

CARTE ORANGE

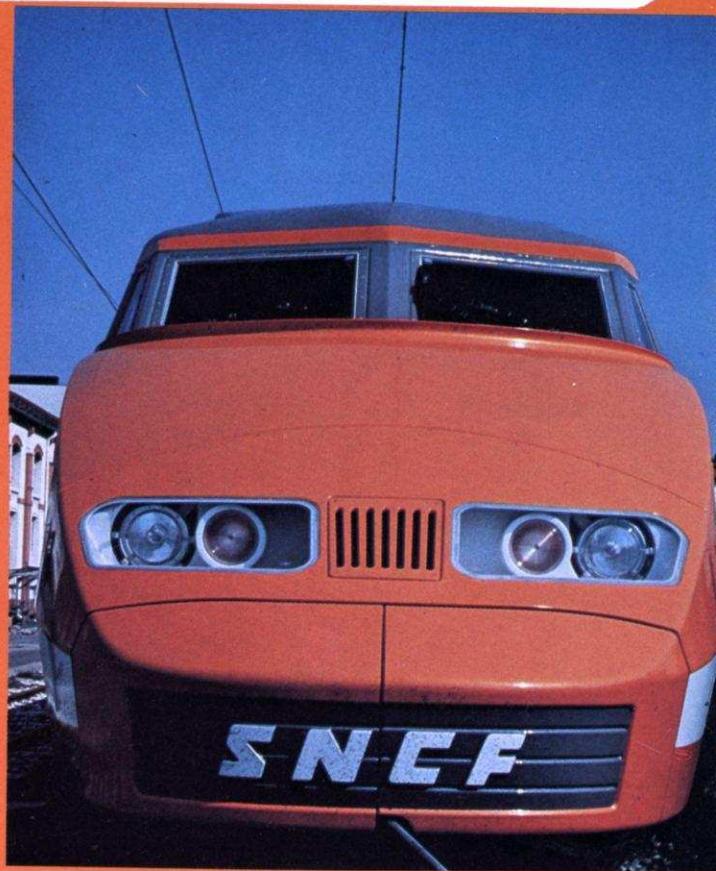
RATP SNCF APTR

nom
prénom

RAIL-METRO

signature

PCM



N° 4 AVRIL 1984 81 ANNEE
ISSN: 0397-4634

U 295272

**N° à reporter
sur le coupon**

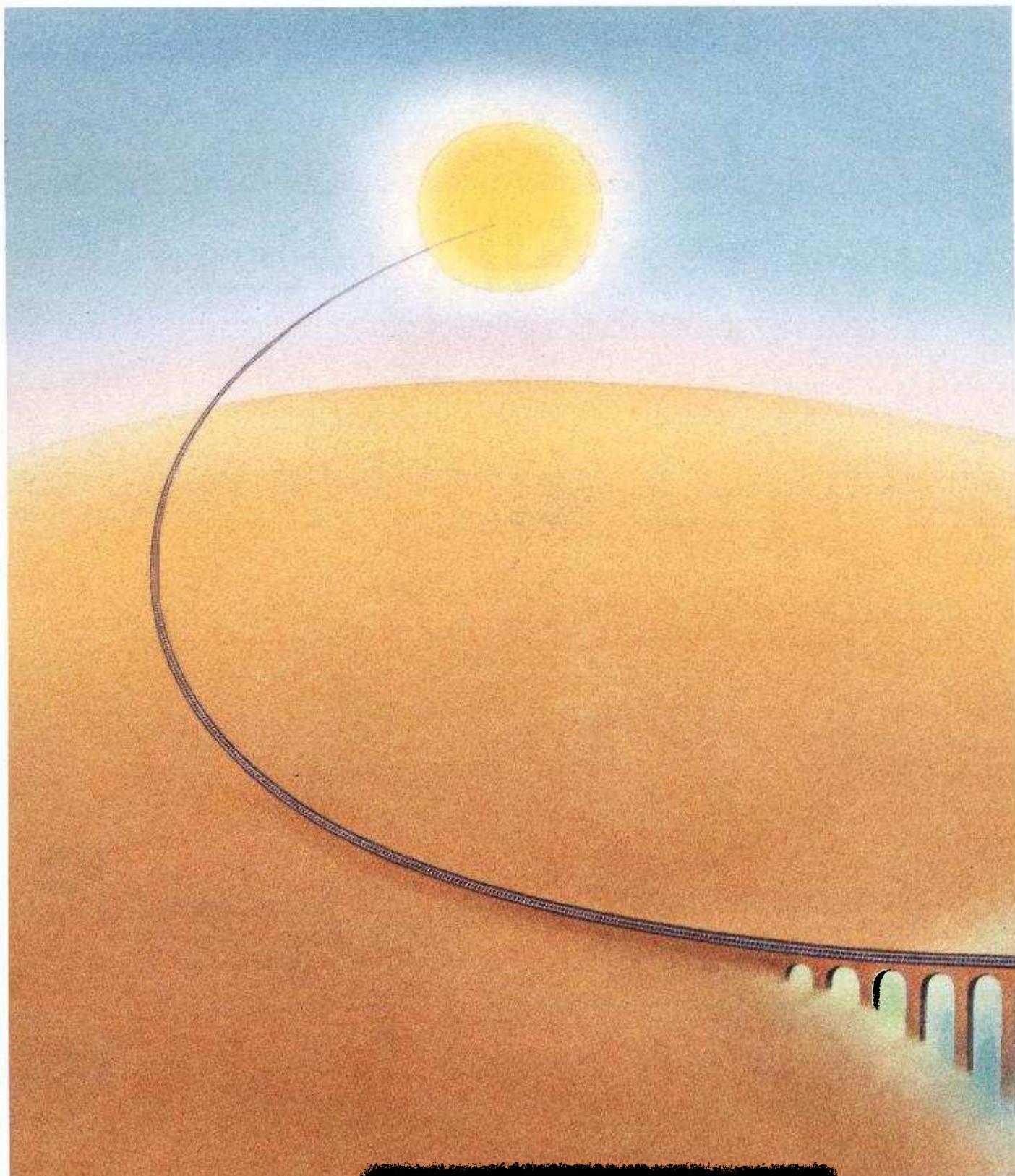


rangez ici votre coupon

prenez-en soin

**ne le pliez pas et ne
l'introduisez pas dans les
composteurs des autobus**





ESQUISSE: G. LENCZNER. COULEURS: G. LENCZNER.

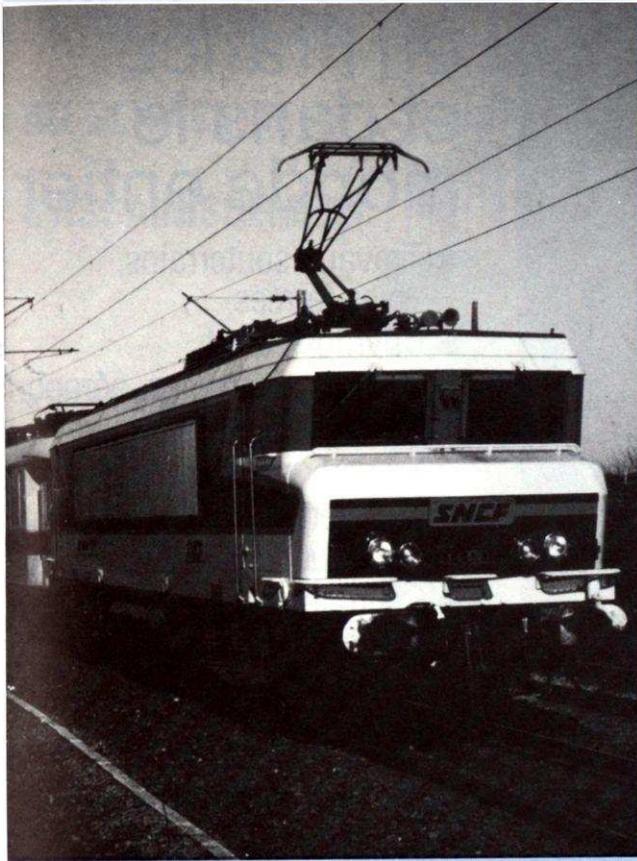
LE MATÉRIEL DE VOIE

PREMIER EXPORTATEUR MONDIAL

VENTE EXCLUSIVE DES RAILS SACILOR ET M.M.R.A.

CEDEX 35 - 92072 PARIS-LA DÉFENSE - TÉL. 767.96.00 - TÉLEX 612 550

GROUPE  SACILOR



DOSSIER

Encart schéma Directeur des Autoroutes - 18.4.84 - (complément PCM 2.84).

Éditorial

par Pierre PERROD 7

Le TGV Paris Sud-Est

par M. WALRAVE 9

Les installations fixes du TGV 2 ans après leur mise en service

par Ph. ROUMEGUERE 14

Un projet novateur : le tramway en Seine-Saint-Denis

par M. GÉRARD et J.-M. BUTIKOFER 25

Pourquoi le Métro de Marseille n'est-il pas entièrement souter- rain ?

par M. CROC 29

Le transport des voyageurs par la SNCF en banlieue Parisienne

par J. BOUTANQUOI 33

La stratégie de développement des Transports en commun en banlieue

par M. GÉRARD et M. BARBIER 37

Transports urbains et politique commerciale

par J. BANASZUK 42

L'industrie ferroviaire française et l'exportation

par J.-M. METZLER 44

Le matériel ferroviaire et l'innovation

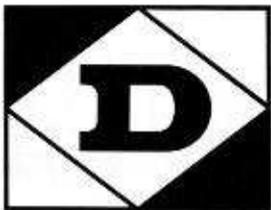
par M. LACOTE 49

RUBRIQUES

RÉALISATIONS DANS LES DDE 52

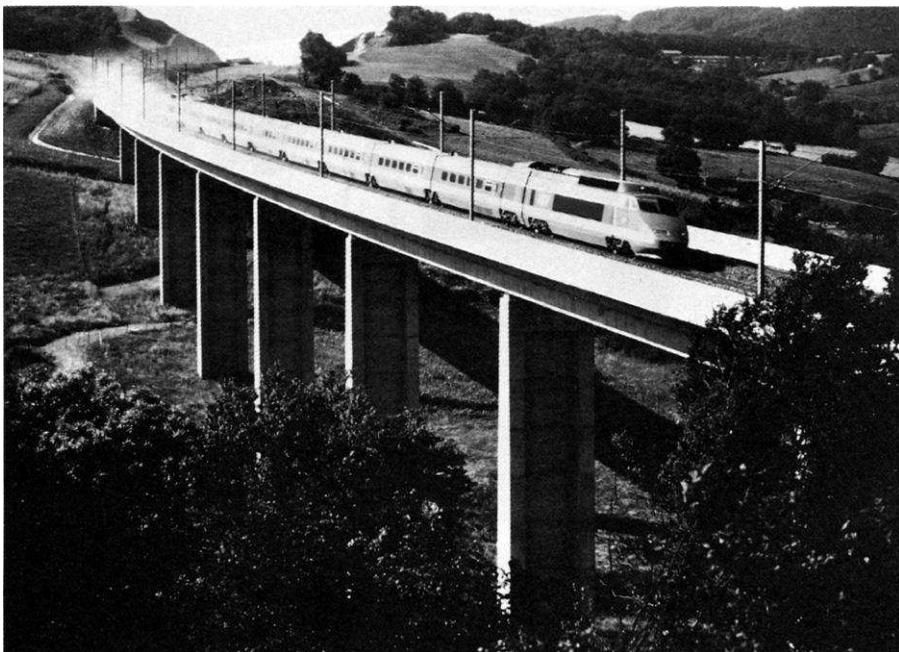
LA VIE DU CORPS DES PONTS ET CHAUSSÉES

Mutations 56



Dragages et Travaux Publics

18, rue Paul Lafargue - La Défense 10 - 92800 Puteaux - France - ☎ 762.21.00 - Télex : SFDTP 611846



en France et dans le monde entier

- Travaux souterrains, voies ferrées
- Ouvrages d'art
- Routes, autoroutes, aéroports
- Barrages et canaux
- Travaux maritimes
- Bâtiments
- Constructions industrielles
- Centrales nucléaires

Viaduc de la Roche (France).

S. O. E. Paris

LA RATP

DES TECHNIQUES DE POINTE
AU SERVICE
DE LA COLLECTIVITÉ.
PLUS DE DEUX MILLIARDS
DE DÉPLACEMENTS
ASSURÉS ANNUELLEMENT
EN RÉGION D'ILE DE FRANCE
LA RATP VOUS SIMPLIFIE LA VILLE

RATP

Centre d'Information Téléphonique (CIT) 346.14.14

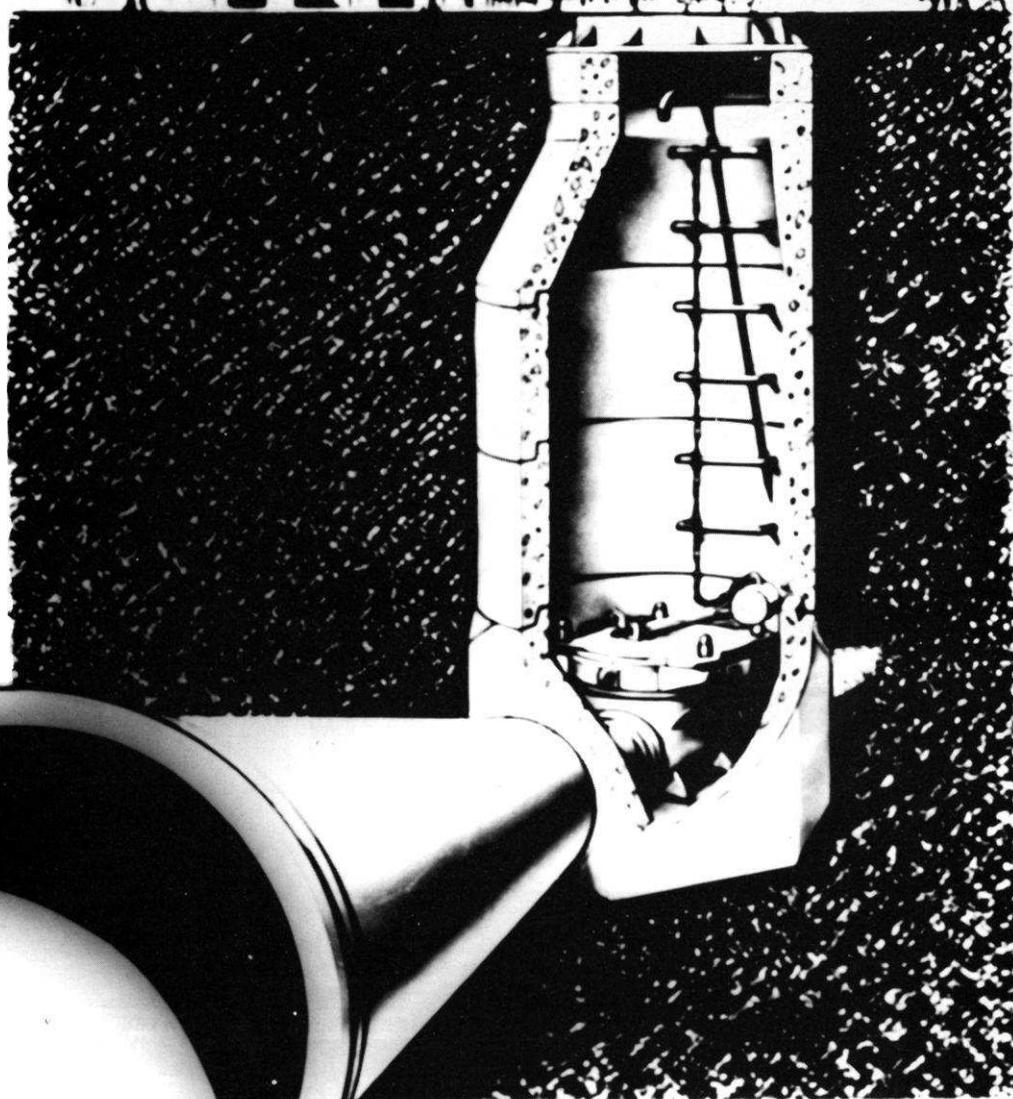
**LA FONTE DUCTILE,
UN MATÉRIAU SÛR
AU SERVICE DE
L'ASSAINISSEMENT**



• CANALISATIONS
INTÉGRAL

• TÉS SÛRETE
de visite ou de curage

• Pièces de voirie
et d'assainissement



PONT-A-MOUSSON S.A.

4X, 54017 NANCY CEDEX

**AVEC LE T.G.V., NOUS AVONS BIEN
TRAVAILLÉ POUR LE FUTUR**



Derrière les vitesses impressionnantes réalisées sur ce nouveau moyen de transport, il y a la performance quotidienne des centaines de milliers de roues VALDUNES en service à travers le monde.

Performance sur le plan de la charge, de la vitesse et de la durée de vie, c'est la raison pour laquelle la S.N.C.F. nous accorde sa confiance.

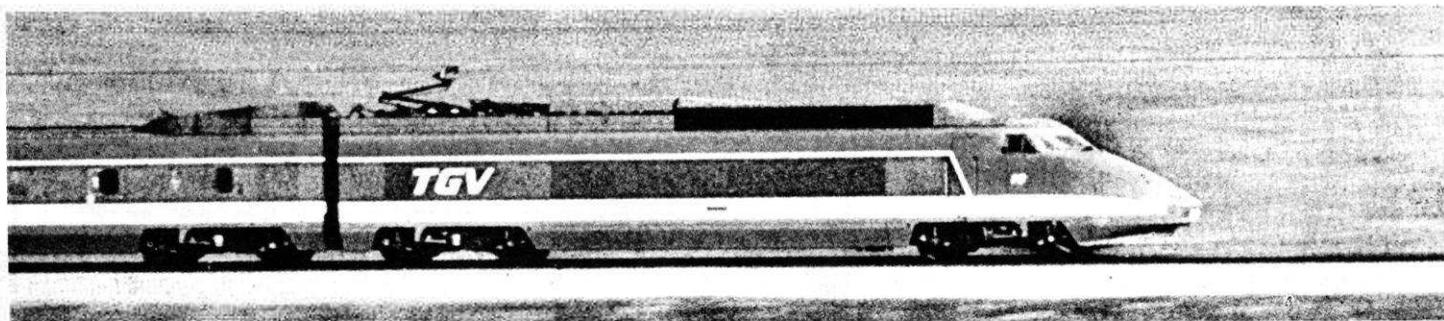
compagnie française
des aciers spéciaux

VALDUNES

Immeuble Ile-de-France
4, place de la Pyramide - Cedex 33
92070 PARIS La Défense — Tél: (1) 767.10.20



Faiveley



partenaire du progrès

Équipements de portes, capteurs de courant, appareillages électroniques
CHEMINS DE FER — MÉTROS — AUTOBUS — TRAMWAYS

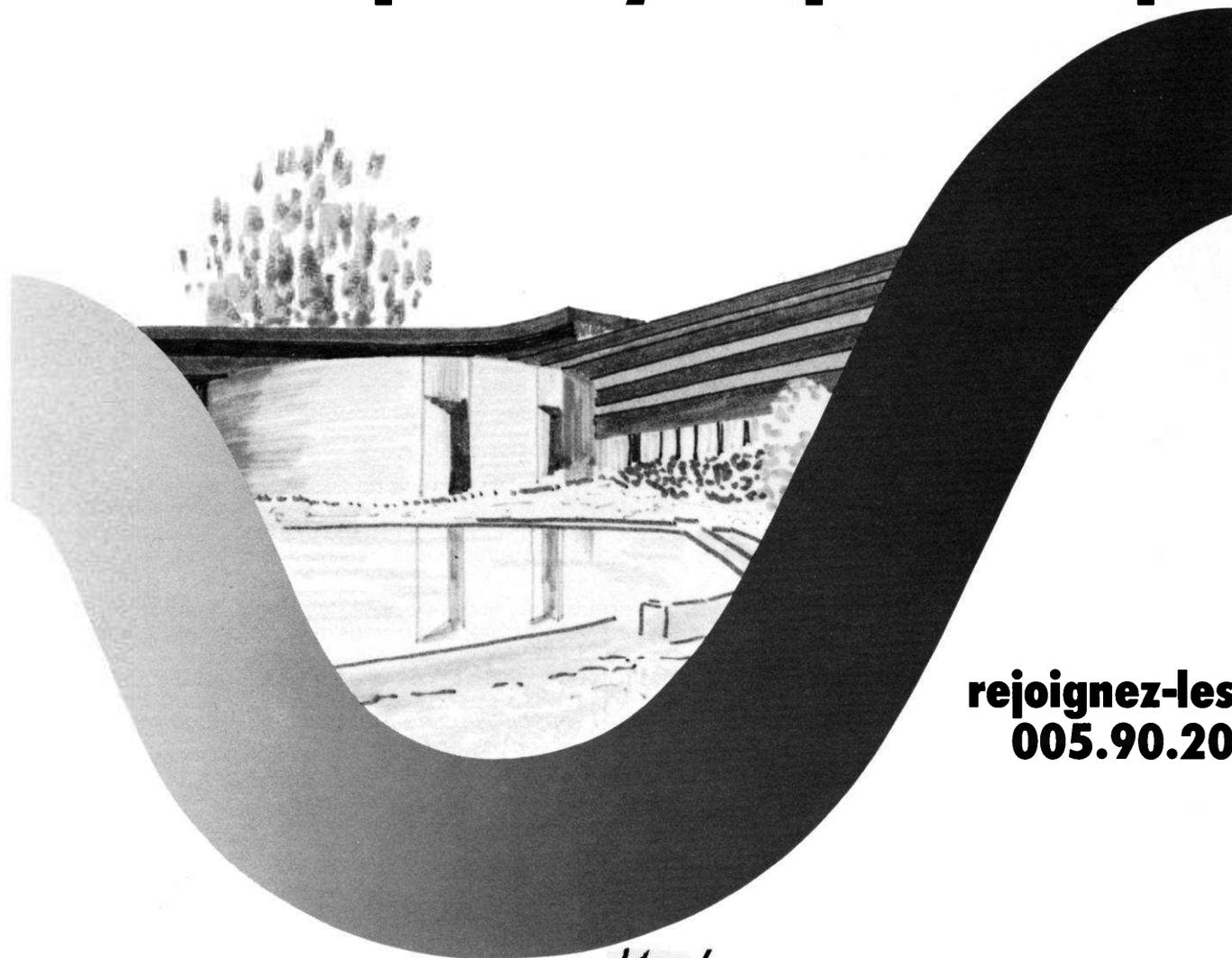
<F> Faiveley s.a.

93, rue du Dr Bauer - 93404 ST-OUEN CEDEX

Tél. 264.12.60 - Téléx: 290653

MARNE LA VALLÉE

380 entreprises y respirent déjà !

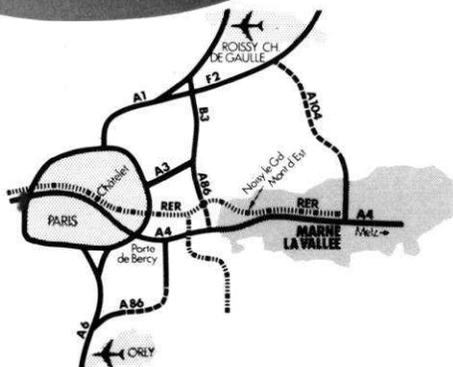


rejoignez-les
005.90.20

Des liaisons faciles avec Paris :

- 13 km de la porte de Bercy par l'autoroute A4.
 - 21 minutes du Châtelet par le RER (fréquence moyenne 10 minutes).
- Une situation privilégiée entre les aéroports de Roissy Charles de Gaulle et Orly.

Une porte ouverte sur l'Europe.



Plus de 380 entreprises ont déjà choisi Marne la Vallée, notamment : Honda France, Philips Data Systems, Kodak Pathé, Banque de France, AEG Telefunken, Control Data, Avenir Graphique, General Foods France, BNP, Danzas, Philips Service SA, UAP, Diac, IBM, RATP, Service des Douanes, CCI de Meaux, Union Commerciale, etc.

