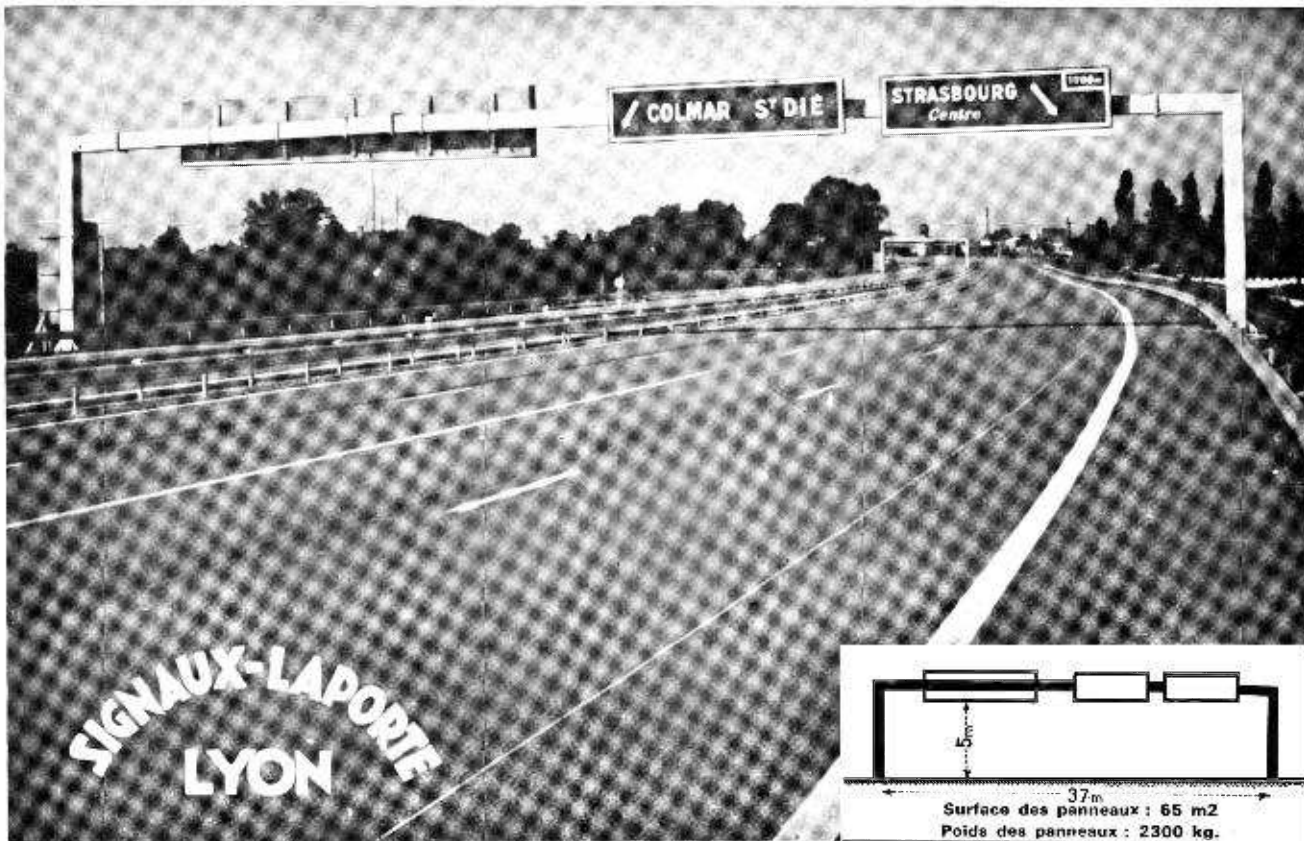
## 94 VAL-DE-MARNE

ENTREPRISES  
**QUILLERY SAINT-MAUR**  
GÉNIE CIVIL — BÉTON ARMÉ  
— TRAVAUX PUBLICS —  
8 à 12, av. du 4-Septembre - 94100 Saint-Maur  
Tél. 883.49.49 +

## FRANCE ENTIÈRE

**Compagnie Générale  
des Eaux**  
Exploitation: EAUX  
ASSAINISSEMENT  
ORDURES MÉNAGÈRES  
CHAUFFAGE URBAIN  
52, r. d'Anjou - 75008 PARIS - Tél. 266.91.50

**SOCIÉTÉ ROUTIÈRE  
DU MIDI**  
**ÉMULSIONS DE BITUME  
TOUS TRAVAUX  
ROUTIERS**  
●  
S.A. au capital de 3 500 000 F  
Siège Social  
et Direction Générale  
B.P. 24-05001 GAP-CEDEX  
●  
DIRECTION DES EXPLOITATIONS  
et USINE D'ÉMULSIONS DE BITUME  
05001 GAP - B.P. 24  
Route de Marseille  
Tél. (92) 51.60.31  
Télex : ROUTMIDI 430 221  
●  
AGENCES  
Zone Industrielle  
13290 LES MILLES  
Tél. (42) 26.14.39  
Télex : ROUTMIDI 410 702  
26101 ROMANS - B.P. 9  
Tél. (75) 02.22.20  
Télex : ROUTMIDI 345 703



# RINCHEVAL

SOISY-SOUS-MONTMORENCY (Val-d'Oise) - Tél. : 989.04.21 +

TOUS MATERIELS DE STOCKAGE, CHAUFFAGE ET EPANDAGE  
DE LIANTS HYDROCARBONES

## ÉPANDEUSES avec rampe

- Eure et Loir
- Jets multiples à commande pneumatique

## POINT A TEMPS

- Classiques
- Amovibles
- Remorquables



Équipement épandeur à transmission hydrostatique  
et rampe à commande pneumatique

## STOCKAGE et RÉCHAUFFAGE de liants :

- Citernes mobiles
- Spécialistes de l'équipement des installations fixes

(300 réalisations)

DEPUIS 1911, LES ÉTABLISSEMENTS RINCHEVAL CONSTRUISSENT DES MATÉRIELS D'ÉPANDAGE



# activités

ENTREPRISE

## BACHY

- Sondages de reconnaissance.
- Etudes géologiques, géotechniques, hydrogéologiques et minières.
- Injection d'étanchéité et de consolidation.
- Congélation des sols.
- Stabilisation et drainage.
- Abattement de nappes.
- Pieux, rideaux de pieux et barrettes.
- Micropieux.
- Parois moulées dans le sol et coupures étanches.
- Parois préfabriquées « PREFASIF ».
- Parois Berlinoises.
- Tirants d'ancrage au rocher et en terrain meuble.
- Consolidation des sols par vibration profonde (licence Keller).
- Laboratoire - Essais - Mesures.
- Matériel de sondage, forage, injection et fondation.

**S.I.F. BACHY a participé  
aux travaux du R.E.R.:**

**station Auber;  
stations Les Halles -  
Châtelet - Gare du Nord;**

**tronçons  
Etoile - Auber;  
Luxembourg - Châtelet;  
Auber - Châtelet, etc...**

SEESAM



ENTREPRISE  
**BACHY**

11, avenue du Colonel Bonnet  
75016 Paris  
☎ 520 99-60  
☎ Sondinfor-Paris  
Télex 620.669



Benne d'excavation (barrettes et parois moulées). ▶