EPAMARNE

ÉTABLISSEMENT PUBLIC D'AMÉNAGEMENT DE MARNE LA VALLÉE. 5 bd Pierre Carle · Noisiel · 77426 Marne la Vallée Cedex 2 · Tél. : 005.90.20

micalfat

produit de garnissage
des joints et fissures

SCR
CHIMIQUE DE LA ROUTE

5 avenue morane saulnier 78141
Vélizy Villacoublay CEDEX
boîte postale n°21 téléphone 946 96 60



BOURDIN & CHAUSSE

**ROUTES
AUTOROUTES
VOIRIE
RÉSEAUX DIVERS**

40 centres de travaux en
FRANCE et à l'ÉTRANGER

Siège social
35, rue de l'Ouche-Buron - 44300 Nantes
Tél. : (40) 49.26.08

Direction générale
36, rue de l'Ancienne-Mairie - 92100 Boulogne
Tél. : 605.78.90

*Spécialistes de Matériel de Télécommunications
étanches et blindés*



**TELEPHONIE
SIGNALISATION
SONORISATION
INTERPHONIE
BRANCHEMENT ET
ACCESSOIRES...**

TÉLÉPHONES LE LAS

☎ (1) 734.85.96

131, rue de Vaugirard 75015 PARIS
TELEX LE LAS 250 303 PUBLIC PARIS

Éditorial

*par Pierre PERROD
Directeur des Transports Terrestres*

L'initiative que prend aujourd'hui la revue PCM de consacrer un numéro aux transports collectifs de voyageurs - par rails ou par métros - me semble particulièrement bienvenue : ces dernières années en effet, des efforts considérables ont été consentis par le gouvernement qui ont permis d'accroître sensiblement la qualité des dessertes et des services offerts aux usagers.

Cette priorité, maintes fois réaffirmée par le Ministère des Transports, concrétise la reconnaissance et la mise en œuvre progressive du droit au transport pour les personnes, désormais inscrit dans la loi. La Loi d'Orientation des Transports Intérieurs (LOTI), promulguée le 30/12/82, et ses décrets d'application, fixent en effet un nouveau cadre juridico-réglementaire qui doit permettre de rénover durablement le système des transports.

Les différents articles que comporte ce numéro illustrent à l'évidence la diversité, et même la complémentarité des efforts réalisés ces dernières années pour améliorer les déplacements de nos concitoyens, que ce soit sur de longues distances, ou pour des liaisons d'intérêt local, ou encore en zone urbaine.

Le succès du TGV Sud-Est vers Marseille, puis vers Lausanne n'est plus à démontrer : l'innovation technologique qu'il offre à ses quelque 9 millions d'usagers supplémentaires témoigne bien de ses avantages en termes d'efficacité sociale comme en termes de rentabilité économique. La décision de construire le TGV Atlantique doit permettre de faire profiter un plus grand nombre de la modernisation rationnelle de notre réseau ferré, tout en participant au développement équilibré de notre territoire.

De la même manière, le projet de TGV Paris-Bruxelles-Cologne se fonde sur le principe qu'il faut doter l'Europe d'un réseau ferré à grande vitesse à la mesure de ses besoins et de ses ambitions.

Mais ces réalisations prestigieuses ne sauraient faire oublier la nécessité, voire l'urgence d'adapter également l'offre de transport ferré de plus courte distance, et en particulier les réseaux régionaux, locaux et urbains.

Ainsi, en matière de transports régionaux, le gouvernement a voulu que les transferts progressifs de compétences aux régions s'accompagnent dans le même temps des transferts de ressources correspondantes, - le rôle de l'État étant pour sa part d'inciter pour que soit menée une politique dynamique en la matière.

L'initiative des régions devrait ainsi rendre possible une meilleure insertion de la SNCF dans la vie régionale et locale. Les nouvelles dispositions du cahier des charges de la SNCF permettront d'améliorer les dessertes locales par l'aménagement de lignes, notamment dans les zones suburbaines.

Les procédures d'intervention de l'État ont été renouvelées : dépassant les financements sectoriels, elles visent à généraliser progressivement la démarche contractuelle. Ainsi, les contrats de développement, dont les nouvelles méthodes de discussion privilégient les objectifs de qualité et de fréquentation, permettront d'apporter une aide globale et forfaitaire aux collectivités qui s'engagent à mener une politique de développement ambitieuse sur plusieurs années.

Mais cet effort d'adaptation de l'offre de transport aux besoins ne saurait prendre tout son sens s'il ne s'accompagnait, dans le même temps, d'un effort important de recherche, d'innovation et d'expérimentation technologiques dans tous les secteurs du transport, gage d'accroissement de la fiabilité, de la sécurité, du confort et de l'agrément des déplacements.

Ainsi notamment, en matière de transports guidés par rail ou par câble en milieu urbain, l'introduction de ces nouvelles technologies permettra de développer des métros automatiques de conception novatrice comme le VAL, dont l'exploitation commerciale complète est engagée depuis 1983 à Lille ou pour aller encore plus avant sur le chemin de l'innovation avec la réalisation de projets de systèmes automatiques comme ARAMIS.

Dans ce domaine, au plan industriel et technologique, notre pays dispose d'un potentiel particulièrement important qu'il convient de valoriser, tant pour accroître nos positions sur notre marché intérieur que pour développer nos parts sur les marchés extérieurs.

1984

ANNUAIRE DES PONTS ET CHAUSSÉES

INGÉNIEURS DU CORPS - INGÉNIEURS CIVILS

Téléphone : 260.25.33

Téléphone : 260.34.13

ÉCOLE NATIONALE DES PONTS ET CHAUSSÉES

28, RUE DES SAINTS-PÈRES - PARIS 7

Les Ingénieurs des Ponts et Chaussées jouent, par vocation, un rôle éminent dans l'ensemble des Services des Ministères des Transports, de l'Urbanisme et du Logement.

Ils assument également des fonctions importantes dans les autres Administrations, et dans les organismes du Secteur Public, Parapublic et du Secteur Privé, pour tout ce qui touche à l'Équipement du Territoire.

En outre, dans tous les domaines des Travaux Publics (Entreprises, Bureaux d'Études et d'Ingénieurs Conseils, de Contrôle) les Ingénieurs Civils de l'École Nationale des Ponts et Chaussées occupent des postes de grande responsabilité.

C'est dire que l'annuaire qu'éditent conjointement les deux Associations représente un outil de travail indispensable.

Vous pouvez vous procurer l'édition 1984 qui vient de sortir, en utilisant l'imprimé ci-contre.

Nous nous attacherons à vous donner immédiatement satisfaction.

BON DE COMMANDE

à adresser à

OFERSOP — 8, bd Montmartre, 75009 PARIS

CONDITIONS DE VENTE

Prix	325,00 F
T.V.A. 18,60	60,45 F
Frais d'expédition en sus	30,00 F

- règlement ci-joint réf. :
- règlement dès réception facture.

Veillez m'expédier annuaire(s) des Ingénieurs des Ponts et Chaussées dans les meilleurs délais, avec le mode d'expédition suivant :

- expédition sur Paris
- expédition dans les Départements
- expédition en Urgent
- par Avion

Le TGV Paris-Sud-Est premiers enseignements et perspectives

par Michel WALRAVE

Directeur des Études de la Planification et de la Recherche de la SNCF

La mise en œuvre du TGV Paris-Sud-Est restera, vraisemblablement, avec le temps, comme un jalon significatif, à la fois de l'histoire des transports en France et en Europe, et celle du chemin de fer, au plan mondial.

Elle s'inscrit ainsi dans une tradition déjà longue, qui a conduit la France à jouer un rôle marqué d'innovation dans le domaine des transports, qu'il s'agisse du chemin de fer, de l'automobile, de l'aéronautique et de son prolongement spatial, ou des systèmes de transports urbains.

Si l'on se place dans une telle perspective, il est clair que l'on manque encore du recul indispensable pour apprécier convenablement les répercussions de tous ordres qu'aura entraîné la mise en œuvre de ce nouveau système de transport. C'est particulièrement le cas en ce qui concerne les modifications durables de comportement des voyageurs en termes de mobilité et de choix entre moyens de déplacement, et a fortiori, sur le contenu et l'intensité du développement économique des régions concernées.

Il n'est cependant pas sans intérêt, tout en soulignant le caractère encore provisoire de certaines conclusions, au moment d'arrêter le contenu de cet article, de dégager les premiers enseignements de près de cinq semestres d'exploitation du TGV.

Il convient d'abord de faire observer que la mise en œuvre du projet s'est caractérisée par une montée en puissance progressive au cours d'une période qui débute fin septembre 1981, avec la mise en service du tronçon sud de la ligne nouvelle à grande vitesse, jalonnée ensuite par la mise en service du tronçon nord, fin septembre 1983, et s'achèvera avec la mise en service de l'électrification de la ligne Lyon-Grenoble, au printemps 1985, ce qui permettra de réaliser une desserte Paris-Grenoble directe, c'est-à-dire épargnant aux voyageurs un changement de train à Lyon. Mais parallèlement à ces étapes successives de mises en service d'infrastructures, il convient aussi de souligner que le parc de matériel est passé progressivement d'une quarantaine de rames disponibles au dernier tri-

mestre 1981 à environ 90, deux ans plus tard ; cela explique, en effet, la progressivité de la mise en œuvre de la desserte caractérisée sur trois plans par :

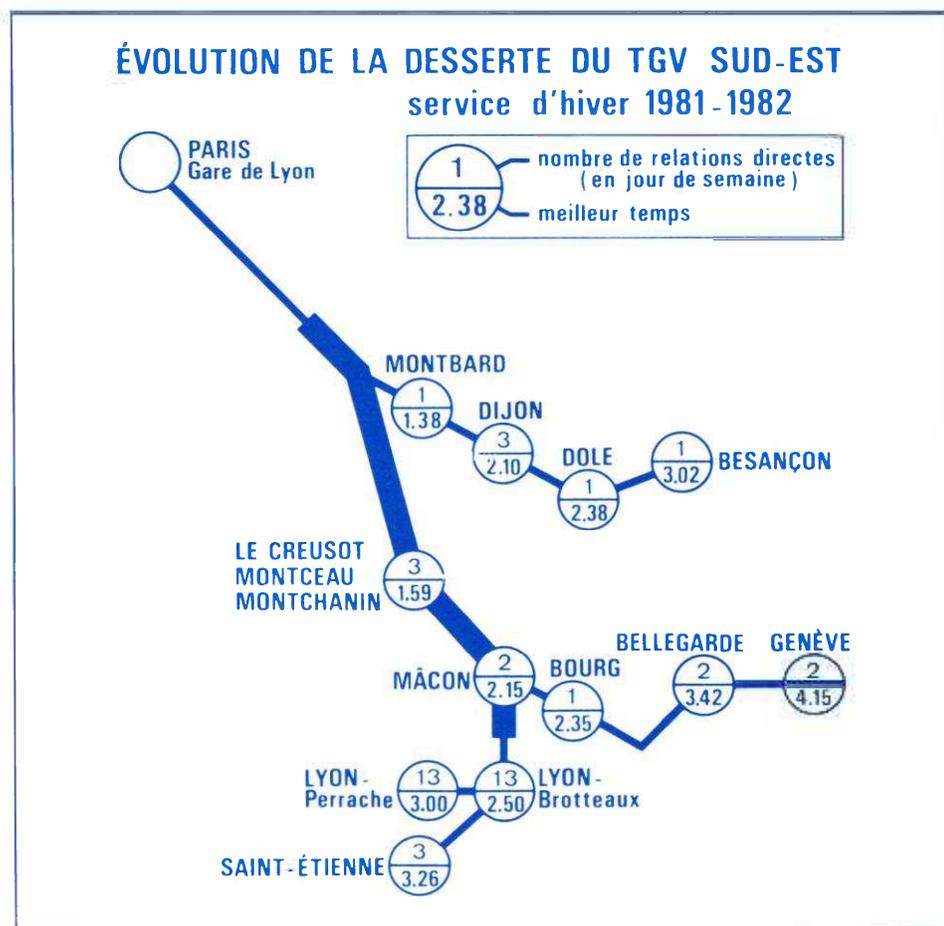
- deux paliers significatifs de gains de temps,
- une extension géographique progressive de la desserte, par phases successives,

— une intensification des fréquences accompagnant les accroissements du trafic, résultant des améliorations de la qualité du service.

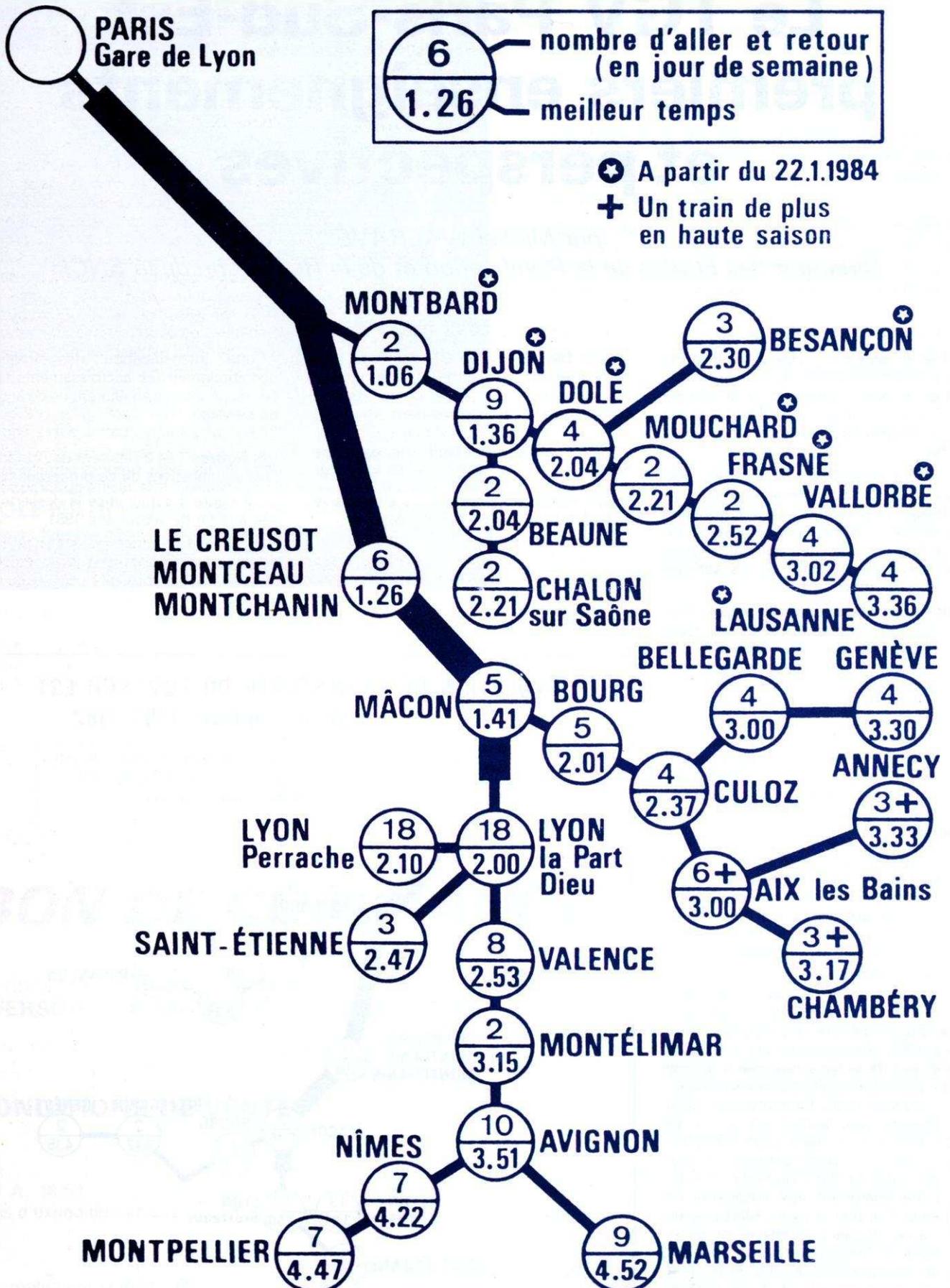
Les figures 1 et 2 illustrent deux étapes les plus significatives de ce processus :

- la figure 1 schématise la desserte réalisée à la fin de septembre 1981,

Figure n° 1.



ÉVOLUTION DE LA DESSERTE DU TGV SUD-EST service d'hiver 1983-1984



— la figure 2 en fait de même pour la desserte actuelle mise en œuvre, depuis le 22 janvier dernier, avec son extension vers Lausanne.

L'évolution du trafic en TGV met parfaitement en relief ce caractère transitoire de la période qui s'achève ; elle est marquée par une progression rapide, puisque d'environ 14 000 voyageurs par jour, au dernier trimestre 1981, le trafic atteint maintenant un niveau trois fois supérieur ; le graphique repris en **figure 3** retrace cette évolution mois par mois, depuis la mise en service d'octobre 1981.

C'est ainsi que le trafic acheminé par le TGV (départs et arrivées Paris) aura atteint :
1,3 million de voyageurs en 1981 (en 3 mois, dernier trimestre)
2,1 millions de voyageurs en 1982 (en 3 mois, dernier trimestre)
3,1 millions de voyageurs en 1983 (en 3 mois, dernier trimestre)

Il devrait dépasser 15 millions de voyageurs en 1984.

Il n'est pas sans intérêt, malgré le caractère encore transitoire de la situation, actuelle, de dessiner à grands traits la physionomie géographique du trafic concerné, en examinant la répartition des voyageurs, en fonction des gares de montée ou de descente du TGV, côté province, ce que permet de faire la **figure n° 4**.

Celle-ci permet de bien visualiser concrètement la "desserte en surface" que permet de réaliser le TGV grâce au principe de "compatibilité", c'est-à-dire à la possibilité pour les rames TGV, de circuler aussi bien sur ligne nouvelle à grande vitesse que sur les lignes existantes, aux vitesses permises par le tracé et la signalisation de celles-ci.

Elle permet de constater que, si l'importance de la liaison Paris-Lyon est, bien évidemment, considérable puisqu'elle représente 40 % du trafic total, la desserte TGV est bien loin de se résumer à cette seule liaison. On soulignera, en particulier, l'importance du trafic de la vallée du Rhône et du Midi (près de 9 000 voyageurs par jour, soit 27 % du total) et celui de la branche Savoie-Genève (5 200 voyageurs par jour, soit 16 % du total). En fait ce diagramme, relatif à la situation d'exploitation du dernier trimestre 1983, ne fournit encore qu'une vision imparfaite de la structure géographique du trafic acheminé par le TGV, puisqu'il n'inclut pas les conséquences des améliorations de desserte apportées à la fin du mois de janvier 1984, à savoir le renforcement de la desserte de la Savoie, de la Bourgogne et de la Franche-Comté et l'entrée du TGV en Suisse jusqu'à Lausanne, ni la desserte directe de Grenoble, le trafic de cette ville s'effectuant aujourd'hui principalement par correspondance à Lyon (plus de 1 000 voyageurs par jour).

L'analyse du trafic, effectuée depuis la mise en œuvre de la desserte de Lausanne,

conduit à la répartition suivante :

- branche Dijon, Bourgogne, Franche-Comté, Lausanne..... 16,9 %
- branche Bresse, Savoie, Genève... 23 %
- branche Lyon-Saint-Étienne... 33,6 %
- branche Vallée du Rhône-Midi... 23,5 %

Il convient de noter, toutefois, que la période en cause conduit à une représentation par l'excès du trafic de la branche Savoie puisqu'elle correspond à une période de haute saison pour le trafic lié aux sports d'hiver.

En moyenne annuelle, la répartition devrait s'établir sensiblement de la manière suivante :

- branche Dijon, Bourgogne, Franche-Comté, Lausanne..... 17 %
- branche Bresse, Savoie, Genève... 20 %
- branche Lyon-Saint-Étienne... 37 %
- branche Vallée du Rhône-Midi... 26 %

De façon synthétique, la physionomie de l'évolution du trafic peut s'analyser, toutes relations confondues, à l'aide du tableau ci-dessous qui se réfère aux trafics observés pour chacun des quatrièmes trimestres des quatre dernières années écoulées, pour apprécier l'effet du TGV, élimination faite des variations saisonnières. Le quatrième trimestre 1980, dernier de l'espèce avant l'exploitation TGV, peut servir de référence, en première approximation ; en effet, la croissance d'ensemble du trafic observé sur la partie du réseau SNCF non concernée par le TGV est malheureusement restée très faible au cours de la période considérée puisque, cumulée de 1980 à 1983, elle n'atteint pas 2 %. On peut ainsi constater les étapes de la croissance globale du trafic sud-est, provoquée par les phases successives d'extension de la desserte, et, notamment par celle intervenue fin septembre 1983 par la mise en service du tronçon nord de la ligne.

Au total, dès le 4^e trimestre 1983, la mise en œuvre du TGV est responsable d'un accroissement du nombre de voyageurs, supérieur à 40 %, par référence à une situa-

tion "au fil de l'eau" sans TGV. Après l'étape de la mise en service de la desserte directe de Grenoble qui marquera l'achèvement du programme conçu dès l'origine, il ne paraît pas exagéré de penser que l'effet TGV se traduira vraisemblablement par un accroissement relatif du trafic sud-est de l'ordre de 45 %

Cet accroissement relatif se situe à un niveau supérieur d'environ 15 % aux prévisions, ce qui a pour conséquence heureuse de compenser sensiblement, lorsqu'on s'intéresse au trafic ferroviaire nouveau imputable au TGV, en valeur absolue, la moindre progression du trafic total au fil de l'eau qui résulte notamment du ralentissement de la croissance de la consommation des ménages, évolution moins favorable que celle qui était escomptée il y a quelques années.

Ainsi, pour ce qui touche à l'accroissement du trafic, qui constitue la pierre angulaire de la rentabilité du projet, considérée du point de vue de l'entreprise comme de celui de la collectivité, la réalité qui prend forme progressivement conforte — et au-delà — les évaluations effectuées, à grand renfort de modèles économétriques, concernant la réponse des voyageurs à la spectaculaire amélioration de la qualité du service offert apportée par le TGV.

Au total, et en résumé, l'évolution du trafic observée de 1980 à 1983 et prévue pour 1984 et 1985 peut se résumer par le tableau ci-contre.

Par ailleurs, il faut rappeler que, malgré le caractère fortement innovant lié à la réalisation de la ligne nouvelle et à la construction du matériel, les évaluations du projet soumis à l'approbation ministérielle ont été respectées, compte tenu des modifications des conditions économiques, à très peu près (écarts de 1 % en ce qui concerne la réalisation de la ligne nouvelle et de 4 % pour la construction du matériel TGV).

ÉVOLUTION du TRAFIC VOYAGEURS PARIS - SUD-EST et de sa RÉPARTITION entre le TGV et les TRAINS CLASSIQUES

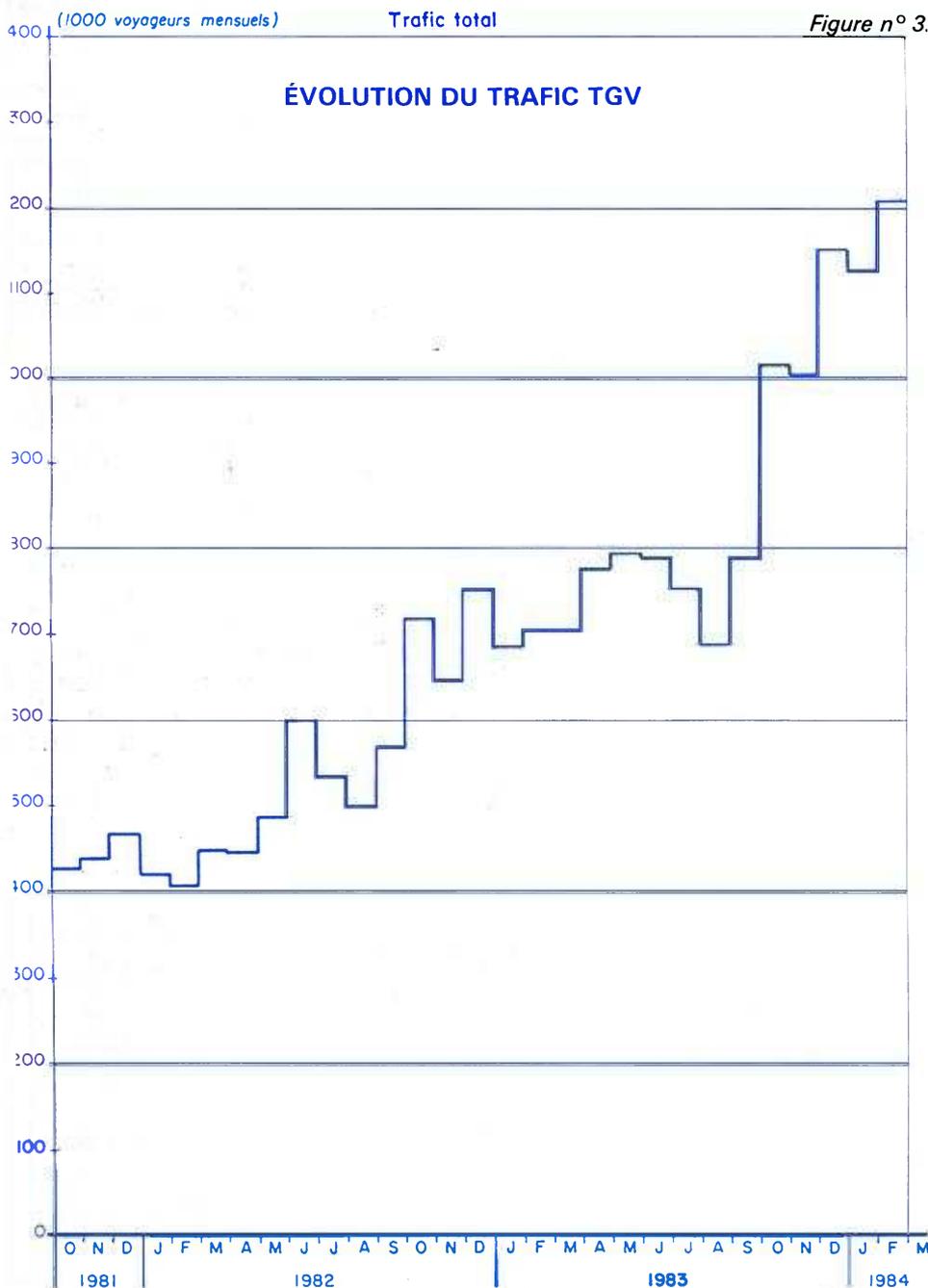
	4 ^e trimestre 1980	4 ^e trimestre 1981	4 ^e trimestre 1982	4 ^e trimestre 1983
Trafic en trains classiques (1)	3 050	2 240	1 690	1 260
Trafic en TGV (1)	—	1 310	2 060	3 080
Trafic ferroviaire total (1)	3 050	3 550	3 750	4 340
Partage du trafic acheminé en TGV (en %)	0	37 %	55 %	71,2 %
Accroissement relatif du trafic sur la base 1980		16,4 %	23,0 %	42,3 %

(1) en milliers de voyageurs, deux sens réunis.

ÉVOLUTION DU TRAFIC VOYAGEURS SUR L'AXE PARIS-SUD-EST
(en millions de voyageurs par an)

	1980	1981	1982	1983	1984 (1)	1985 (1)
Trafic de référence	12,5	12,8	12,6	12,7	12,8	12,8
Trafic total avec TGV	12,5	13,1	14,7	16,0	18,0	18,4
Trafic en TGV	—	1,3	6,0	8,9	14,5	15,3
Trafic en trains classiques	12,5	11,8	8,7	7,1	3,5	3,1
Effet du TGV (en valeur absolue)	—	0,3	2,1	3,3	5,2	5,6
Effet du TGV (en valeur relative)	—	+ 2,3 %	+ 16,4 %	+ 26 %	+ 41 %	+ 44 %

(1) Prévisions.



Les examens actuellement en cours conduisent à avancer qu'il en est de même globalement pour les coûts relatifs à l'exploitation technique et commerciale du TGV.

Rappelons en terminant, pour situer l'importance de l'investissement réalisé, quelques chiffres. Aux conditions économiques de 1983, la construction de la ligne nouvelle a représenté un investissement de 7,6 milliards et l'acquisition du matériel TGV s'élève de son côté à 5 milliards de francs. En contrepartie, la création de la ligne nouvelle a permis d'éviter le quadruplement de la ligne constante Paris-Dijon sur la section St-Florentin-Dijon, pour un montant de 3 milliards de francs ; elle a aussi libéré la SNCF de l'obligation d'acheter du matériel classique - locomotives et voitures - pour un montant équivalent.

Au total, le "programme" TGV Paris-Sud-Est représente donc un investissement brut de 12,6 milliards de francs et un investissement net de 6,6 milliards.

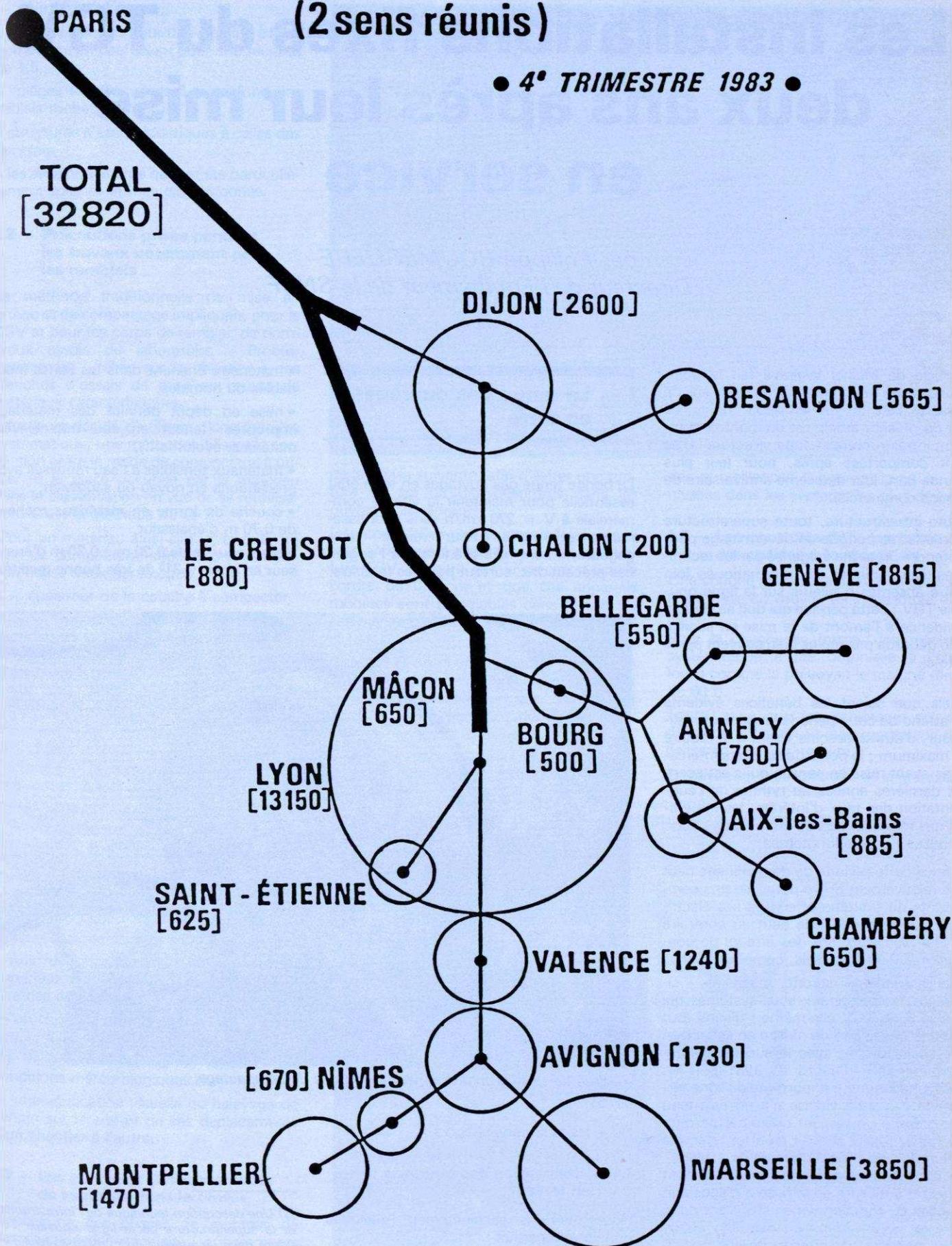
Ces quelques rappels conduisent à souligner au passage que, parallèlement à la recherche de l'amélioration du service rendu, la suppression du goulot d'étranglement qui obstruait l'artère maîtresse du réseau français a constitué une motivation majeure et un élément essentiel de la rentabilité du projet. Celle-ci, considérée au plan interne, du point de vue de l'économie d'entreprise, s'établit à un ordre de grandeur de 15 % ; rappelons, sans citer de chiffre, que, selon les études effectuées contradictoirement dans le cadre des groupes de travail interministériels ayant eu à connaître du projet, le taux de rentabilité pour la collectivité nationale représentait environ 2 fois le taux de rentabilité interne pour l'entreprise.

En conclusion, l'enregistrement continu des données relatives à cette expérimentation "en grandeur réelle", unique au monde, que constitue la mise en œuvre progressive du TGV Paris-Sud-Est, confirme le grand intérêt du transport ferroviaire à grande vitesse et permet d'augurer de son avenir avec confiance ; les constatations faites permettront certainement, dans un avenir proche, d'améliorer encore l'utilisation pour le bien de tous de ces extraordinaires outils que constituent la ligne nouvelle et le matériel TGV.

Le soutien des pouvoirs publics illustré par la décision de réaliser le TGV Atlantique, les études en cours concernant d'autres axes, la réalisation de TGV "passe-Paris", illustrée par la mise en service d'un TGV direct Lille-Lyon-Lille, épargnant aux voyageurs les désagréments de la traversée de Paris, dès l'automne 1984, permettent d'entrevoir aujourd'hui ce que sera la réalité probable de l'an 2 000 : un réseau interconnecté de dessertes à grande vitesse qui constituerait la trame de base des transports collectifs de voyageurs de ce pays, et, il n'est pas interdit de l'espérer, de la communauté européenne tout entière. ■

TRAFICS MOYENS JOURNALIERS ÉCHANGÉS AVEC PARIS PAR TGV (2 sens réunis)

● 4^e TRIMESTRE 1983 ●



Les installations fixes du TGV deux ans après leur mise en service

par Philippe ROUMEGUERE
Directeur de l'Équipement de la SNCF

L'article de Michel Walrave fait le point économique et commercial de deux ans de desserte TGV du sud-est de la France. Le but du présent article est de montrer comment infrastructure et superstructure (1) se sont comportées après, pour leur plus grande part, leur deuxième anniversaire de service commercial.

Toute infrastructure, toute superstructure a en effet sa période de déverminage pour reprendre un terme vulgarisé par les techniques électroniques et informatiques loin d'être absentes d'ailleurs sur la ligne nouvelle TGV : cette période qui doit se situer à l'évidence à l'amont de la mise en service n'en déborde pas moins bien souvent après celle-ci.

Quels que soient les bénéfiques évidents qu'attend de cette période l'ingénieur réalisateur, d'autres besoins visent à la réduire au maximum ; le poids des intérêts intercalaires avant mise en service qui s'est accru ces dernières années au rythme de l'augmentation des taux d'intérêts, les impératifs des mises en service annoncées - donc promises - depuis longtemps.

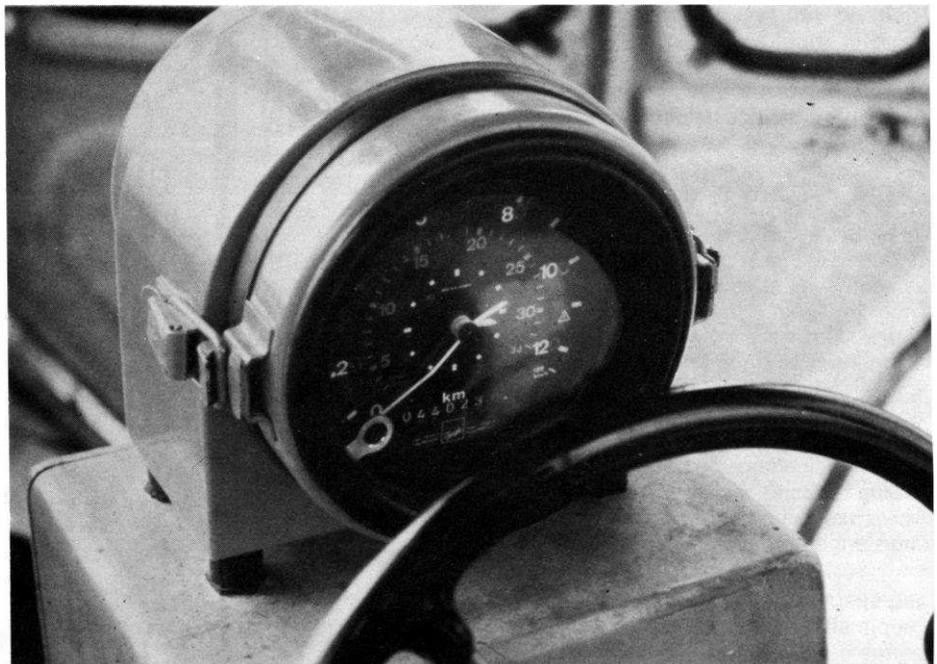
Enfin si cette période de déverminage peut être relativement brève pour certains composants du système offert (parties électriques par exemple), elle peut au contraire révéler bien plus tard des erreurs de conception initiale (remblais, compactages).

Successivement seront examinés ci-dessous les principaux sous-systèmes qui font la ligne TGV elle-même ; disons tout de suite que le pari de mettre en service en une seule fois, et avec le succès maintenant reconnu, d'abord en 1981 puis en 1983, une longueur importante de ligne ferroviaire à grande vitesse n'a pu être tenu que grâce à un respect quasi parfait d'un calendrier ; celui-ci avait en effet retenu la précaution de "fonctionnements à blanc" de chaque sous-système immédiatement au fur et à mesure de la mise à disposition de ceux-ci, fonctionnements qui ont donc pu être assurés dans un planning quasiment respecté par chacun de ses participants.

I — La tenue des ouvrages en terre

La bonne tenue des ouvrages en terre était essentielle pour maintenir la vitesse commerciale à $V = 270$ km/h sans ralentissements prolongés. Pour réussir cette gageure, il aura fallu prendre dès l'origine des précautions, surtout pour les remblais.

- matériaux drainant dans les zones inondables ou humides,
- mise en dépôt définitif des matériaux impropres (teneur en eau trop élevée, matériaux évolutifs...),
- matériaux sensibles à l'eau réutilisés avec précautions en noyau ou sandwich,
- couche de forme en matériaux rocheux de 0,70 m d'épaisseur,
- sous-couche de 0,20 m à 0,30 m d'épaisseur en grave 0,31⁵ de très bonne qualité.



Cadran de tachygraphe équipant les engins de compactage.

Nous les résumons ci-après :

I.1 — Conception des ouvrages en terre

Nous donnons succinctement quelques principes généraux :

— pour les remblais :

(1) Une description technique de l'infrastructure et la superstructure de la ligne nouvelle TGV figure dans les articles du numéro spécial TGV de PCM d'octobre 1981.

— pour les déblais :

- pentes calculées pour une stabilité à long terme avec un coefficient pour une sécurité de 1,5,
- "pièges à cailloux" de 5 m en fond des déblais rocheux,
- structures d'assise identiques à celles des remblais,
- les assainissements qui ont été particulièrement soignés et bien dimensionnés.

1.2 — Précautions prises pendant les travaux notamment pour les remblais

La méthode traditionnelle de mise en œuvre et de compactage impliquait, pour le TGV et pour les corps de remblai, de nombreux essais de laboratoire - Proctor notamment - reliés sur le chantier à des planches d'essais de mise en œuvre de matériaux caractéristiques.

Il fut alors décidé d'utiliser, d'une manière systématique, une méthode utilisant la corrélation entre le mode de compactage à utiliser et la place occupée par le matériau dans la classification en vue de sa réutilisation. C'est la méthode du Q/S.

Pour un matériau ainsi classé, et pour un type de compactage choisi, cette corrélation utilise deux paramètres :

e — épaisseur de la couche à compacter

Q/S — rapport du volume Q du sol compacté pendant un temps donné, à la surface S balayée par le compacteur pendant le même temps.

Nouveauté importante : tous les compacteurs ont été équipés, au fur et à mesure du démarrage des chantiers, de tachygraphes permettant la mesure des distances parcourues par le compacteur, ainsi que les fréquences de vibrations (figures 1.1 et 1.2).

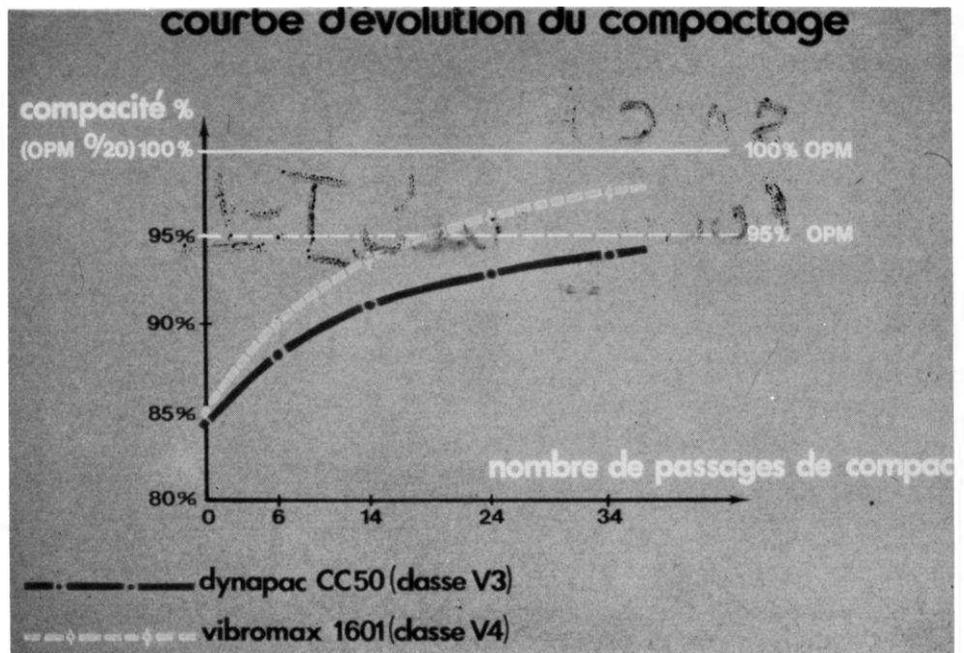
Cette méthode nouvelle a permis le contrôle en continu et sous une forme simple d'environ 20 millions de m³, sans exclure les critères physiques ou mécaniques et en donnant entière satisfaction. Elle a été poursuivie dans les lots compris entre St-Florentin et Paris.

Cette technique de mise en place réclame :

- une identification rigoureuse de tous les matériaux avec les teneurs en eau à l'ouverture des déblais,
- un choix du compacteur,
- une définition de l'épaisseur et du nombre de passes à réaliser en fonction des conditions météorologiques du moment,
- une vérification visuelle du balayage de l'engin sur le site et de ses déplacements d'un chantier à l'autre.

1.3 — Les contrôles des tassements de remblais dans le temps

A chacune des phases de montées de construction des remblais, les tassements envisagés ont été résorbés avant la montée



de la phase suivante, afin d'éviter une rupture du sol ou des désordres dans les ouvrages encadrants.

Le recours à l'emploi de tassomètres, prévu au marché, a été généralisé sur l'infrastructure TGV, sachant que la précision est de l'ordre de 0,5 cm et que ces appareils robustes sont très fiables dans l'étude de ces mécanismes de tassements (figures 1.3 et 1.4).

En général une parfaite harmonie a régné entre les tassements prévus à l'étude et ceux enregistrés au cours des travaux, sauf pour les zones très fortement compressibles où des écarts sont apparus.

Le contrôle des déformations de corps de remblai et de support a été complété par

des surveillances topographiques ou par nivelles dans les secteurs les plus délicats.

1.4 — Les contrôles de la portance des assises à la réception

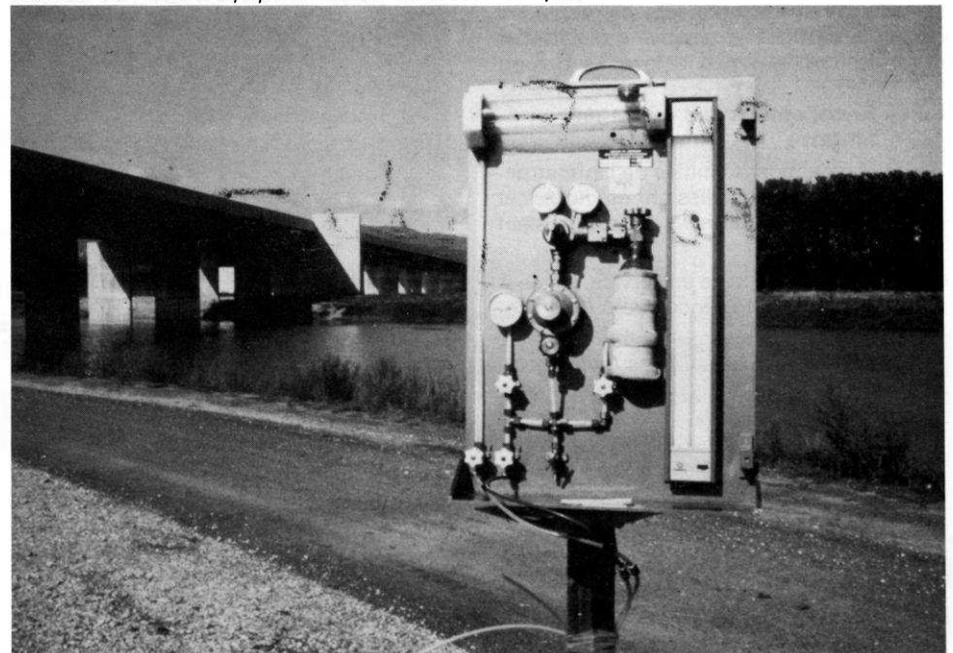
Une couche d'assise de 0,20 m d'épaisseur a été mise en œuvre sur l'ensemble de la ligne.

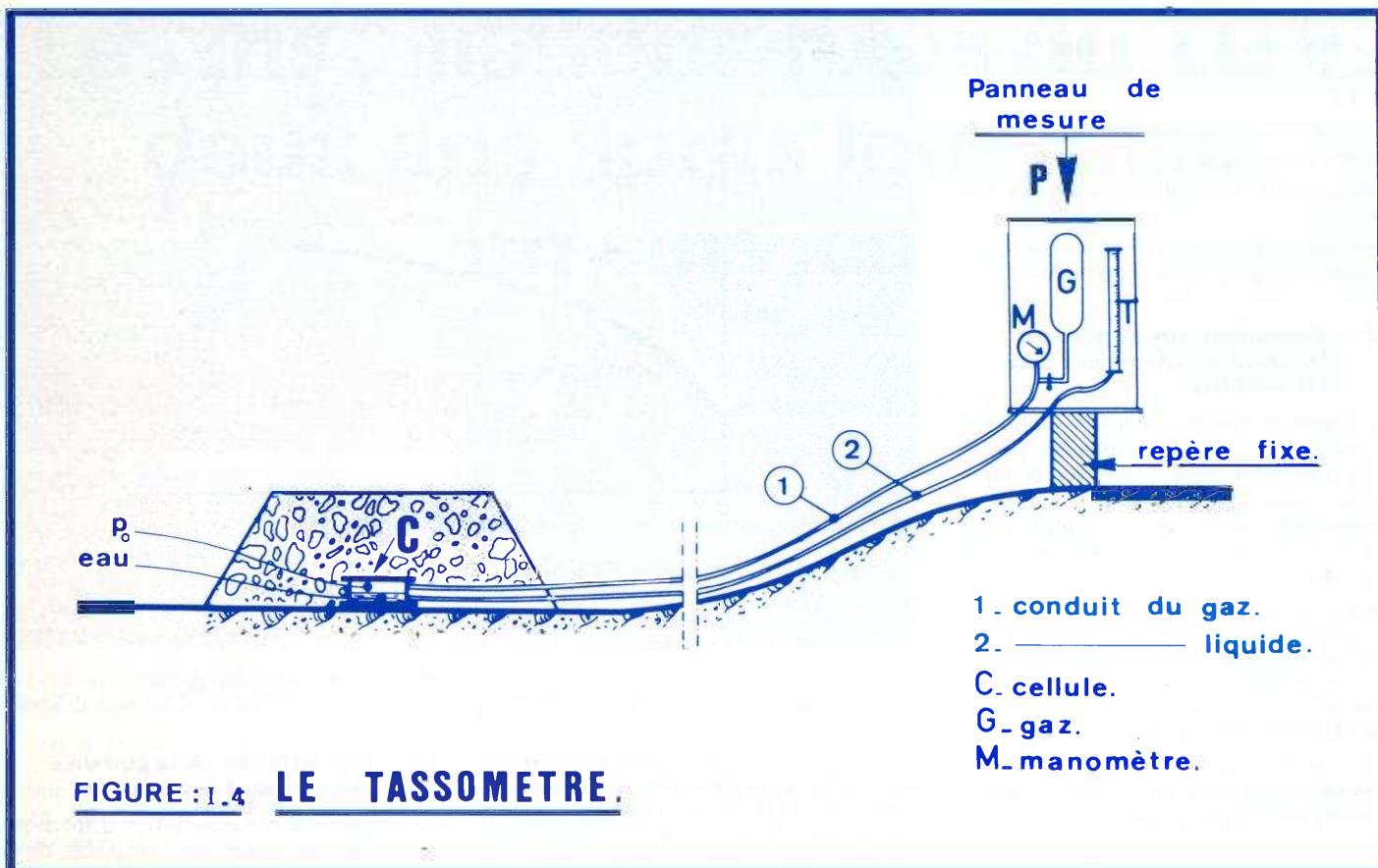
Pour la couche de forme, une réception systématique a été organisée à l'engin lourd comme le prévoyait le marché (engin de 60 t).

Toute zone où un ornièrage ou une déflexion apparaissait était reprise soit partiellement, soit en totalité.

En raison de la structure et de la granularité

Tableau de mesure équipant une borne tassométrique.





Principe : l'écrasement de la cellule C crée une suppression transmise au tableau de mesure qui indique la valeur des tassements cumulés obtenus.

de ces couches de forme, il a été impossible d'envisager d'autres modes plus traditionnels de réception.

L'analogie avec les contraintes dynamiques imposées à la superstructure a amené la SNCF à s'orienter vers un appareil nouveau équipant un compacteur lisse vibrant.

Le passage systématique de cet engin sur les sous-couches a permis d'établir des contrôles continus.

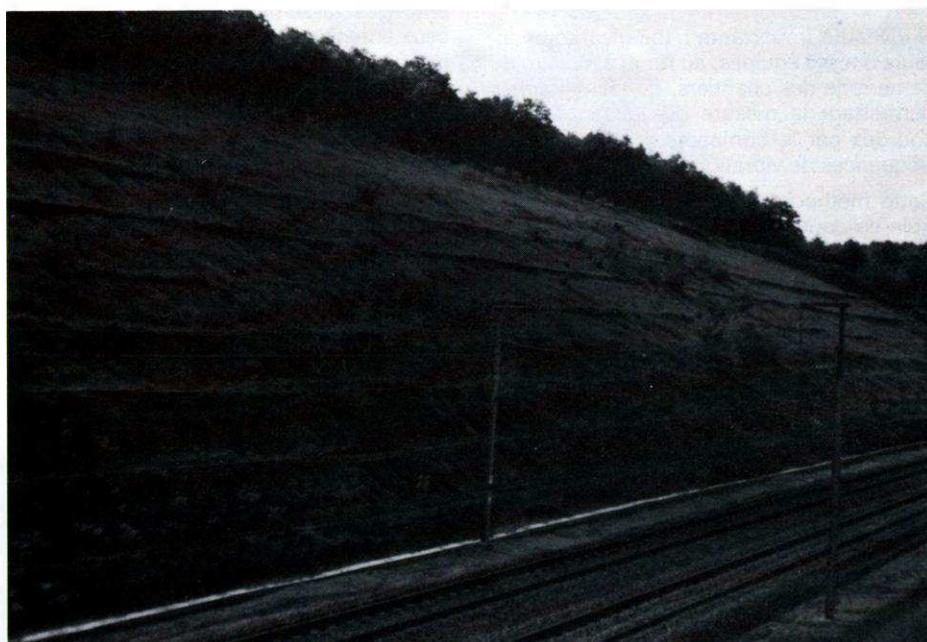
I.5 — Recollement des ouvrages en terre

Avant la réception définitive de l'infrastructure, toutes les anomalies ont été notées et il a été établi des dossiers de recollement complets.

Après deux ans de mise en service, on peut assurer qu'il n'a été rencontré aucun problème important.

Quelques déblais ont subi des ravinements car la végétation n'était pas assez poussée avant les intempéries. Ces phénomènes sont facilement maîtrisables par des engazonnements et des protections superficielles ponctuelles (figure I.5).

Les tranchées rocheuses qui avaient subi une forte fracturation lors des tirs de mine ont subi l'érosion naturelle par des purges de petits blocs. Dans certaines tranchées un programme complémentaire de grillages métalliques protecteurs a été mis en place.



Engazonnement de talus.

Cela n'a aucune influence sur le trafic compte tenu des distances de ces parois par rapport au TGV (au moins 5 m).

Les systèmes d'assainissement se sont révélés très efficaces notamment lors des

violents orages de l'été 1982 qui ont perturbé les lignes existantes. Cela tient au bon dimensionnement des ouvrages hydrauliques (crue centennale) et aux assainissements longitudinaux (crue décennale).

Bien entendu, l'entretien courant, notamment le curage des fossés, est à faire avec soin.

Le système mis en place décrit ci-dessus permettra la surveillance des ouvrages et une bonne programmation de l'entretien pour les années à venir.

II — Les ouvrages d'art

La ligne nouvelle Paris-sud-est comporte environ 500 ouvrages (315 ponts-rails, 185 ponts-routes), dont près de 90 % peuvent être considérés comme des ouvrages courants ; en effet, l'adoption d'une rampe maximale de 35 mm/m a permis de limiter à 9 le nombre de grands viaducs.

Ces ouvrages se caractérisent par :

— une conception prenant en compte pour les ponts-rails les effets dus à l'augmentation des vitesses :

- gabarits spéciaux (entrevoie large),
- ballastage systématique des tabliers (35 cm sous traverses),
- tabliers à déformabilité réduite (limitation des flèches admissibles, calculées sous convoi "UIC", entraînant dans la pratique sans convois TGV, des flèches inférieures à L/4 000 pour les grands viaducs).

— un recours systématique aux "ouvrages types", conçus avec le double souci de réduire l'entretien et de limiter les conséquences d'une défaillance locale ; c'est ainsi que :

- les ponts-routes sont des ponts-dalles en béton armé, à trois travées continues, qui, tout en ménageant une bonne "transparence" pour les conducteurs des rames, offrent une grande réserve de sécurité vis-à-vis des efforts appliqués (figure II.1) ;
- les ponts-rails courants sont les plus souvent des cadres ou des portiques monolithiques et, quelquefois, des ponts-dalles massifs à une travée (figure II.2) ;
- les viaducs sont en béton précontraint, qui s'est imposé pour des raisons économiques (à tabliers continus, monocaissons de hauteur constante), mais avec obligation de diverses prescriptions particulières à accroître leur fiabilité et à permettre l'adjonction ultérieure de câbles de renfort ; la plupart des tabliers de ces ouvrages ont été mis en place par poussage, technique bien adaptée aux ouvrages ferroviaires de portée moyenne (40 à 50 m), qui disposent d'une forte marge de résistance lors du lancement, puisqu'ils n'ont alors à supporter ni ballast, ni surcharge ;
- un traitement spécial à la transition "remblai-ouvrage", vise à accélérer la stabilisation du remblai dans cette zone (figure II.3).

Au bout de deux ans d'exploitation de la



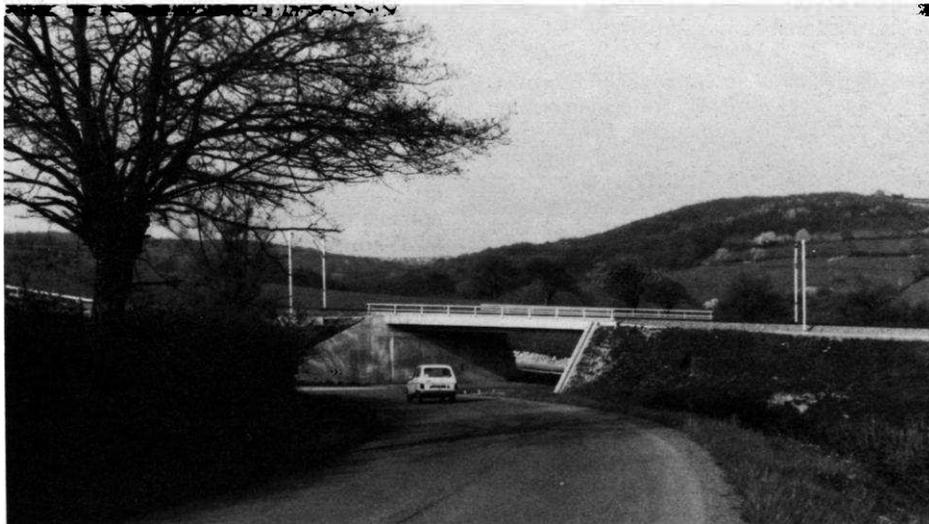
Un pont-route.

(Photo C. Delemarre. SNCF)

ligne, s'il est évidemment trop tôt pour apprécier le comportement à la fatigue des ouvrages et notamment des tabliers des grands viaducs, on peut cependant noter la bonne tenue générale des structures, qui n'ont été affectées par aucun désordre, et des fondations.

La pratique des grandes vitesses n'a pas entraîné l'apparition de phénomènes vibratoires préjudiciables à la stabilité de la voie et au confort de roulement, ce qui démontre que les valeurs adoptées pour les limitations de flèches paraissent correctes.

Un pont-rail.



Couche de forme en grève non traitée (95% OPM)

$$L = 2H + a \quad (\text{minimum } 10 \text{ m})$$

A

Sous-couche en grève traitée { grave-émulsion ou grave-bitume

0,30
0,50

2,00 mini

2/1 maxi

Terrain naturel après purge

Remblai méthodiquement compacté à la plus grande des deux valeurs 95% OPM ou 90% OPM

1,00 mini

Grève non traitée (95% OPM)

Grève traitée au ciment (95% OPM)

(minimum 3m)

a

2H (minimum 7m)

L.OQ

0,40

a

A'

(1)

H

D

E

B

A

C

B

E

A

C

B

E

A

C

B

E

A

C

B

E

Dispositif d'assainissement

Par des modifications relativement limitées apportées à l'ouvrage, notamment par la construction en sous-cœuvre d'une palée intermédiaire, n'apportant cependant aucune restriction à la circulation routière, il a été facilement possible de faire totalement disparaître ces amorces de résonance.

Les dispositions retenues à la transition "ouvrage d'art-remblai" ont également fait leurs preuves puisqu'aucun défaut marquant de la voie n'a été mis en évidence lors du passage des circulations au droit de ces points singuliers.

III — La voie

La mise en place soignée de la voie à la construction a été un gage de réussite des circulations sur la ligne ; en effet, outre que lors des marches d'essais, poursuivies jusqu'à 290/300 km/h, les accélérations

verticales et transversales de caisse sont restées très acceptables (de l'ordre de 0,15 g en transversal de caisse par exemple), les contrôles régulièrement effectués depuis n'ont jamais atteint en un an d'exploitation même sur appareils de voie, le seuil d'attention que nous nous étions fixés à 0,14 g en accélération transversale de caisse.

De même, le franchissement des appareils de voie en voie déviée n'a donné lieu qu'à des accélérations transversales remarquablement faibles : 0,16 g en caisse de remorque, 0,15 g en cabine de locomotive, sur un appareil tangente 0,0154 franchi (en essai) à 235 km/h, donc à 15 km/h de plus que sa vitesse nominale de franchissement (figure III.1).

Ces excellents résultats s'étaient d'ailleurs concrétisés le 26 février 1981, lors de la marche à 380 km/h, durant laquelle l'accélération transversale de bogie n'a pas dépassé 0,5 g et l'effort latéral sur la voie 40 KN.

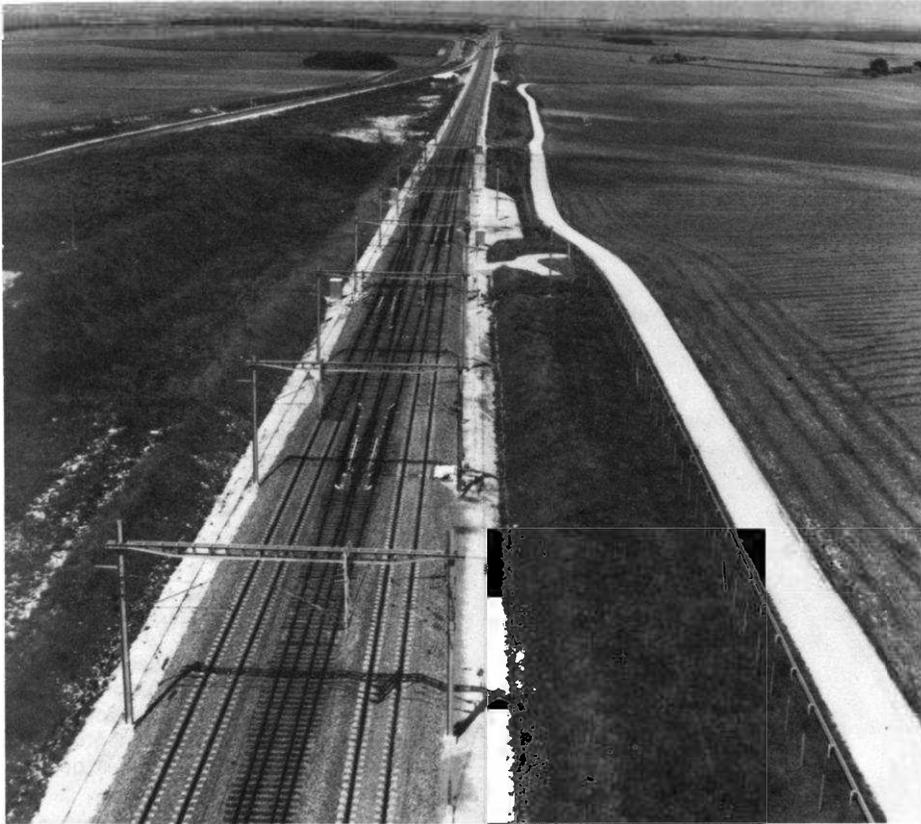
Cette mise au point du tracé de la voie, préalable à la mise en service commercial

de la ligne, a été un élément prépondérant, d'une part vis-à-vis de la mise en place des méthodes de surveillance et de contrôle de la géométrie, d'autre part vis-à-vis du confort observé dans les rames commerciales. L'entretien de la géométrie de la voie est réalisé par bourrage-dressage mécanique lourd.

Si la technique de bourrage elle-même n'a pas été modifiée, la mise au point d'appareillages électroniques permettant la réduction des défauts de dressage de grande longueur d'onde (40 à 50 mètres) a permis d'améliorer considérablement le confort.

Au cours de la première année d'exploitation commerciale du tronçon sud, le volume de l'entretien de la géométrie de la voie est resté inférieur aux prévisions de 1978, d'environ 15 %. Ce gain appréciable obtenu la première année devrait s'affirmer encore dans les années à venir.

Il ressort en effet de la première campagne de bourrage qu'une partie des interventions pratiquées était la conséquence de séquel-



220 km/h en voie déviée.

(Photo Deleamarre. SNCF)

les de construction. Les prévisions actuelles pour l'avenir à moyen terme laissent espérer une intervention de nivellement sur moins de 50 % de la longueur de voie en service.

Les critères de qualité retenus quant au choix du tracé (en plan et en profil), de l'armement, notamment des rails, assurent une usure minimale de la table de roulement.

La liaison rail-traverse est assurée au moyen d'attaches élastiques dites Nabla déjà largement répandues sur le réseau ferré classique et dont la conception a été liée à une très faible maintenance : leur comportement est très satisfaisant. A ce jour, aucun désordre ou même indice d'anomalie n'a été décelé, malgré un été 82 exceptionnellement chaud et orageux.

La superstructure de voie française qui allie la traverse bibloc type U 41, le rail UIC 60 et les attaches Nabla paraît être la meilleure architecture possible actuellement pour des circulations de trains de voyageurs à grande vitesse (figure III.2).

Malgré une implantation géographique difficile en plan et en profil, la conception nouvelle des appareils de voie permet des vitesses élevées. Ainsi les bifurcations de Pasilly et de Mâcon sont franchies en voie déviée à 220 km/h, les communications V1/V2 permettent le passage à 160 km/h dans d'excellentes conditions de confort.

Le maintien de la géométrie est assuré par bourrage-dressage mécanique lourd. La

Un seul point particulier est à noter : celui des quelques appareils de dilatation des ouvrages d'art qui se situent du côté de l'appui mobile des grands ouvrages de plus de 100 m de longueur dilatable qui nécessitent, pour l'entretien du nivellement, l'emploi d'une bourreuse mécanique d'appareils de voie. Certaines ferrures vieillissent rapidement et des défauts de surface du genre écaillage apparaissent. Ce vieillissement est lié à la nature de l'acier employé, et pour pallier cet inconvénient, une nuance dure est désormais à employer. L'effectif moyen d'agent d'entretien par km de voie ressort à 0,12 agent/km, à comparer aux lignes anciennes supportant un trafic comparable où l'effectif est de l'ordre de 0,30 agent/km.

IV — La signalisation

IV.1 — Les transmissions de sécurité

La concentration des appareils de signalisation dans des centres espacés de 12 à 15 km environ a nécessité la mise en œuvre de nombreux circuits inter-centre. Ces circuits assurent pour différentes fonctions la liaison entre les appareils regroupés dans les centres voisins.



La voie du TGV.

(Photo SNCF-CAU)

première année, 65 % des appareils ont été traités. De même que pour la voie courante, les prochaines campagnes devraient voir ce pourcentage sensiblement diminuer.

Quant aux constituants des appareils, les périodicités d'entretien appliquées aux révisions des appareils de lignes classiques semblent convenir.

Le nombre de circuits à constituer a imposé la conception d'un système multiplex de fréquences non modulées permettant de transmettre dans un même sens, sur un seul support bifilaire, 10 informations indépendantes entre elles avec le même niveau de sécurité que celui exigé pour les circuits de signalisation.

Pour le système, le niveau de sécurité

réside essentiellement dans la stabilité de la fréquence des émetteurs, d'une part, et dans l'aptitude des récepteurs à sélectionner avec certitude le signal électrique de l'émetteur correspondant d'autre part ; cette condition implique nécessairement des notions de seuil et de sélectivité répondant aux critères de sécurité habituellement exigés pour les appareils de signalisation.

L'utilisation de diapasons à l'émission et de filtres mécaniques à la réception a permis de résoudre dans de très bonnes conditions le problème posé.

Les caractéristiques de ces éléments (figures IV.1 et IV.2) présentent en effet les avantages suivants :

- grande stabilité de fréquence pour les diapasons
- pour les filtres mécaniques : sélectivité stable et étroite, affaiblissement hors bande très important, inertie mécanique augmentant l'insensibilité aux phénomènes transitoires.

Chaque système multiplex transite dans des circuits spécialisés du câble mixte signalisation/télécommunication par l'intermédiaire d'amplificateurs aperiodiques de sécurité.

Les appareils, industrialisés par les Sociétés Jeumont-Schneider et Erji sont en fait le résultat de 2 décennies d'évolution technique constante au cours desquelles les performances ont été sans cesse améliorées.

L'expérience acquise par l'utilisation progressive de ces appareils au cours des années 70 a permis une généralisation importante sur la LGV pour les liaisons inter-centres : plusieurs milliers de liaisons sont en effet en service et donnent entière satisfaction.

Ces systèmes constituent un progrès important dans le domaine de la concentration d'informations indépendantes transmises sur un même support bifilaire ; ils offrent, pour les circuits de ligne de signalisation, des possibilités d'utilisation étendues avec un niveau de sécurité élevé et en tout état de cause supérieur à celui habituellement mis en œuvre dans le passé.

IV.2 — Circuits de voie et transmission voie-machine (TVM)

Les circuits de voie à fréquence modulée assurent sur la LGV la double fonction de contrôle d'occupation de la voie et de transmission des informations continues de signalisation à bord des cabines de conduite des TGV.

Les fréquences utilisées sont alternées sur la même voie et différentes pour chaque voie, soit :

- 1 700 et 2 300 Hz pour la voie 1
- 2 000 et 2 600 Hz pour la voie 2

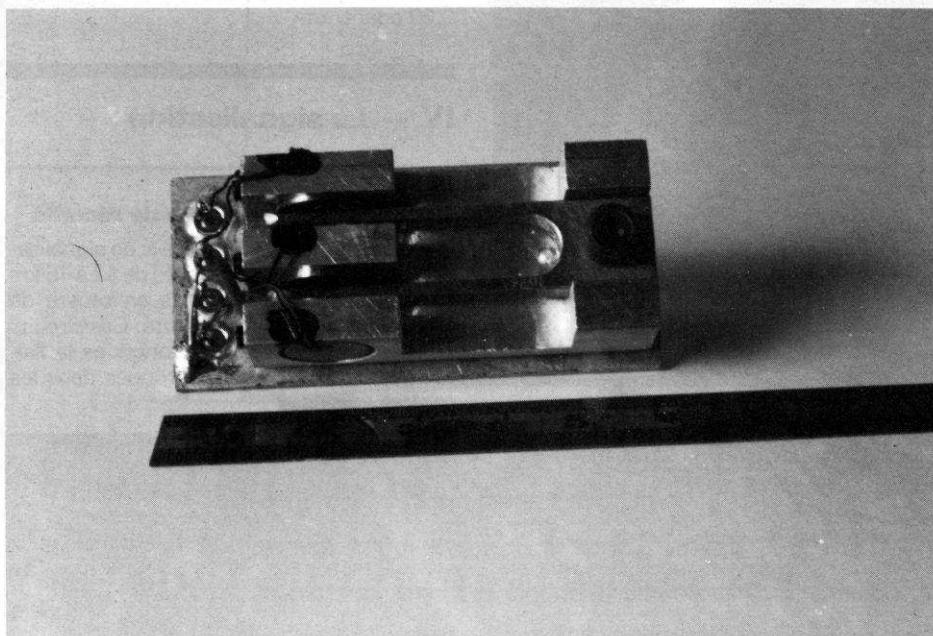
Cette disposition élimine les problèmes de diaphonie longitudinale (sur la même voie) et transversale (entre voies).

La modulation de fréquence ($F = 20$ Hz) assure une protection efficace contre les risques d'influence des harmoniques du courant de traction sur le courant de signalisation ; la fréquence de la modulation TBF caractérise l'information transmise au mobile ; 18 fréquences espacées de 1,1 Hz sont possibles entre 10,3 et 29 Hz correspondant à autant de seuils de vitesses contrôlés.

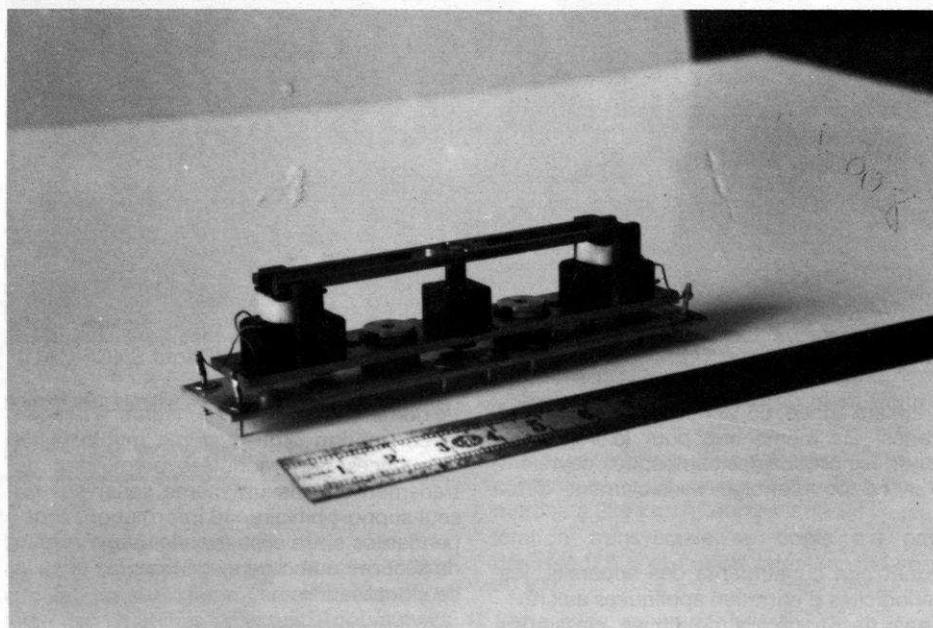
Les quelques appréhensions initiales relatives à la tenue des matériels installés directement dans le ballast se sont révélées sans guère de fondement eu égard aux dispositions efficaces prises contre les risques de dégradations engendrées par les travaux mécaniques d'entretien de la voie.

L'expérience décennale, en France et à l'étranger de ce type de circuit de voie UM 71 de la CSEE et la mise en œuvre d'une technologie électronique classique bien maîtrisée ont permis d'obtenir au cours de la première année d'exploitation de la LGV PSE des résultats très satisfaisants.

La très bonne qualité de la superstructure de la voie et la compensation de l'affaiblissement linéique de la transmission ont facilité la définition des réglages plus performants que ceux couramment utilisés sur les lignes classiques.



Diapason émetteur.



Filtre récepteur.

En ce qui concerne la transmission voie-machine (TVM) qui s'effectue par l'intermédiaire de capteurs inductifs montés sur les rames TGV au-dessus de chaque rail, le rapport entre les niveaux du signal émis dans les rails et celui des perturbations engendrées par le courant de traction s'est révélé très satisfaisant même dans les zones des appareils de voie pour lesquelles on pouvait craindre des phénomènes défavorables

L'aspect sécurité des informations transmises au mobile est essentiellement assuré par le codage de la fréquence de modulation ; à cet effet, la conception de l'émetteur de circuit de voie a été particulièrement étudiée de manière à obtenir un niveau de confiance pratiquement parfait vis-à-vis des variations de fréquence TBF pouvant entraîner l'émission d'informations erronées.

Cet appareil, a été réalisé par la CSEE et a subi au laboratoire de la SNCF les tests nécessaires à son homologation ; sa qualité de service sur les installations de la LGV ne fait l'objet d'aucune remarque.

Par contre, tout cet appareillage qui met en œuvre des circuits intégrés a nécessité le renforcement des dispositions habituellement réalisées pour la protection contre la foudre, ce qui d'ailleurs s'est révélé très utile pour l'ensemble des autres appareils électroniques : la LGV traverse en effet des zones particulièrement vulnérables à ces phénomènes naturels qui ont pu réussir à perturber à quelques reprises la circulation des rames TGV.

Voiture de mesure Lucie.



Un laboratoire à 300 km/h.

(Photo Delemarre. SNCF)

IV.3 – Contrôle et maintenance

Eu égard au principe de la transmission voie-machine et à l'abandon de la signalisation latérale, il est apparu, dès l'origine de l'étude de la signalisation TGV, que des moyens nouveaux seraient nécessaires pour vérifier le bon fonctionnement des installations de sécurité.

La disponibilité de la ligne PSE exige en effet pour les installations que les notions de maintenance préventive et de recherche du temps minimal d'intervention et de répa-

ration en situation dégradée, soient traitées avec le maximum d'efficacité.

Ces considérations ont conduit à définir et réaliser des moyens techniques nouveaux dont les plus spectaculaires sont deux voitures de mesures.

Aptes à rouler et à mesurer à grande vitesse, ces voitures de mesures permettent de s'assurer que toutes les caractéristiques électriques de transmission entre le sol et le mobile (circuit de voies, courant de traction, radio, etc...) sont satisfaisantes et ne présentent ni discontinuité ni dérive (figures IV.4, IV.5 et IV.6).

(Photo Delemarre. SNCF-CAU)



Elles constituent une importante innovation dans la maintenance préventive des caractéristiques électriques de fonctionnement des installations de signalisation ; la détection immédiate d'anomalie sur l'ensemble de la ligne permet en effet une intervention corrective avant l'apparition de l'incident ayant des conséquences sur la régularité du trafic ; cette procédure, véritable maintenance à 200 km/h, dont l'efficacité s'est confirmée au cours des 2 premières années d'exploitation de la LGV sera d'ailleurs vraisemblablement étendue aux lignes classiques en adaptant les équipements classiques.

IV.4 — Le poste Central d'Aiguillage et de régulation

Le poste d'aiguillage et de régulation (PAR) est l'organisme central permettant d'assurer la commande et la supervision de toutes les installations de la ligne et de suivre la position des circulations.

Après deux années d'exploitation, on peut, pour chacun des sous-systèmes composant le PAR, dresser le bilan suivant :

- Système de télécommande et télécontrôle.

Ce système est commun à la signalisation et à l'alimentation en énergie électrique des installations de traction. Cette disposition peu fréquente en France s'avère très économique et simplifie la maintenance.

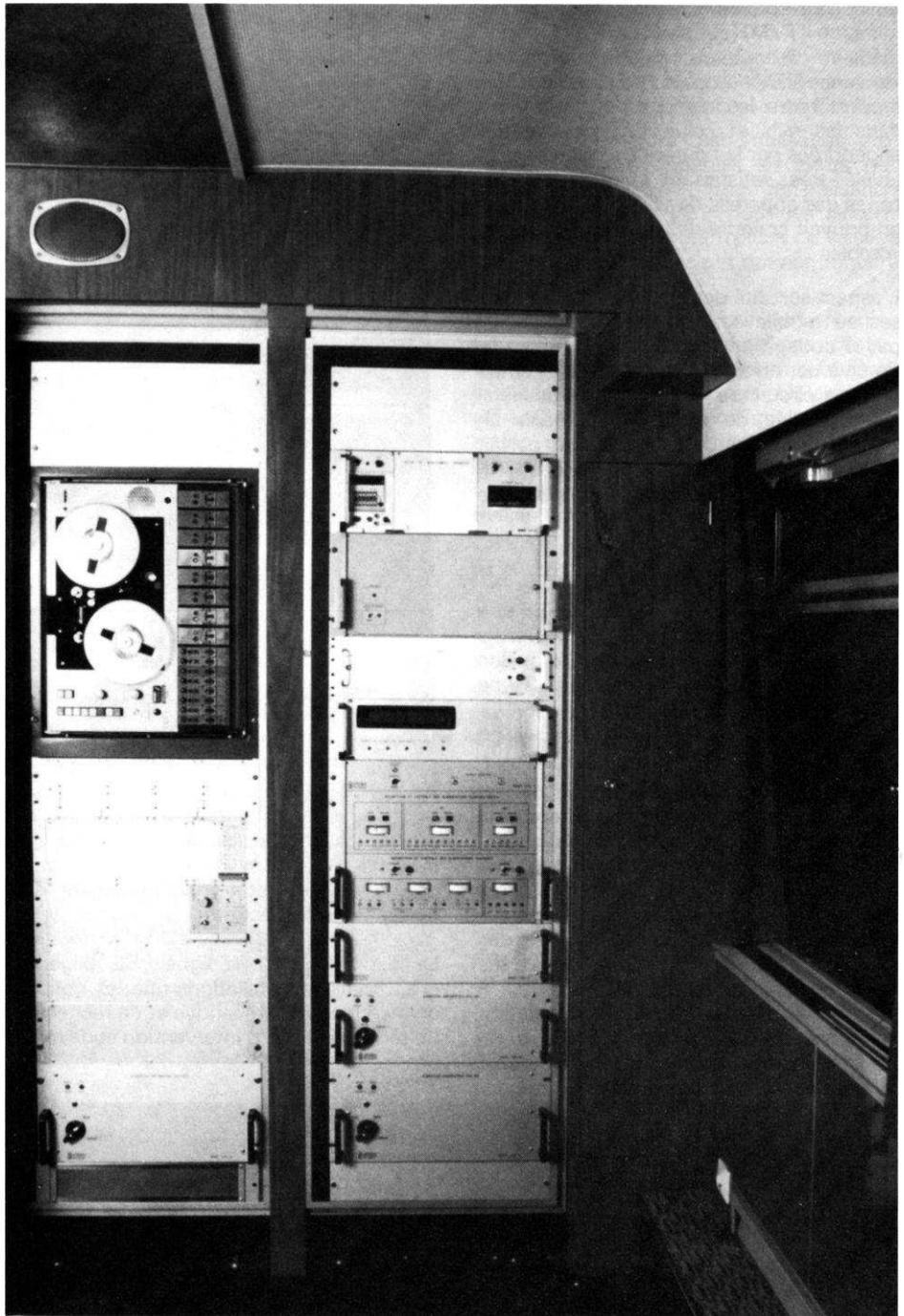
La transmission emprunte des quarts chargés du câble longeant la ligne, puis un multiplex temporel (type TN 2) ou fréquentiel 120 voies pour atteindre Paris. La transmission n'a donné lieu à aucun problème, même à travers le multiplex temporel malgré la nouveauté et l'avance technologique de ce système. Malgré la limitation des redondances aux satellites les plus importants, trois postes de signalisation et toutes les sous-stations, la fiabilité est excellente.

L'intervalle moyen entre défaillance, estimé sur l'année d'exploitation est d'environ 5 ans par satellite non doublé. La relève des dérangements est rapide. Au total, les quelques défaillances qui se sont produites n'ont pratiquement pas perturbé la régularité des circulations.

- *Les tableaux de contrôle, les pupitres et les circuits associés*

Les principes retenus, notamment la présentation des informations sur tableaux panoramiques, ont fait la preuve de leur efficacité. Les postes de travail ont eu leur ergonomie soigneusement étudiée.

Les circuits nécessaires pour les pupitres et tableaux de contrôle ont été réalisés à partir d'environ 15 000 relais industriels. L'emploi de relais de sécurité était impossible pour des raisons de coût et d'encombrement. La sûreté des informations est garantie par un doublement des relais et un contrôle permanent de la cohérence des états des deux relais associés ; cette procédure est satisfaisante mais après quelques mois de ser-



Enregistrement.

vice, un défaut systématique a été mis en évidence sur les relais. Ce défaut est dû à la présence de traces de chlore dans les bobines qui corrodent le fil et coupe l'enroulement. Cette défaillance immédiatement détectée par le contrôle de cohérence n'a pas eu de répercussion sur les circulations.

- *Le suivi des trains et la commande automatique des itinéraires.*

Le traitement est réparti sur trois niveaux : l'acquisition des informations, le traitement proprement dit, la visualisation des informations sur les tableaux panoramiques. Chaque niveau est constitué de deux

(Photo Delemarre. SNCF-CAU)

micro-calculateurs en stand-by. Le niveau central fait appel à deux microprocesseurs - Intel 8086 - 16 bits, nouvellement mis sur le marché à l'époque de la définition du système.

Ils ont été préférés aux mini-calculateurs habituels et programmés en langage assembleur. Ils fonctionnent sans moniteur. Ces options, ajoutées à la simplicité de la logique de reprise en secours et à la rigueur avec laquelle les essais ont été conduits, ont permis d'obtenir un système de très bonne disponibilité qui n'a pas donné lieu aux traditionnels défauts de jeunesse affectant souvent les installations de ce genre.

• **Système centralisé de surveillance des boîtes chaudes.**

Les essieux ayant un comportement remarquable, ce système n'a pas eu à être très souvent sollicité. Mais son fonctionnement n'a donné lieu à aucune remarque particulière et il faut souligner le caractère novateur d'un traitement centralisé des informations reçues des détecteurs.

En conclusion, le comportement de l'installation durant l'année d'exploitation a prouvé la validité des choix initiaux, en particulier le parti pris de simplicité. Evidemment, la conception du poste central aurait pu être plus spectaculaire en matière de technologie de pointe, mais les innovations non strictement nécessaires ont été évitées eu égard au coût, au délai de réalisation et à la disponibilité. L'objectif est atteint.

V — Télécommunications

Trois innovations étaient testées sur la ligne nouvelle : nous les examinerons successivement.

V.1 — Transmission MIC (Systèmes à modulation par impulsions et codage à grande distance à 120 voies téléphoniques).

La qualité obtenue dans les transmissions qu'elles assurent fait que c'est ainsi sur une distance de plus de 400 km que le système MIC assure les communications vitales pour le TGV.

V.2 — L'électrification en 2 x 25 KV

La LGV PSE comporte des zones électrifiées en 25 KV et des zones électrifiées en 2 x 25 KV.

Les mesures effectuées sur le tronçon sud de la LGV montrent qu'en moyenne, avec des écartements entre autotransformateurs de l'ordre de 15 km, la perturbation sur des circuits extérieurs est réduite, en 2 x 25 KV, au 1/4 de sa valeur constatée en 25 KV.

En réduisant l'intervalle entre les autotransformateurs à 5 km, on peut atteindre une réduction de la perturbation dans un rapport de 1/10.

Ainsi, l'expérimentation en vraie grandeur sur la LGV a permis de confirmer tous les avantages qu'apporte le 2 x 25 KV quant à la réduction des perturbations, avantages particulièrement importants quand la densité des réseaux de télécommunications extérieures est importante. Aussi dans ses électrifications en cours ou futures, la SNCF poursuit-elle la réalisation de cette solution 2 x 25 KV dont les autres avantages quant à l'espacement entre sous-stations sont bien connus.

V.3 — Radio sol-trains : avantage du système décentralisé par la SNCF

Rappelons que le système SNCF diffère essentiellement d'autres systèmes par une utilisation très libérale de la liaison radio qui permet en exploitation commerciale courante :

— des communications entre le Poste Central et les trains, sans verrouillage du réseau ;

— des liaisons locales à tout moment entre des stations radio fixes de gares (ou de postes d'aiguillage), les stations radio mobiles des trains et des appareils radio portables, en utilisant la fonction "relais" des stations radio de base ;

— des liaisons aisées en cas d'incident entre le poste de commandement, les trains incidentés et les équipes d'intervention.

Pour améliorer les propagations, deux stations fixes supplémentaires seront prochainement mises en service dans les deux seules zones où une amélioration des conditions d'écoute est apparue actuellement nécessaire.

VI — Catenaires

Dans l'ensemble, le comportement de la caténaire a donné satisfaction : l'usure du fil de contact est négligeable et ne paraît pas devoir être supérieure à celle enregistrée sur les lignes à vitesse inférieure à 200 km/h.

Toutefois, quelques incidents ont eu lieu par vent violent perpendiculaire à la voie, en zones de remblais.

La poussée du pantographe a été telle que le soulèvement du fil au support, qui, dans les conditions normales, est de 12 cm au maximum à 270 km/h, a dépassé 30 cm ; la palette du pantographe, engageant ainsi le gabarit de la caténaire, a été détériorée, entraînant par voie de conséquence l'avarie de la caténaire.

Des mesures en ligne ont permis de déterminer les soulèvements au support en fonction à la fois des vitesses des TGV et des vitesses du vent transversal. Ces mesures, corroborées par des essais en soufflerie avec une maquette à l'échelle 1 du pantographe et d'une partie de toiture du TGV ont montré la nécessité, dans l'immédiat, de limiter la vitesse des circulations mais à 220 km/h seulement quand des conditions météorologiques exceptionnelles laissent craindre des rafales de vent de forte ampleur. Cette limitation est déclenchée actuellement par tronçon de ligne, dès réception au poste de commandement d'un avis de la Météorologie Nationale. Toutefois, le nombre de limitations de vitesse reste faible et de courte durée, et n'a pas eu de conséquences importantes sur la régularité des circulations. En outre, des modifications mineures sont apportées à la caténaire pour permettre des soulèvements plus importants au droit des supports.

Des études ont cependant permis de limiter désormais mécaniquement sur la ligne de débattement du pantographe et réduire ainsi la dépendance de la grande vitesse aux caprices des rafales de vent violent. Dans un avenir plus éloigné on peut bien entendu penser à réaliser un pantographe moins sensible au vent transversal que celui en service actuellement. Les premiers résultats en sont très encourageants.

Conclusions

Sur le plan technique, le très bon comportement dynamique des rames tant vertical que transversal, associé à une infrastructure de très bonne qualité, tant sur le plan matériel que sur le plan de la géométrie de la voie ou des rails (rappelons que ceux-ci ont été élaborés et soudés de manière à respecter une tolérance de défaut géométrique vertical de 0,3 mm sur 1,60 m), permet d'assurer que l'évolution de la géométrie de la voie restera extrêmement favorable. Le trafic écoulé est encore trop faible pour quantifier de manière précise cette évolution dans l'avenir ; on a cependant pu constater que celle-ci se réalise de manière tout à fait comparable à l'évolution de la géométrie derrière un renouvellement complet de voie et de ballast sur la ligne du réseau classique ; rapide dans une première phase, elle se stabilise ensuite, et l'on a ainsi constaté que la vitesse de dégradation du nivellement avait été divisée par 3 au cours des 10 premiers mois d'exploitation de la ligne, ceci en maintenant une qualité moyenne d'ensemble de l'ordre de 0,5 mm d'écart moyen (écart moyen du défaut de nivellement mesuré sur base de 12,20 m).

En matière d'environnement, ces excellentes qualités de roulement des véhicules et de géométrie des rails (entièrement soudés) font que le niveau de bruit à grande vitesse reste dans des limites très acceptables, conformes aux prévisions, en fonction des sites traversés. Aucune plainte n'a été jusqu'alors émise par les riverains dans la section de ligne où ces grandes vitesses sont pratiquées, et les seuls points délicats à résoudre ont été dus aux modifications d'itinéraires des circulations imposées par le nouveau service en site urbain, en particulier à Lyon, dont le système de desserte ferroviaire a été profondément modifié. La composition spectrale du bruit émis est d'ailleurs très comparable à celle observée sur ligne classique et le niveau de bruit à 25 mètres de l'axe de la voie pour une rame TGV circulant à 270 km/h est pratiquement le même que celui d'un train commercial voyageurs classique ne roulant qu'à 160 km/h.

Souhaitons enfin que cette réussite technique et commerciale participe à redonner au chemin de fer une égale promotion dans d'autres pays et que puissent y collaborer toute l'ingénierie et l'industrie françaises.

Un projet novateur en Seine-Saint-Denis le tramway entre Saint-Denis et Bobigny

par Michel GERARD

Directeur du Développement à la RATP

avec la collaboration de Jean-Marie BUTIKOFER — DDE de la Seine-Saint-Denis

Pourquoi une liaison de rocade, en site propre, entre Saint-Denis et Bobigny ?

On observe actuellement sur les liaisons banlieue-banlieue une insuffisante attractivité des transports en commun alors qu'existe une importante demande potentielle.

La part de marché actuellement assurée par les transports publics sur les liaisons Paris-Paris ou entre Paris et sa banlieue avoisine 60 %, elle n'est que de 13 % sur les déplacements transversaux en banlieue (23 % dans le secteur considéré).

Cela tient à l'insuffisance qualitative et quantitative de l'offre. On est en effet frappé de constater que pour un trajet banlieue-banlieue les vitesses moyennes de déplacement, incluant le temps d'attente et les trajets terminaux, sont dans le rapport de 1 à 3 selon, selon que l'on se déplace en autobus (4,4 km/h) ou en voiture particulière (plus de 12 km/h).

On est plus frappé encore si l'on considère que dans ce secteur de banlieue la durée moyenne des déplacements en transports collectifs est de 50 minutes, que pour 38 % seulement ceux-ci concernent des déplacements intra-communaux et que 65 % d'entre eux sont liés à des motifs obligés. De manière très claire, le transport en commun apparaît ainsi, notamment sur les liaisons de rocade, comme un mode de "captifs" peu rapide et donc concurrencé pour les déplacements à courte distance ou pour des motifs non obligés par des modes de transports individuels. Une telle situation laisse entrevoir la marge importante et le rôle social qui restent ouverts à un transport collectif de rocade de bonne qualité. Pour arriver à des résultats significatifs, on

doit battre la voiture particulière, ou du moins la serrer de près, en vitesse commerciale, ce qui implique la réalisation de sites propres.

Ces considérations valent pour l'ensemble des grandes rocades de banlieue et elles sont traduites au niveau du schéma directeur de l'Ile-de-France de 1976 puis du projet de 1980 sous forme d'un plan cohérent de développement des sites propres en banlieue où la RN 186 qui relie entre eux des points forts de la restructuration urbaine (emplois, équipements, centres commerciaux...) tient une place essentielle.

Toutefois, les situations des différents tronçons de la RN 186 par rapport au trafic potentiel sont très variables. Ceci tient :

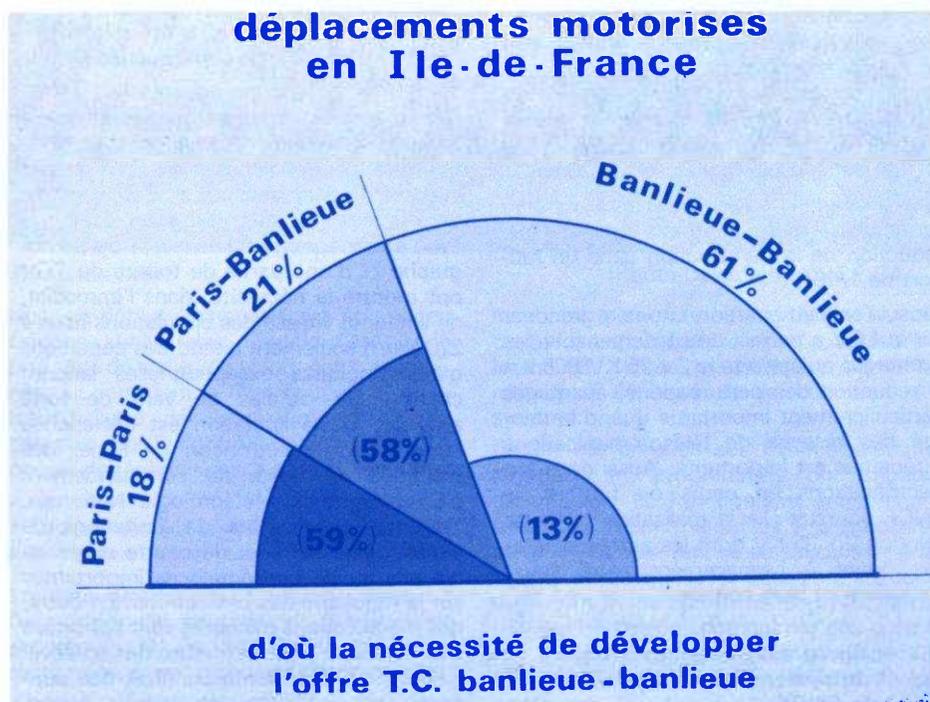
- aux densités traversées
- au plus ou moins bon maillage avec les réseaux lourds.

Le tronçon Saint-Denis-Bobigny est excellemment placé à cet égard et c'est pourquoi lui est accordé une certaine priorité.

Pourquoi un tramway ?

Le métro souterrain, justifié dans les densités parisiennes du siècle dernier, n'est pas envisageable actuellement en banlieue : sa rentabilité ne serait pas assurée. Restent donc envisageables, et en surface :

- l'autobus,



— Présentation de la ligne

Longueur totale entre axes des stations terminus : 9 120 m
Nombre de stations : 22 (soit en moyenne une tous les 400 à 500 m)

— Tracé proposé

Gare SNCF de Saint-Denis
Centre de Saint-Denis (ZAC de la Basilique)
La Courneuve N 186
Zone industrielle de Drancy
Centre de Bobigny et Bobigny-Préfecture (futur terminus de la ligne n° 5 du métro)

— Emprises nécessaires (avec séparateurs physiques)

- Section courante, alignement droit 2 voies : de 6,40 m à 8,30 m (5,60 m en voie mixte piétons-tramway)
- Station :
- quai central 9,20 m
- quais latéraux face à face 10,40 m à 10,70 m

— Caractéristiques du matériel roulant pris comme référence (tramway français standard, type projets à Nantes)

- Éléments de 2 caisses (3 bogies)
- Capacité : 168 passagers en charge normale
- Longueur totale d'un élément : 28,50 m
- Largeur hors tout : 2,30 m
- Alimentation électrique : 750 volts, courant continu

Exploitation

- Intervalle à l'heure de pointe : 4 minutes
- Vitesse commerciale escomptée : 19 km/h
- Nombre de rames nécessaires : 20 rames d'un élément

— Trafics prévisibles

- Trafic heure de pointe : 2 500 voyageurs sur la section et dans le sens le plus chargé
- Trafic journalier : 55 000 voyageurs
- Trafic annuel : 15 millions de voyageurs

en ligne de compte dans l'attractivité des modes vis-à-vis de l'usager : ainsi peut-on présumer que dans le cas de Saint-Denis-Bobigny, l'autobus articulé en site propre, pourtant de même vitesse commerciale et de fréquence proche, n'atteindrait que 80 % du trafic envisagé pour le tramway. Les contraintes de la technologie "fer" supportant un aménagement continu du site propre garantissent un niveau élevé de qualité de service.

Sur le plan socio-économique, les avantages à mettre en regard du coût d'infrastructure (52 millions de francs au kilomètre de ligne, le quart du coût d'un projet équivalent de métro) apparaissent très importants ; le site propre desservira en effet 108 000 habitants et emplois à moins de 500 m de ses stations, et son trafic atteindra 55 000 voyageurs par jour et 15 millions de voyageurs par an. De ce fait, bien qu'il ne représente qu'un critère tout à fait réducteur des avantages escomptés, le taux de rentabilité interne de l'opération s'établit à 16,8 %, plus que la plupart des investissements aujourd'hui réalisés. Le bilan financier prévisionnel pour la RATP, par suite de l'importance du nombre de voyageurs nouveaux attendus est très favorable (le plus faible coût d'exploitation à la place x kilomètres offert par rapport à l'autobus articulé ou au trolleybus articulé).

Sur le plan de l'urbanisme, le tramway a des avantages décisifs. Par son attractivité plus forte que les autres modes et avec une emprise moindre (1 m à 1,50 m moins large que pour un bus ou un trolleybus), il participe à une meilleure utilisation des voiries dans les zones qu'il dessert. Il assure des trafics plus élevés dans des conditions meilleures pour son environnement et pour ses voyageurs que ses concurrents. Il valorise

- le trolleybus,
- le tramway.

Ces trois modes ont été comparés entre eux dans le cadre précis de la liaison Bobigny-Saint-Denis. C'est en définitive la solution tramway bien qu'elle soit la plus coûteuse en investissements qui est proposée aux responsables de l'État, de la région, et du département pour plusieurs raisons toutes liées à l'excellente attractivité du mode, et à l'évolution radicale des conditions de transport public que l'on cherche à provoquer.

Dans le public, l'image du tramway moderne est associée à "confort", "régularité" et "rapidité". Les études analogiques sur des cas existants montrent l'influence de l'image du mode lorsqu'on cherche à attirer sur les transports en commun de nouveaux usagers. Au-delà de données objectives comme la vitesse commerciale (13,5 km/h pour l'autobus en site banal, 18 à 19 km/h pour les modes en site propre), la régularité et la fréquence, des appréciations subjectives entrent en effet fortement

Tramway standard français.

(Photo Alsthom-Allannone)





Expo Train CG RATP.

(Photo J. Veinberg)

ainsi les tissus qu'il traverse et concourt, de ce fait, à la politique générale destinée à freiner et finalement limiter le dépeuplement spontané de la partie centrale de l'agglomération.

De plus, vis-à-vis de l'environnement, le tramway partage avec le trolleybus le silence et la propreté et s'intègre mieux que l'autobus et les trolleybus en site propre dans un tissu urbain dense. Comme le trolleybus il contribue par l'emploi de l'électricité à diversifier les sources d'approvisionnement énergétique nationales.

Enfin il ouvre des perspectives nouvelles pour le développement des transports publics de banlieue et il provoquera l'intérêt des villes et pays étrangers à la recherche d'une formule de métro léger.

Comment ce projet s'intègre-t-il au réseau de transport ?

Un projet de cette nature tire une grande partie de son intérêt de son excellente articulation avec les autres lignes du réseau de transport collectif.

Cette disposition, voulue mais également facilitée par le contexte, est très favorable car les déplacements d'origine et de destination variés représentent une part importante du trafic potentiel.

Trois lignes ou faisceaux de lignes ferroviaires desservent actuellement le secteur de la ligne de tramway :

— le faisceau de lignes passant par la gare de St-Denis, en terminus à la gare du Nord irrigue tout le nord-ouest du secteur,

- la ligne B du RER au centre,
- la ligne de Chelles au sud en terminus à gare de l'Est (au prix d'une rupture de charge).

Le projet sera en correspondance directe avec la SNCF à la gare de Saint-Denis où l'on décompte 27 000 voyageurs par jour.

Ultérieurement, une correspondance serait organisée avec la ligne de grande ceinture SNCF Sartrouville-Val-de-Fontenay ouverte au trafic voyageurs.

Trois lignes de métro desservent également le secteur et seront en correspondance avec le projet :

- la ligne 13 à St-Denis-Basilique-Hôtel de Ville,

la ligne 7 prolongée prochainement à La Courneuve-Quatre Routes,

- la ligne 5 également prolongée à Bobigny-Préfecture.

Le réseau d'autobus est relativement dense dans le secteur, la plupart des lignes assurant actuellement une desserte radiale, ainsi que le rabattement sur le réseau ferré.

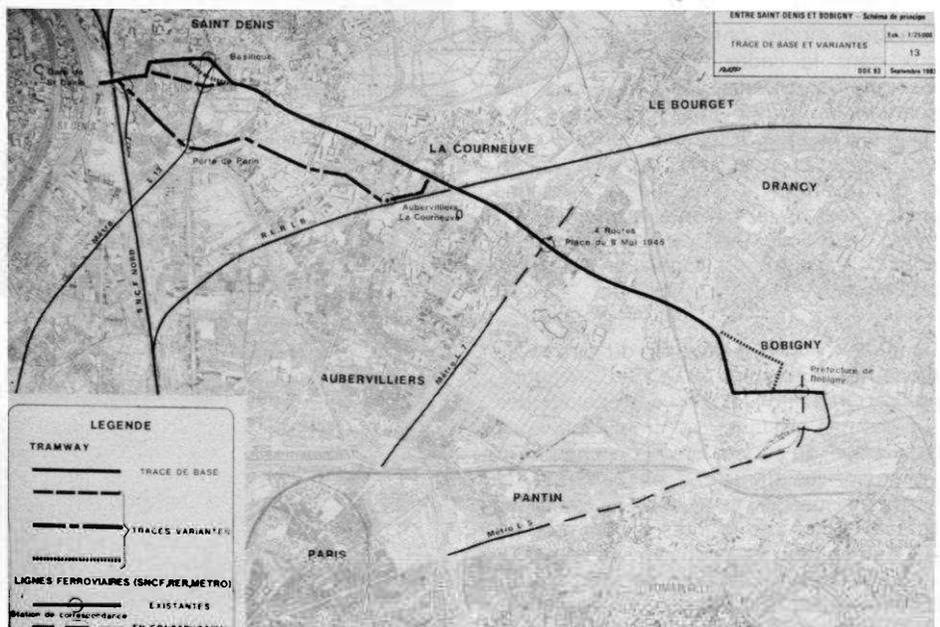
La réalisation de l'opération tramway a été conçue avec le souci d'assurer des correspondances de qualité aussi bien avec les réseaux lourds (SNCF, Métro) qu'avec les 28 lignes d'autobus qui desservent actuellement le secteur. Certaines de ces lignes seront par ailleurs modifiées en vue précisément de faciliter les rabattements sur la nouvelle ligne et d'étendre leur zone d'action en fonction des demandes des municipalités.

A Bobigny-Préfecture sera concentré un complexe d'échange de toute première importance pour le secteur : terminus du métro ligne 5, gare d'autobus, terminus du tramway et parking d'intérêt régional. A la station des Quatre Routes de La Courneuve, métro et tramway seront à l'aplomb l'un de l'autre au centre du carrefour des RN 2 et 186.

En définitive, ce sont les impacts combinés de la mise en site propre de la ligne, de l'image favorable du mode, et de son intégration au réseau de transport public qui lui conféreront l'attractivité envisagée au niveau des études de base.

Comment ce projet se compare-t-il aux autres projets de grandes villes ?

Nombreuses sont les villes en France ou à l'étranger qui développent ou qui adoptent un système tramway : St-Étienne, Lille,





Hanovre.

Marseille, mais aussi Nantes, Grenoble, Strasbourg, en France. Hanovre, Dortmund, Francfort, Rotterdam, Genève, Turin, Bruxelles, Zurich, Essen, Utrecht, Varsovie, Budapest,... en Europe et de

nombreuses villes aux États-Unis comme San Francisco, Boston, Philadelphie, San Diego, Calgary, Edmonton,... Le tramway répond à un besoin nouveau en matière de transports urbains.

C'est la solution qui est envisagée dans les villes grandes et moyennes où les densités traversées en population, en emplois, en services ne permettent pas le choix du métro souterrain mais où il importe en revanche de retenir des projets suffisamment ambitieux et performants pour modifier les comportements individuels.

Il a paru intéressant de regrouper sur un même tableau les principales caractéristiques des projets de tramway actuellement en cours d'étude ou de réalisation en France.

Que peut être l'impact sur l'aménagement de ce secteur

La réalisation de l'opération tramway accentuera l'effet structurant de l'axe urbain qu'est devenu progressivement la RN 186 qui irrigue Saint-Denis, la Courneuve, Drancy et Bobigny et dessert de grands équipements collectifs, des zones en cours de rénovation, des secteurs susceptibles d'évolutions marquées et les principaux centres économiques de la Seine-Saint-Denis.

Résumés des principales caractéristiques des projets français de tramway

(Ce tableau ne prétend pas à l'exhaustivité. En outre certains des éléments indiqués résultent d'estimations qui demanderaient à être confirmées).

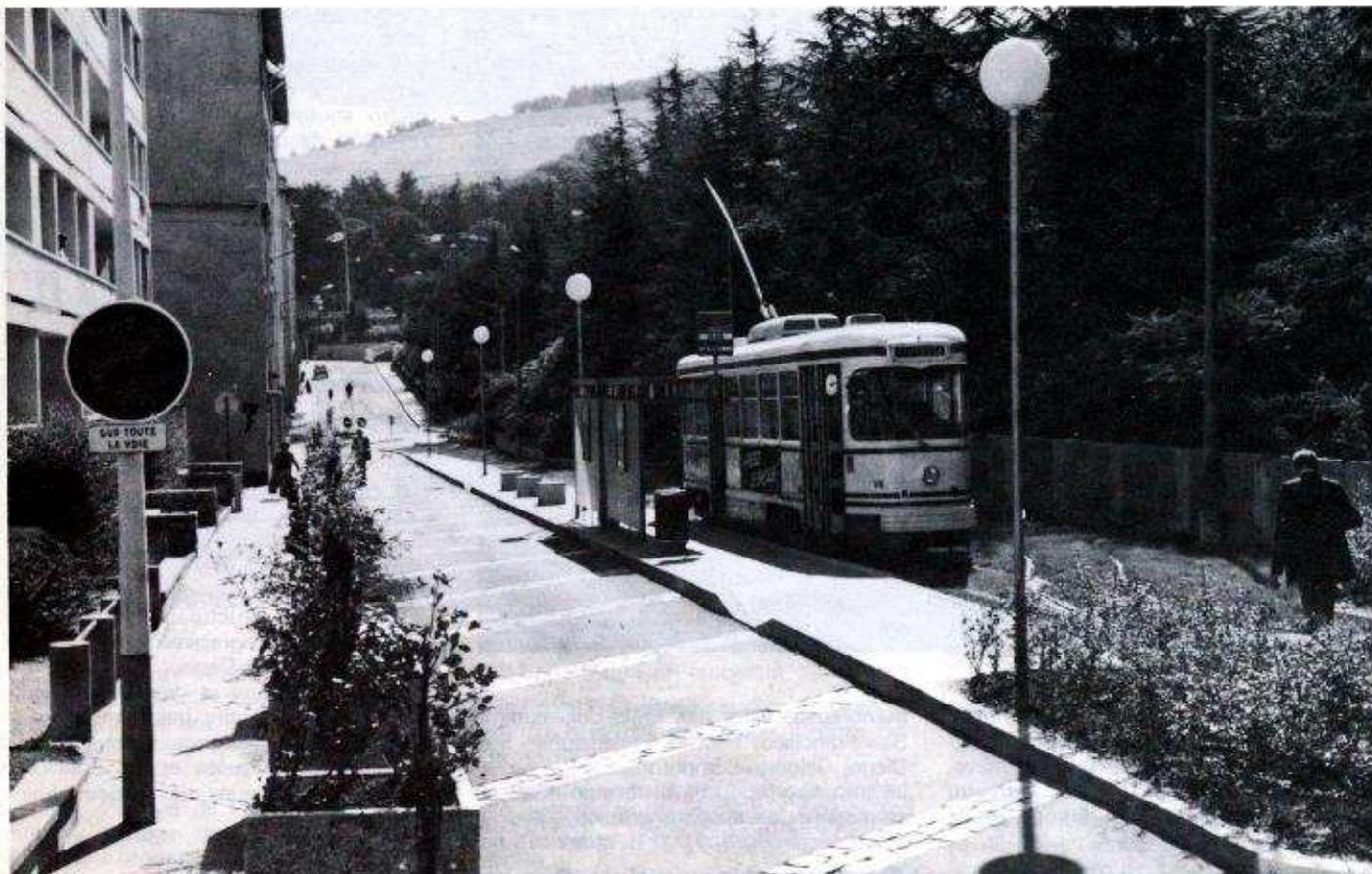
Ville	Saint-Denis Bobigny	Nantes	Grenoble	Strasbourg
Caractéristiques				
Population de l'agglomération	240 000 (1) 850 000 (2)	450 000	365 000	387 000
Longueur (km)	9,1	10,7	13,8 (en fourche)	13,- (en fourche) tunnel en partie centrale
Nombre de stations	22	22	29	28
Desserte (à 500 m en distance réelle des stations)				
— population	73 000	65 000	80 000	161 000 (3)
— emplois	35 000	37 000	40 000	105 000 (3)
Trafic :				
— heure de pointe sens de charge	2 500	2 500	3 000	3 000
— journée	55 000	53 000	106 000	57 000
Intervalle à l'heure de pointe (en minutes)	4	4	3 (tronc commun)	3 (tronc commun)
Parc de matériel roulant	20	20	35	20
Planning de réalisation	Début des travaux 1985 Mise en service 1988	Mise en service 1985	Début des travaux 1984 Mise en service 1987-1990	Début des travaux 1984 Mise en service 1987
Coût d'établissement, matériel roulant inclus (millions de francs HT au 1.1.1983)	605	600	1 100	1 130

(1) Secteur rapproché = à moins de 400 m des stations.

(2) Secteur élargi = à moins de 800 m des stations.

(3) avec bassin versant.

On ne peut qu'être frappé par la similitude de ces différents projets.



St-Etienne.

En effet, le freinage du mouvement spontané de dépopulation et le maintien d'activités dans ce secteur de proche banlieue impliquent une relative croissance de la densité du bâti et partant, un effort de revalorisation de l'ensemble des zones. Et le projet tramway peut constituer un levier très important dans l'évolution urbanistique, démographique et économique du département de la Seine-Saint-Denis. La possibilité est en effet donnée aux collectivités territoriales de modifier en profondeur l'aménagement des zones riveraines de part et d'autre du site, ne serait-ce que par le jeu des expropriations que nécessite le projet.

Cet enjeu a d'ailleurs bien été perçu comme une opportunité historique par les responsables locaux qui ont décidé de lancer des études de restructuration et de réhabilitation au titre du projet "banlieues 89" sur l'aménagement de la RN 186 lié à l'arrivée du tramway.

Peut-on parler, avec le tramway, d'un nouveau mode pour la banlieue ?

En fonction des objectifs souhaités pour ce projet et compte tenu des trafics espérés,

on a recherché un mode de transport qui, sans nécessiter d'investissements aussi lourds, présente des performances : vitesse et régularité à peu près comparables à celles d'un métro et bénéficie d'une image très positive auprès des utilisateurs potentiels.

Sur tous les critères de comparaison avec les autres modes on a pu remarquer que les éléments à moyen et long termes étaient en général plus favorables au tramway. Ceci est vrai si l'on s'en tient à la stricte "fonc-

tion transport" mais s'accroît si l'on considère la nouvelle ligne comme une des pièces essentielles du développement urbain de la proche banlieue.

En évitant d'induire l'image de "métro au rabais", il n'est pas osé de dire qu'avec le tramway moderne, il s'agit finalement, toutes proportions gardées, de créer un véritable "métro pour la banlieue" choix qui s'apparente à ceux que nos prédécesseurs firent au début du siècle, en créant le métro de la capitale.

— Intérêt socio-économique

- Population desservie (à 500 m réels des stations) : 73 000
- Emplois desservis (à 500 m réels des stations) : 35 000
- Gain de temps annuel des voyageurs : 2 millions d'heures
- Taux de rentabilité : 16,8 %
- Bénéfice actualisé au taux de 10 % : 445 MF

— Coût des infrastructures (hors taxes, frais généraux inclus, au 1.1.1983).

• Expropriations.....	68 MF
• Infrastructures.....	261 MF
• Équipements fixes.....	141 MF
Total des infrastructures :	470 MF

— Coût du matériel roulant (hors taxes, frais généraux inclus, au 1.1.1983)

- 135 MF

Pourquoi le métro de Marseille n'est-il pas entièrement souterrain ?

par Michel CROC

Directeur Technique de la Société du Métro de Marseille

Pourquoi le métro de Marseille n'est-il pas entièrement souterrain ? La traduction de ce titre en anglais ou en allemand, poserait des problèmes ! Subway, underground, tube, U-Bahn, évoquent irrésistiblement le souterrain. Et pourtant beaucoup de métros, et celui de Marseille en particulier, ont des sections de longueur non négligeable à l'air libre : à Marseille, environ 25 % de la première ligne et 15 % de la deuxième.

Certes, la partie intra-muros du réseau de Paris comporte une faible proportion de sections aériennes : 8,1 km en viaduc et 1,5 km en tranchée ouverte sur 151 km de lignes. Mais la proportion est plus importante pour la partie extra-muros : 6,4 km en aérien dont 0,8 km en viaduc, sur 40 km de lignes. Qui plus est, ces sections aériennes extra-muros appartiennent entièrement aux 22 km construits après 1970.

Il est donc des circonstances où le métro n'est pas forcément souterrain, et nous allons les illustrer sur le cas de Marseille.

1 — Le réseau de métro de Marseille :

Les premiers éléments du réseau de métro de Marseille consistent en deux lignes dont les tronçons centraux (entre St-Charles et Castellane) ceinturent le centre de la ville dont les tronçons d'extrémité lancent quatre antennes vers des pôles périphériques, essentiellement consacrés à l'habitat. Ces deux lignes actuellement en service (La Rose/Castellane et Joliette/Castellane) ou en construction (Joliette/Bougainville et Castellane/Sainte-Marguerite) seront prolongées ou complétées radialement pour donner l'accessibilité de transports collectifs à des quartiers où le bénéfice en sera considérable.

La première ligne (La Rose/Castellane), longue de 9 km, comporte 12 stations. Sur les 3 km de la partie aérienne, on trouve

deux sections en viaducs, longues de 690 m et 120 m.

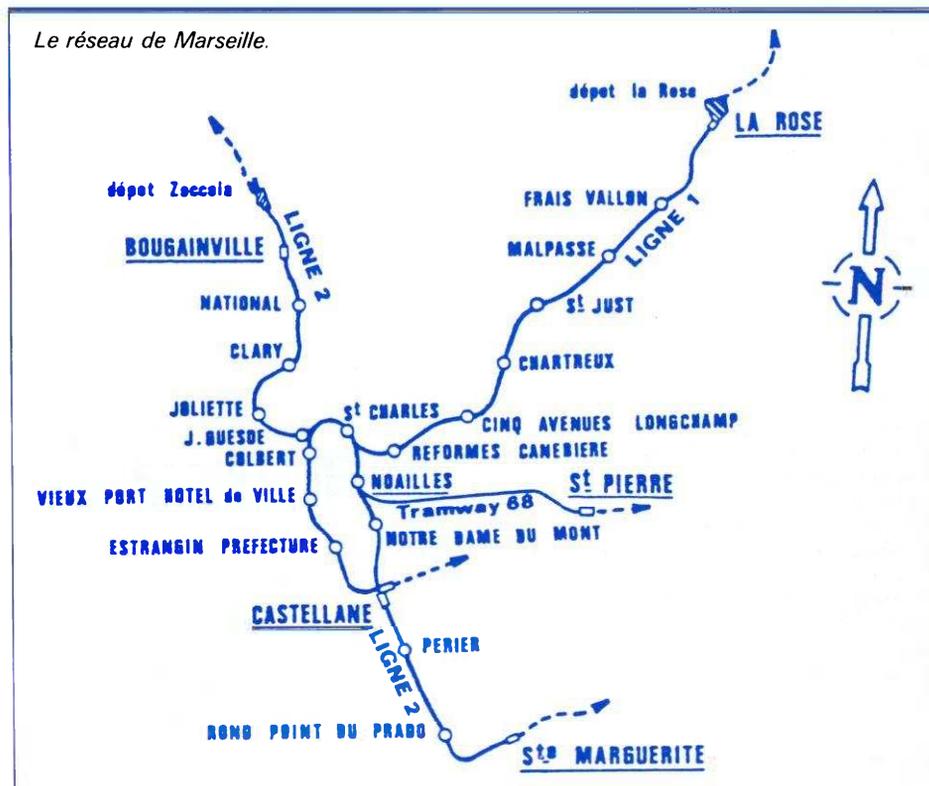
La deuxième ligne (Bougainville/Sainte-Marguerite), longue de 9 km, comporte 12 stations. On y rencontre 670 m de viaducs au nord et 620 m au sud.

Nous allons voir quels sont les éléments de choix entre ces quatre modes de construction. Nous ne conclurons bien sûr pas, puisque seule une analyse multicritères appliquée à un projet permet de le faire.

Coûts unitaires :

On peut annoncer des prix qui correspondent aux conditions moyennes de difficulté, en prenant bien garde de ne pas limiter la comparaison aux prix de génie civil, mais d'y ajouter ceux des acquisitions foncières, des déplacements de réseaux, des traitements de terrain et des équipements. Cela donne (MMF 1984 au km de ligne courante, c'est-à-dire stations, ateliers, PCC, matériel roulant exclus) :

2 — Comparaison des infrastructures au sol, en viaduc, en tranchée couverte, en galerie



	GÉNIE CIVIL	TOTAL
Au sol	30	90
Viaduc	50	110
Tranchée couverte	80	200
Galerie	100	190

Dans ce cas moyen, les prix de la voie au sol et en viaduc d'une part, en tranchée couverte et en galerie d'autre part, sont très proches. Dans chacun des deux groupes, d'autres critères que le coût entrent en jeu, et ils sont souvent à l'avantage du viaduc d'une part, et de la galerie d'autre part.

Géologie :

On peut classer dans l'ordre de sensibilité croissante à la difficulté de la géologie : sol viaduc, tranchée couverte, galerie. L'encombrement du sous-sol par des réseaux rend souvent la tranchée couverte aussi coûteuse que la galerie.

Hydrologie : la présence d'un cours d'eau, traversé ou suivi par un projet de ligne, est un facteur important :

- traverser un cours d'eau au sol impose un pont ; le suivre impose de le canaliser et de le couvrir,

- le traverser en viaduc ne pose aucun problème, le suivre impose des sujétions d'exécution des fondations mais permet de profiter d'une trouée dans l'urbanisation,

- le traverser par une tranchée couverte n'est pas possible, elle constituerait un barrage ; emprunter son lit non plus, sauf à le détourner,

- le traverser en galerie impose des sujétions d'exécution et d'étanchéité qui peuvent aller très loin si la galerie passe dans des alluvions perméables ; le suivre n'est pas raisonnable.

Si la mauvaise qualité des eaux est telle qu'il vaut mieux couvrir le cours d'eau, une solution qui a été adoptée à Marseille sur le tronçon nord de la deuxième ligne consiste à construire un ouvrage qui superpose la canalisation du cours d'eau, une voie routière, et le métro en viaduc.

Densité du bâti : si la ville ne possède pas d'avenue de grande largeur, on est obligé de construire des galeries. Ainsi dans tout le centre de la ville de Marseille, l'étroitesse des rues, sinueuses et sans alignement les unes par rapport aux autres, et le caractère très accidenté du relief, n'ont pas permis de trouver un tracé à fleur de sol comme à Paris ou à Lyon. Il a donc fallu s'enfoncer profondément afin de passer en tréfond des immeubles, et creuser des galeries à une seule voie. Lorsque les conditions étaient un peu moins sévères, on a creusé des galeries à deux voies.

Environnement : les galeries n'ont pas l'impact sur l'environnement. Les tran-

chées couvertes n'en ont plus après l'achèvement des travaux, mais peuvent avoir un impact inacceptable pendant l'exécution. Les voies au sol constituent une coupure physique importante, et génèrent des nuisances sonores (réduites pour les métros sur pneus) et visuelles.

Les viaducs ont un impact au sol faible (pas de coupure) mais un impact visuel important. Les garde-corps antibruit très efficaces, annulent pratiquement l'impact sonore.

Urbanisme : le passage en galerie ou en tranchée couverte est le plus neutre. Il s'impose pratiquement en centre ville.

Les voies au sol ou en viaduc doivent en revanche être étudiées dans la structure

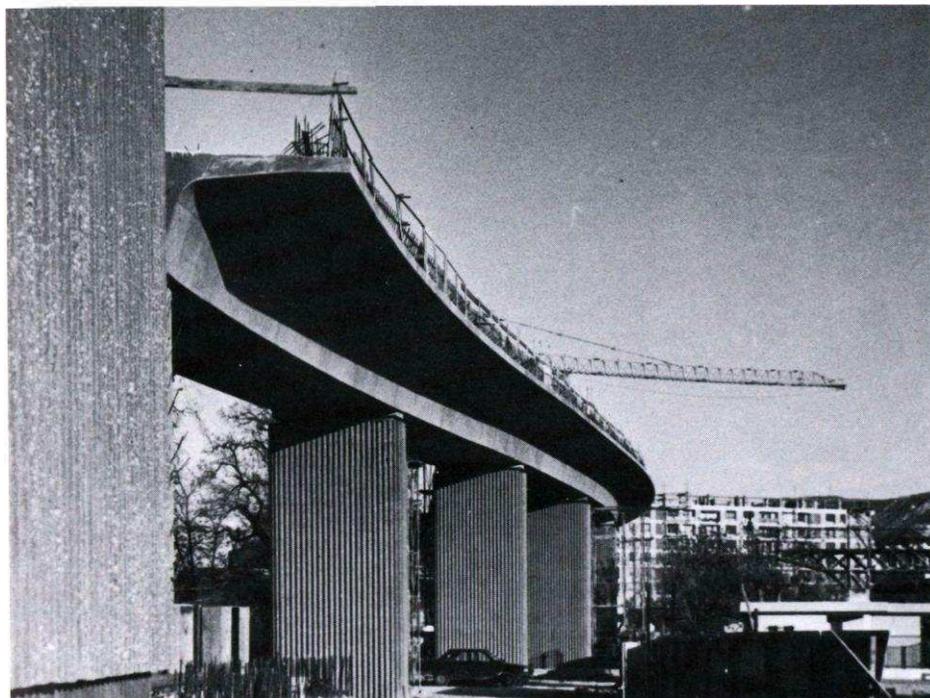
urbaine ; un projet au sol peut s'admettre dans le cadre d'un projet routier concomitant, un projet en viaduc ne pose question que dans des zones d'habitat ou de grande qualité naturelle ou architecturale.

Projet routier concomitant : on peut développer une conception d'ensemble très intéressante et économique si l'on programme simultanément la réalisation d'un projet routier et d'un projet de métro. On en trouve trois exemples caractéristiques à Marseille :

- deux stations (Malpassé et Frais Vallon) et presque deux inter-stations sur le terre-plein central d'une autoroute radiale, au sol,

Les piles du Terminus de la Rose.





Le viaduc de Sainte-Marguerite

— une station (National) est construite en tranchée couverte dans une trouée qui permettra l'ouverture d'une rue nouvelle.

— une inter-station (Bougainville - Dépôt Zoccola) superpose la canalisation d'un ruisseau, une rue nouvelle, et le viaduc du métro.

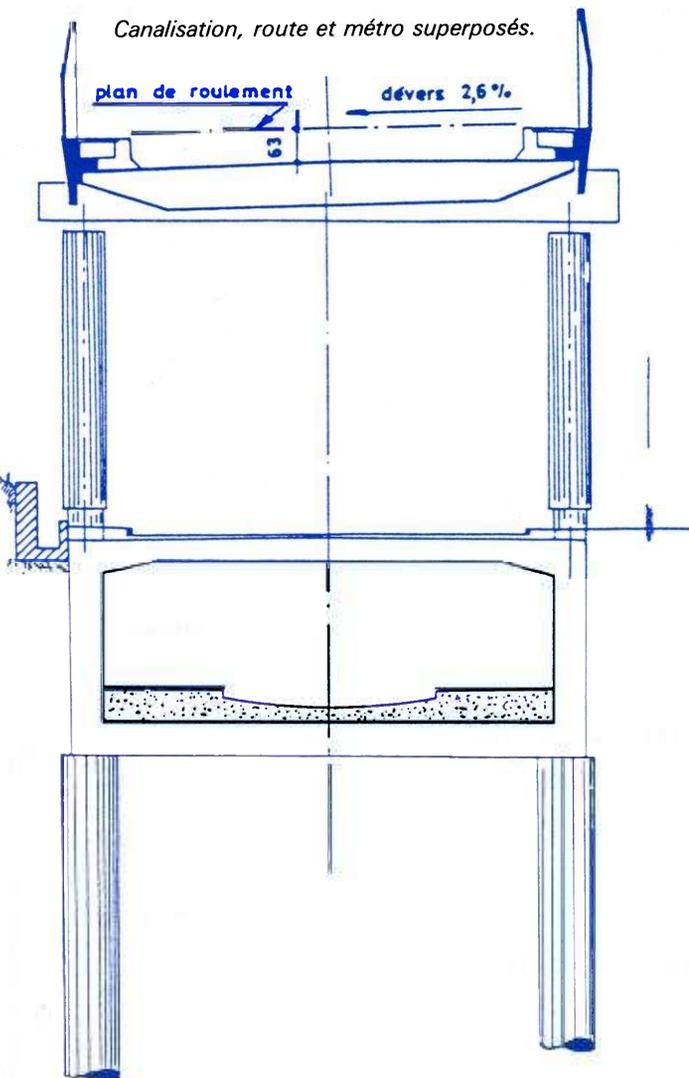
Positionnement des ateliers : tout réseau de métro doit disposer d'ateliers, et toute ligne d'une zone de garage des trains. Ces implantations industrielles de grande étendue au sol doivent être aériennes pour un coût raisonnable. La recherche d'une implantation limitant le plus possible les raccordements techniques parcourus sans voyageurs, conduit souvent à des sections terminales au sol et en viaduc.

3 — Caractère particulier des viaducs de métro :

Règlement de calcul en cas de charge : ils doivent faire l'objet de réflexions et d'adaptations, car les ouvrages métro allient souvent plusieurs fonctions, plusieurs types de structures et plusieurs matériaux.

Voie de métro sur pneu : on n'a pas pu démontrer la faisabilité d'une pose directe

Canalisation, route et métro superposés.



Activités

- Études géologiques, géotechniques et hydrogéologiques,
- Sondages de reconnaissance,
- Étanchements et injections d'étanchéité,
- Pieux moulés dans le sol et micropieux,
- Parois moulées dans le sol,
- Parois préfabriquées « PREFASIF »,
- Parois berlinoises,
- Tirants d'ancrage,
- Congélation des sols,
- Stabilisation et drainage,
- Rabattement de nappes,
- Recherches et exploitation d'eau,
- Recherches minières,
- Consolidation des sols par vibration profonde et colonnes ballastées (pro— cédé KELLER).

BACHY

92, rue Baudin 92300 LEVALLOIS-PERRET
— Tél. : 730.29.29. Télex : 620 669 —

de la voie pneu métro sur viaduc, et l'on utilise le ballast, matériau élastique, déformable et que l'on peut entretenir et régler.

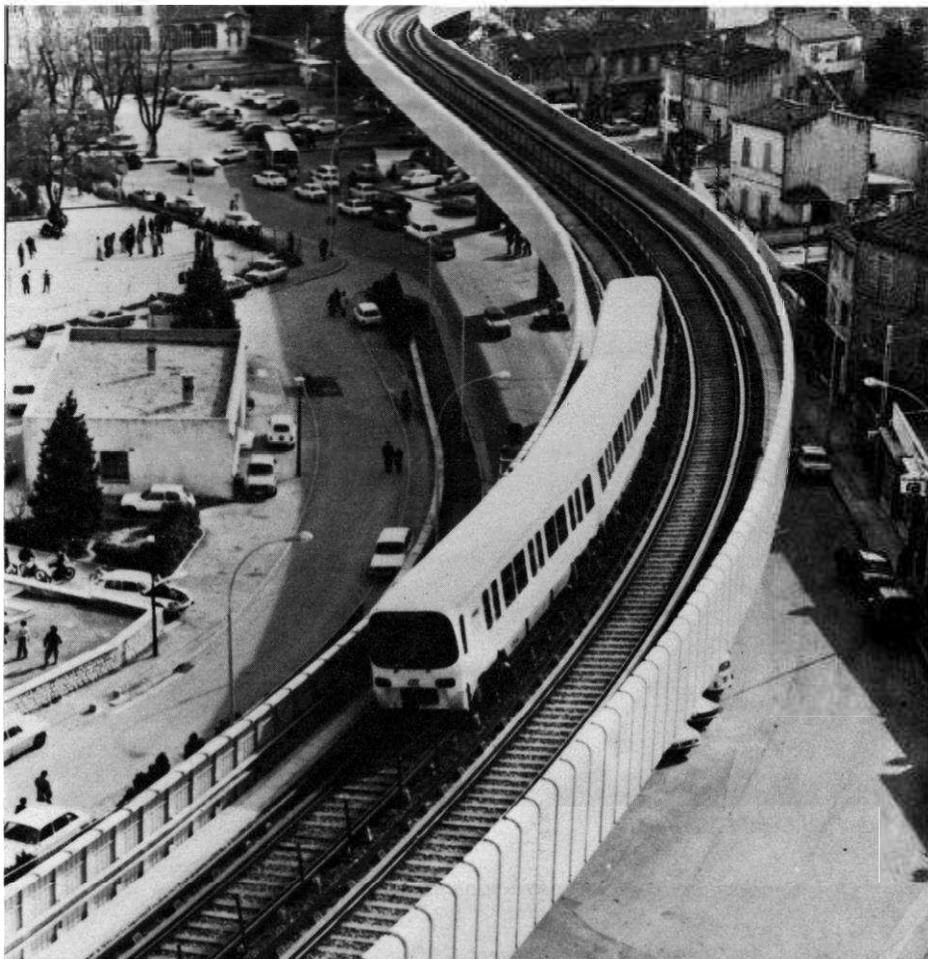
Prestation antibruit et esthétique : les viaducs, les garde-corps antibruit (très efficaces) et les stations aériennes, surtout terminales, font l'objet de soins attentifs de la part des architectes, et le résultat visible est tout à leur honneur.

Ambiance climatique des stations : une station de métro en viaduc constitue un cas assez rare de viaduc où des personnes stationnent, quelques minutes le jour, beaucoup plus longtemps aux heures creuses de la nuit. Il a donc fallu mettre au point (à Marseille en particulier) un système qui protège de la pluie, du vent et du soleil sans être une enceinte climatisée.

4 – Conclusion :

Dans les zones denses des villes, dans les centres anciens, le métro est en général souterrain. Dans les zones plus périphériques en revanche, il peut être admissible de le construire à l'air libre ; c'est toujours plus économique, souvent très peu nuisant, et tout à fait digne de participer à l'architecture de la ville.

En bref, il n'est pas toujours nécessaire de cacher le métro. ■



Le viaduc de la Rose.



Spie Batignolles



Equipement de : Chemins de fer • Métros Trolleybus • Tramways

Toutes installations électro-mécaniques :

- sous-stations d'alimentation
- catenaires et 3^e rail
- pose de voies
- téléphone, courants faibles
- télécontrôle, télésurveillance, télécommande
- ateliers
- ventilation et climatisation

Division
Electricité et Nucléaire

Spie Batignolles

202, Quai de Clichy
92111 CLICHY CEDEX
Tél. : 730.77.77

CANAL PUBLICITÉ

Le transport de voyageurs par la SNCF en banlieue parisienne

par Jean BOUTANQUOI

Adjoint au Chef du Service de la Banlieue Parisienne

SNCF



La gare Saint-Lazare est la 3^e gare du monde. 400 000 voyageurs y transitent chaque jour.

Parmi les missions assurées par la SNCF, le transport des voyageurs en banlieue parisienne représente une activité parfois méconnue ; sa part dans le secteur "voyageurs" de l'entreprise est pourtant de l'ordre de 15 %. Quelques chiffres permettent de situer le niveau d'activité du réseau SNCF de banlieue : avec ses 927 km de lignes et ses 326 gares desservies chaque jour par près de 4 000 trains empruntés par 1,8 million d'usagers, il assure 40 % du trafic (exprimé en voyages x km) des transports en commun de la région parisienne.

Une caractéristique importante de ce réseau est qu'il s'appuie, pour la plupart de

ses lignes, sur les grands axes du réseau national, conçu initialement pour relier Paris et la province : ce n'est que par la suite, avec le développement urbain de la couronne de Paris, que ces axes ont été aménagés pour écouler le trafic de banlieue. La configuration radiale de ce réseau le destine à assurer surtout les relations Paris - Banlieue ; sur ce type de déplacements, sa part de marché est dominante : 45 %, soit plus que la voiture particulière, et même 75 % aux heures de pointe.

Une autre caractéristique réside dans la structure du trafic de ce réseau : les dépla-

cements domicile - travail et domicile - école y sont largement majoritaires, en raison notamment du déséquilibre habitat/emploi de Paris et, en sens inverse, de la banlieue. Cela explique l'importance des pointes de trafic : pour chaque sens de circulation, l'heure la plus chargée représente le tiers de la demande.

La physionomie de ce réseau s'est profondément transformée en une quinzaine d'années grâce à un important programme d'investissements, qui répondait à deux objectifs :

— étendre le réseau pour l'adapter aux besoins nouveaux liés au développement de l'urbanisme ;

— améliorer la capacité et la qualité du réseau existant.

Ces deux points vont être décrits maintenant. Une troisième partie traitera de quelques aspects concernant l'exploitation.

1 — Les extensions du réseau

Les Schémas Directeurs d'Aménagement et d'Urbanisme de 1965 et 1976 ont souligné le rôle structurant du réseau ferré dans l'aménagement de la Région Parisienne. La SNCF a, d'ailleurs été dotée, à partir de 1971, d'un financement spécial (subventionné à 60 %) pour les opérations d'extension du réseau de banlieue, dont la valeur moyenne annuelle a été de l'ordre de 700 MF (valeur 1984).

Ces opérations ont été, au cours des dix dernières années, orientées successivement vers :

• **la desserte des villes nouvelles et des aéroports** : pièces essentielles du Schéma Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme de 1965, les villes nouvelles se devaient de posséder une desserte ferroviaire de qualité. C'est ainsi que deux lignes nouvelles ont été mises en service :

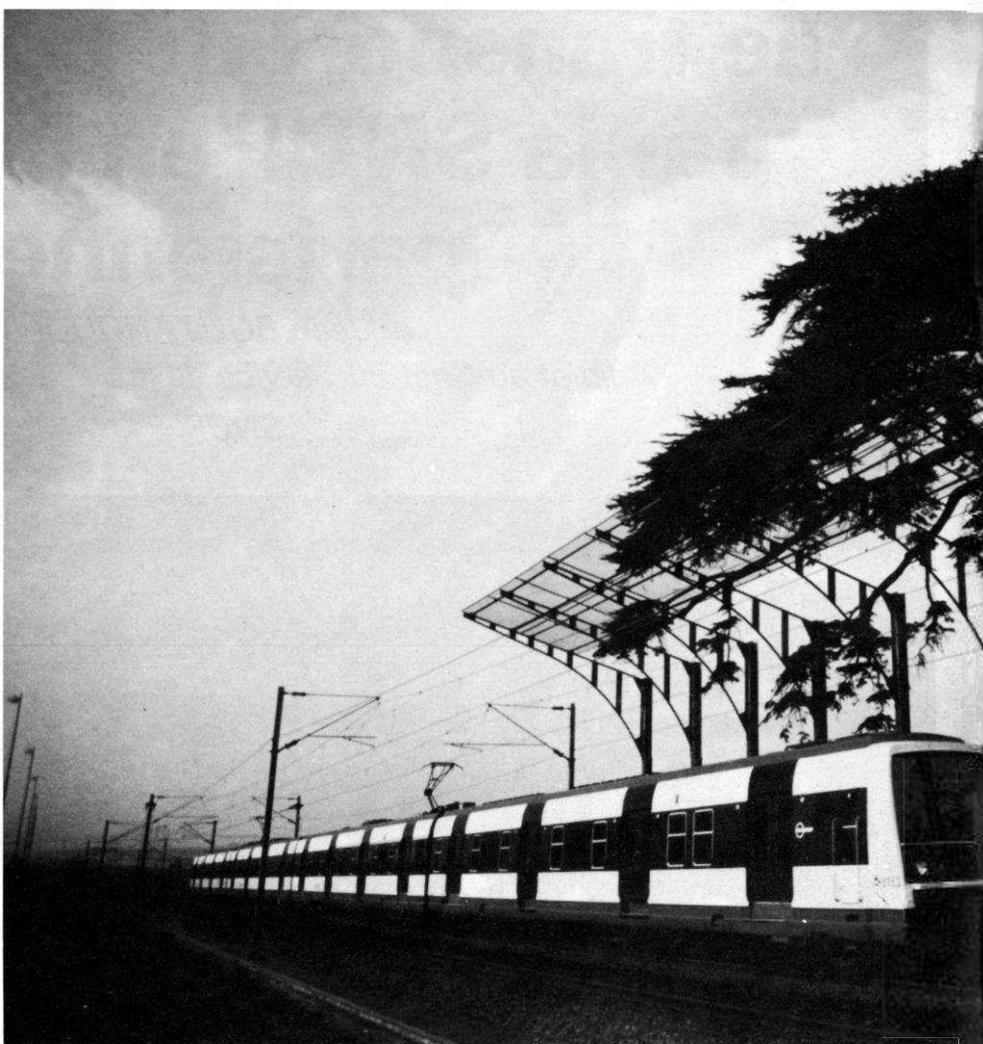
— l'une pour desservir Evry, en 1975 ; elle a nécessité d'importants travaux, notamment un tunnel de 800 m et un viaduc pour le raccordement à Corbeil ;

— l'autre pour desservir Cergy, en 1979, avec franchissement de l'Oise ; elle doit être prolongée, début 1985, vers St-Christophe.

Pour deux autres villes nouvelles, situées à proximité du réseau existant, une gare a été créée : il s'agit de Melun-Sénart et de Saint-Quentin-en-Yvelines (desservie par la suite par les trains de la ligne C du RER).

Enfin, en 1976, une ligne nouvelle a été mise en service pour la desserte de l'aéroport de Roissy. Cette ligne constitue aujourd'hui l'une des branches de la ligne B du RER.

• **l'amélioration de la diffusion dans Paris** : les objectifs volontaristes du Schéma Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme de 1965, auxquels répondait la desserte des villes nouvelles et des aéroports, ont fait place par la suite à des objectifs plus qualitatifs : les gains de temps et de confort ont été plus largement pris en compte et ont mis en évidence



Automotrice MI 79 utilisée pour l'interconnexion SNCF-RATP, sur la ligne B du RER.

l'intérêt qui s'attachait à l'amélioration de la diffusion des voyageurs dans Paris. C'est ainsi qu'ont été réalisées :

— la gare souterraine de Paris-Lyon, en correspondance directe avec la ligne A du RER, et destinée à y être raccordée dans le futur. Elle a été mise en service en 1980 ;

— et surtout, la constitution progressive d'un Réseau Express Régional, dont la caractéristique est d'offrir plusieurs points d'arrêt dans Paris, la plupart en correspondance avec le métro. C'est ainsi que :

• en 1979 a été réalisée la jonction Orsay - Invalides qui a permis de constituer la ligne C du RER, dotée de 9 gares intra-muros ;

• pour créer un axe nord-sud du RER, la SNCF et la RATP ont choisi d'interconnecter deux lignes de leur réseau respectif. Cette opération a nécessité :

• le prolongement de la ligne B de la RATP de Châtelet-les-Halles à Gare du Nord,

• la construction d'une gare souterraine commune à 4 voies à la Gare du Nord, mise en service en deux étapes en 1981 et 1982,

le raccordement de la gare souterraine aux voies de la ligne d'Aulnay, Roissy et Mitry de la SNCF. Ainsi, en juin 1983, ont circulé les premiers trains interconnectés des réseaux SNCF et RATP. Vers la fin de 1985, ce sont 20 trains par heure et par sens, en période de pointe, qui passeront d'un réseau sur l'autre.

Pour les années à venir, dans le cadre d'orientations inscrites au 9^e Plan, la SNCF propose les opérations suivantes :

• **achever la réalisation du RER. Les opérations engagées ou proposées sont :**

— la création d'une antenne nord-ouest à la ligne C du RER, desservant la Vallée de Montmorency. Les travaux, en cours, doivent s'achever en 1987. Cette liaison sera réalisée, pour l'essentiel, au travers d'emprises ferroviaires existantes, avec mise en souterrain ou tranchée couverte pour la traversée de Paris et St-Ouen ;

— l'interconnexion, à Nanterre, de la ligne A du RER-RATP avec les lignes de banlieue desservant Poissy et Cergy. Les travaux doivent débuter en 1984. A terme, 12 trains



(Photo SNCF-CAU)

par heure et par sens seront ainsi interconnectés ;

- la création d'une antenne Grenelle - Défense à la ligne C, empruntant une ligne actuellement exploitée en navettes entre Issy-Plaine et Puteaux ;

- l'amélioration de l'attractivité des lignes du RER déjà en service : couloir de liaison entre la Gare du Nord et la Gare de l'Est, création de correspondances entre les gares de Javel, Champ-de-Mars et Orsay (ligne C), et le métro.

• **rouvrir au service voyageurs une partie de la ligne de Grande Ceinture :**

- la section Saint-Germain/Achères serait reliée à la banlieue Saint-Lazare, une gare étant créée pour desservir la ZAC de Bel Air ;

- enfin et surtout, la réouverture de la Ceinture est envisagée sur tout ou partie de la section nord et est, entre Sartrouville et Val-de-Fontenay. Il s'agit d'un véritable axe lourd de rocade, avec de nombreuses correspondances sur le réseau radial, qui pourrait assurer chaque jour quelque 150 000 trajets.

2 — Les autres investissements

En 20 ans, le trafic de banlieue a crû de plus de 50 %. Aujourd'hui, si le taux d'accroissement de la population s'est fortement ralenti en région parisienne, le desserrement de l'habitat continue d'assurer à ce trafic une progression de l'ordre de 2 % par an. De ce fait, la capacité a dû être renforcée en de nombreux points. C'est ainsi que, depuis 1975, 11 gares nouvelles (extensions du réseau non comprises) ont été créées, ainsi que des voies supplémentaires dans 6 gares ; 5 terminus et 11 points de garage ont été aménagés. D'autres opérations de capacité ont concerné notamment les installations d'entretien du matériel roulant et les sous-stations de traction électrique. Enfin, l'électrification du réseau a été pratiquement achevée. Le domaine de l'automatisme s'est étendu, entre autres à la vente et au contrôle des titres de transport, ainsi qu'à l'organisation de la circulation des trains.

L'accueil et le confort des voyageurs ont fait l'objet d'un important programme concernant les gares : reconstruction ou modernisation (une dizaine par an), téléaffi-

chage, création de passages souterrains, passerelles et abris de quais, rehaussement de quais...

Enfin, le renouvellement du matériel a été particulièrement favorisé : l'âge moyen du parc, qui était de 25 ans en 1975, est aujourd'hui de 15 ans. L'apparition de voitures à deux niveaux (rames tractées en 1976, rames automotrices en 1983) a permis d'accroître, de façon appréciable, à la fois la capacité et le confort (40 % de places supplémentaires par rame, augmentation de la proportion de places assises). Par ailleurs, un matériel spécialement conçu pour l'interconnexion est en service aujourd'hui sur la ligne B du RER.

La réalisation de ces opérations représente un montant annuel moyen de 1,1 MMF (valeur 1984).

3 — L'exploitation du réseau

Mis à part le parc de matériel automoteur ou remorqué, dont l'utilisation intensive justifie qu'il soit affecté aux seuls trains de banlieue, les autres moyens de production ne sont pas spécialisés au trafic de banlieue, qu'il s'agisse des locomotives, des

Automotrice à 2 niveaux. Première née du matériel ferroviaire de banlieue.



installations fixes, du personnel des gares, de conduite ou d'accompagnement des trains,... Cette banalisation des moyens permet des économies non négligeables dues aux effets de production liée. Elle rend délicate, en contrepartie, la constitution d'un compte d'exploitation propre aux transports de banlieue.

L'organisation de la circulation répond à deux principes, celui du cadencement et celui de la desserte de zones :

- le cadencement permet d'offrir un service attractif et mémorisable. La fréquence est, aux heures creuses de la journée de :
 - un train au quart d'heure pour les gares situées à moins de 15 km de Paris ;
 - un train par demi-heure jusqu'à 30 km de Paris ;
 - un train par heure au-delà.

En période de pointe, la fréquence est adaptée aux besoins ; elle est en général doublée, parfois quadruplée.

- la desserte zonale consiste à découper chaque ligne en zones, chaque train desservant toutes les gares d'une de ces zones et ayant un parcours direct entre Paris et l'extrémité de cette zone. Ceci permet de proposer des durées de parcours acceptables dans tous les cas, ainsi que des correspondances rapides pour les trajets entre gares de zones consécutives.

La tarification en vigueur sur le réseau de banlieue est définie par le Syndicat des Transports Parisiens : elle n'est pas la même que sur le reste du réseau. Elle se caractérise par :

- l'existence et la généralisation de titres communs aux différents modes de transport en commun, dont l'exemple le plus connu est la carte orange qui intéresse aujourd'hui plus de 2 millions d'usagers ;
- un niveau général relativement bas.

Les recettes tarifaires ne représentent que 36 % des ressources du compte d'exploitation. Les autres intervenants sont actuellement :

- les employeurs, soumis au Versement Transport qui représente 38 % des ressources ; il est destiné à compenser les réductions tarifaires liées aux déplacements domicile-travail (carte orange, abonnement hebdomadaire) ;
- l'État et les Départements qui assurent, pour une part respective de 70 % et 30 % :
 - la compensation des réductions tarifaires autres que celles couvertes par le Versement Transport,
 - l'équilibre du compte d'exploitation.

Le grand public aussi bien que les Pouvoirs Publics, c'est-à-dire la collectivité au sens le plus large, sont aujourd'hui convaincus de la nécessité, dans les grandes agglomérations, de donner la priorité aux transports collectifs.



Un poste moderne à grand rayon d'action : celui de Versailles. Chantiers.

Par son potentiel irremplaçable d'équipements fixes et de matériel roulant, par sa connaissance du métier de transporteur et par son aptitude à s'adapter à l'évolution de

la demande, la SNCF est en mesure d'assumer pleinement la mission de service public qui lui est confiée dans le domaine des transports urbains en région parisienne.

SOCIÉTÉ MTE

**FILIALE COMMUNE DE
CREUSOT-LOIRE ET DE
JEUMONT SCHNEIDER**

**ACTIVITES : LOCOMOTIVES
DIESEL et ELECTRIQUES
LOCOTRACTEURS - TRANSPORTS
URBAINS et SUBURBAINS**

32, QUAI DE DION BOUTON - 92806 PUTEAUX
TÉLÉPHONE : 776.41.62 - TÉLEX : 610425 MELEC

La stratégie de développement des transports en commun en banlieue

par Michel GÉRARD

Directeur du développement à la RATP

et Michel BARBIER

Chef du service des stratégies de développement à la RATP

L'effort d'investissement mené par la RATP et la SNCF, avec le soutien de l'État et de la région, depuis 1970 a permis de doter la région de l'Île-de-France d'un réseau de transport en commun performant, souvent cité en exemple à l'étranger.

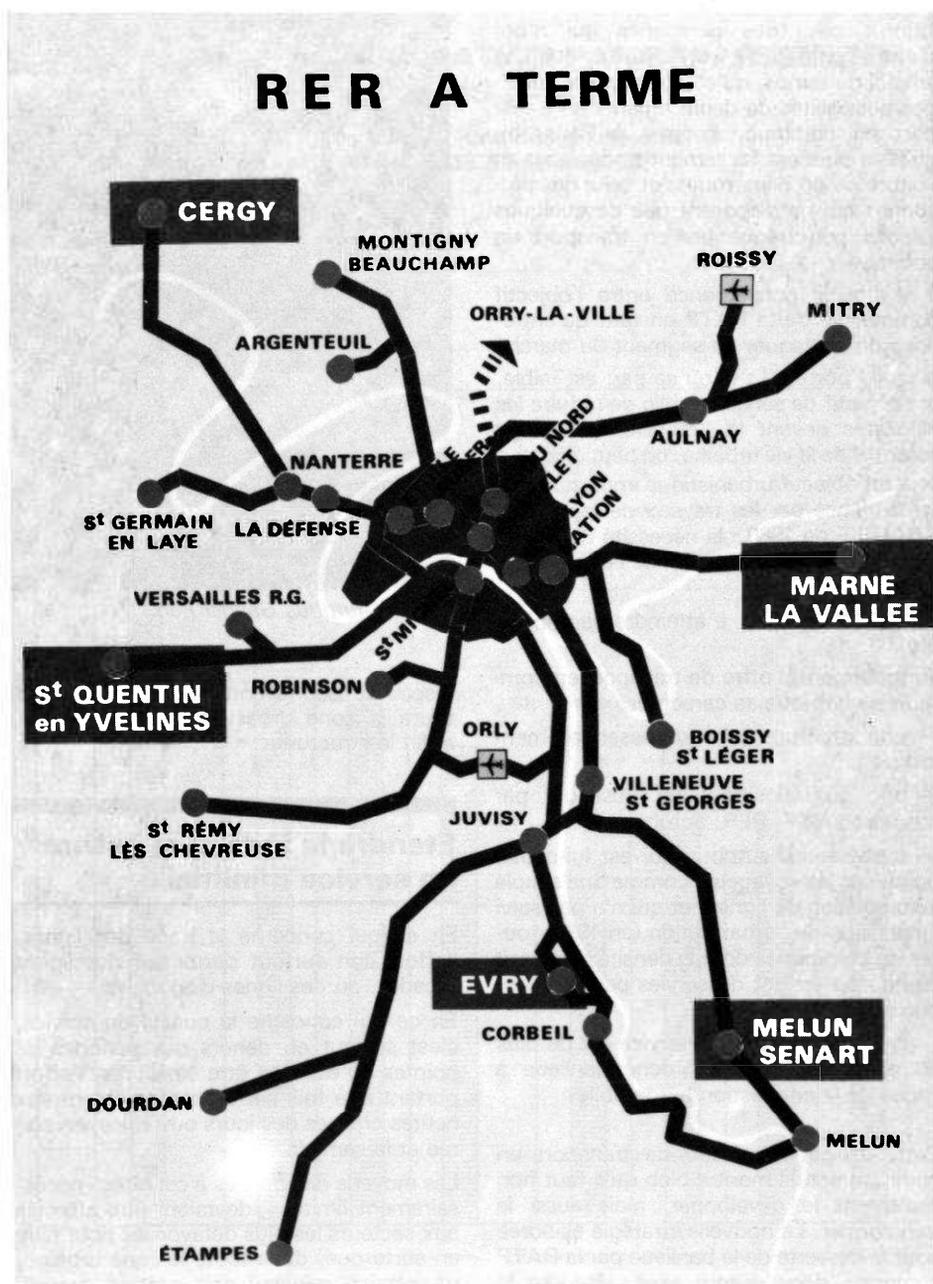
Les trois aspects les plus évidents de ce développement ont été la modernisation complète des réseaux (métro et autobus), la création du RER et le début de son interconnexion avec le réseau de banlieue SNCF, enfin l'extension du métro en proche banlieue dense.

Mais tandis que la RATP adaptait ainsi son réseau aux dimensions nouvelles d'une agglomération de 10 millions d'habitants, les caractéristiques internes de celle-ci évoluaient profondément. Et aujourd'hui, la satisfaction des besoins nouveaux qui sont apparus réside essentiellement dans le développement des liaisons de banlieue à banlieue.

Cette explosion des besoins de déplacements de banlieue à banlieue résulte de la conjugaison de l'évolution de l'urbanisation (la population de Paris et des communes voisines diminue, alors que celle de la seconde couronne de banlieue continue à croître à un rythme élevé - en outre la génération de pôles importants de services et d'emplois en banlieue est aujourd'hui un fait), et de celle des modes de vie (le taux d'activité des femmes croît, alors que celui des hommes se tasse, la mobilité croît, surtout pour les déplacements non obligés - affaires personnelles, achats, loisirs).

Or, face à cette explosion, le développement des transports en commun en banlieue ces dernières années n'a offert qu'une réponse médiocre. La part des transports en commun (13 %) dans les déplacements banlieue-banlieue n'a cessé de se dégrader (sait-on qu'elle est inférieure à celle des deux-roues ?).

Pour apprécier le dommage social causé par une telle situation, il faut savoir ceci :



aux heures les plus actives de la journée - entre 9 h du matin et 5 h de l'après-midi - soixante dix pour cent des personnes, si elles veulent se déplacer, ne peuvent le faire qu'en transport en commun, qu'elles soient trop jeunes, trop âgées ou encore handicapées pour conduire, ou qu'elles soient allées à leur travail en transport en commun, ou encore que la voiture du ménage ait été prise par quelqu'un d'autre - en général la voiture est "monopolisée" par le chef de ménage, homme actif.

La faible part des transports en commun dans les déplacements banlieue-banlieue signifie donc pratiquement que de nombreuses personnes doivent renoncer à certains déplacements ou qu'elles voient leur univers restreint aux destinations qu'elles peuvent atteindre à pied au voisinage de leur domicile ou de leur lieu de travail. En d'autres termes, il y a une inégalité très importante entre deux segments de population : celui des personnes qui n'ont d'autre contrainte à leurs activités que leur emploi du temps, qu'elles disposent de larges possibilités de déplacements en transport en commun, comme à Paris, ou qu'elles puissent facilement se déplacer en voiture ou en deux roues, et celui des personnes qui ne disposent que de quelques liaisons peu fréquentes en transport en commun.

Il y a ainsi convergence entre l'objectif commercial de la RATP en tant qu'entreprise de s'attaquer au segment du marché le plus "porteur" : là où sa part est faible, et l'objectif de service public de réduire les inégalités devant la "mobilité" avantage essentiel de la vie urbaine, on peut ajouter à cela un objectif urbanistique important mis en évidence par les travaux de reprise du SDAURIF de 1980 : la nécessité de freiner le plus possible l'étalement de l'agglomération.

Comment chercher à atteindre ces objectifs ?

Actuellement, l'offre de transport en commun en banlieue se caractérise par :

- une structure qui reste essentiellement radiale ;
- une juxtaposition de réseaux par modes : SNCF, RER, autobus ;
- un réseau d'autobus qui est lui-même perçu par les voyageurs comme une simple juxtaposition de lignes, et qui n'a pas suivi l'extension de l'urbanisation (en 1954, toutes les communes dont la densité dépassait 50 hab/ha étaient desservies par les autobus de la RATP) ;
- des autobus dont le service est de plus en plus irrégulier en proche banlieue à cause de la congestion automobile.

Cette image du réseau de transport en commun actuel montre bien qu'il faut non seulement le développer, mais aussi le transformer. La nouvelle stratégie élaborée pour la desserte de la banlieue par la RATP comporte donc quatre axes : étendre le



Gare d'Autobus Gabriel Péri.

réseau et assurer un service minimal dans toute la zone urbaine, unifier le réseau, enfin le structurer.

Étendre le réseau et assurer un service minimal

En ce qui concerne le tracé des lignes, l'effort doit surtout porter sur des lignes rocades, ou des lignes diagonales.

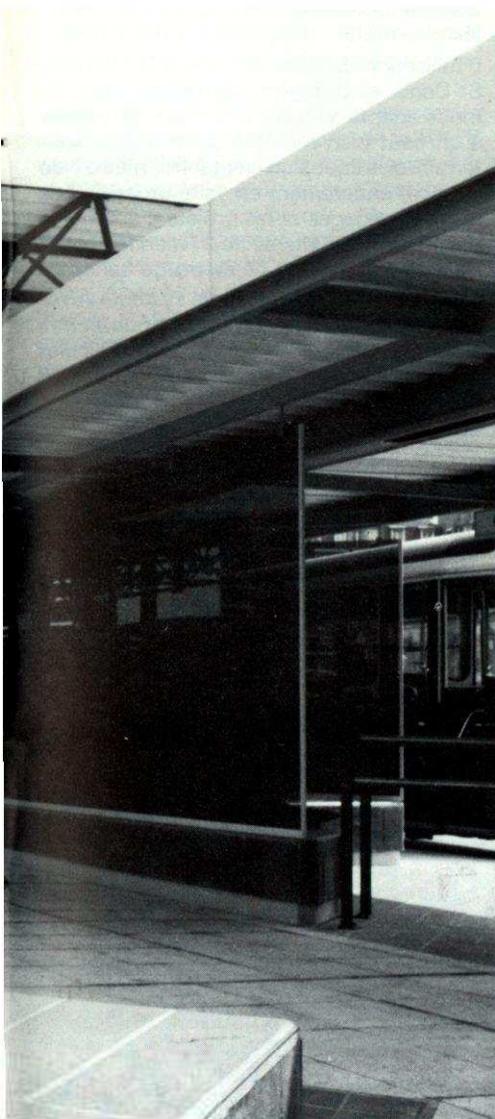
En ce qui concerne la qualité du service, c'est surtout en dehors des périodes de pointes qu'elle doit être améliorée, l'effort portant à la fois sur un renforcement aux heures creuses des jours ouvrables, en soirée et le samedi.

Les moyens disponibles à cet effet - nécessairement limités - devraient être affectés aux secteurs les plus défavorisés pour faire en sorte que, dans toute la zone urbaine, un service minimal soit partout assuré.

Ainsi, par exemple, tout habitant de la zone urbanisée devrait être assuré de trouver, soit une ligne d'autobus à moins de 500 m de chez lui, soit une gare ou une station de métro à moins de 1 000 m. En période de pointe, la fréquence des autobus devrait être partout suffisante pour qu'il n'y ait jamais plus de 4 voyageurs debout par m² dans les véhicules.

Unifier le réseau

Ce qui compte pour le voyageur, c'est de pouvoir aller rapidement, confortablement et facilement de l'endroit où il se trouve jusqu'à la destination où il désire se rendre. Il est donc très important d'enchaîner le mieux possible les divers modes de transport, d'atténuer ou supprimer tout ce qui peut être ressenti comme un obstacle pour passer d'un élément à l'autre - au total, il



Dans ce domaine également, les moyens financiers sont limités, et il faut agir avec persévérance et continuité. Mais il s'agit certainement là d'un des domaines où les investissements sont les plus justifiés, car ils accroissent fortement l'attractivité, et donc la rentabilité du patrimoine existant.

Hierarchiser le réseau, ce qui entraînera une diversification des modes

Les besoins de déplacements à satisfaire en

banlieue sont très divers : si on classe les déplacements en transport en commun en banlieue selon leur longueur, le premier tiers a une longueur moyenne d'environ 2 km, le deuxième 5 km, le troisième 13 km. Géographiquement, la demande est très dispersée. Mais elle est aussi "polarisée" par tous les phénomènes de concentration urbaine, spontanés ou organisés.

Dès lors que l'on cherche à couvrir l'ensemble des besoins, il apparaît alors normal de différencier les services offerts : on aboutit à la conception d'un réseau hiérarchisé à trois niveaux complémentaires.

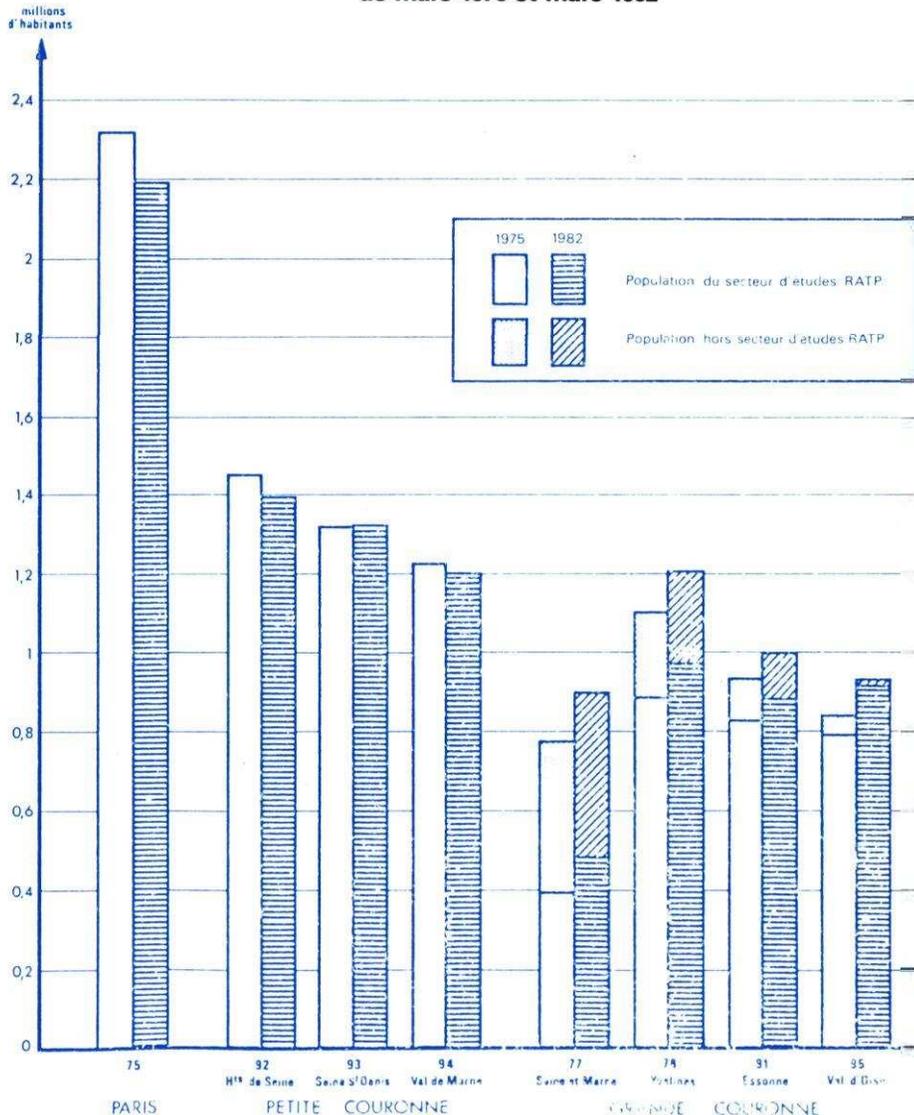
Le niveau régional serait constitué en complétant les grandes radiales ferroviaires (SNCF, RER, prolongement du métro en banlieue), par des lignes de rocade ou dia-

s'agit d'intégrer toutes les lignes, tous les modes, y compris les rabattements en voiture particulière, de façon à former, pour le voyageur, un réseau unique. On facilite ainsi considérablement ses déplacements, et en multipliant les possibilités d'usage du réseau, on en dégage toute la synergie possible.

Il faut pour cela réaliser une multiplicité d'actions, de petits projets tendant à améliorer la structure des réseaux, en organisant la continuité des lignes, à aménager les points d'échange (y compris les parcs de liaisons), en organisant des correspondances aussi directes que possible, en rendant l'attente confortable (sièges, ambiance, petits commerces), en diffusant une information claire, à faciliter l'usage de l'ensemble des modes, en généralisant le système tarifaire de la carte orange des modes utilisés, enfin à intégrer le mieux possible les réseaux dans l'environnement, par la rénovation des stations, la création d'accès nouveaux, la mécanisation. Ces dernières actions dépendent de la qualité de la concertation entre la RATP, les municipalités concernées, la région.

VARIATION DE LA POPULATION PAR DÉPARTEMENT DANS LA RIF

d'après les résultats des recensements de mars 1975 et mars 1982





Aramis.

gonales (autobus ou autres modes) passant par les principaux pôles de banlieue.

Le niveau intermédiaire (grands secteurs de l'agglomération), est constitué par les lignes d'autobus classiques à vocation multiple de cabotage, accès aux centres de banlieue, et rabattement sur le réseau régional.

Le troisième niveau est celui des dessertes locales, ou de voisinages, organisées à l'échelon d'une commune ou de quelques communes.

Dans la construction du réseau régional, une rocade joue un rôle stratégique particulièrement important : c'est celle qui est approximativement tracée par la N 186.

En effet, elle dessert les principaux "pôles restructurateurs" de banlieue, et c'est pratiquement, en banlieue, la seule route de rocade continue autour de Paris, suffisamment large pour être aménagée en transport en commun, d'autant qu'elle sera en grande partie déchargée par la réalisation de l'autoroute voisine A 86. C'est sur un tronçon de cette route, à Colombes et Villeneuve-la-Garenne, qu'a été aménagé le premier tronçon de "Site propre" de rocade ; l'aménagement de deux autres tronçons : de Bobigny à St-Denis au nord, de St-Maur à Pont-de-Rungis au sud sera ensuite réalisé en priorité au cours du 9^e plan.

Une meilleure adaptation de l'offre à la demande passe aussi par une diversification des modes de transport ; afin d'utiliser sur chaque type de liaison le mode le mieux adapté, et le plus économique.

Premier élément de cette diversification, l'autobus articulé, permet, sur les lignes de fort trafic, à la fois d'offrir un meilleur confort au voyageur, et de diminuer le nombre de conducteurs nécessaires, donc les coûts d'exploitation. Chaque année, la RATP va

commander une centaine d'autobus articulés, permettant d'équiper plusieurs lignes.

L'utilisation du tramway, sur la N 186 entre St-Denis et Bobigny, permettra, avec un mode adapté au trafic prévisible, de réaliser à un coût bien moindre qu'un métro souterrain classique, un véritable "métro" de surface, entièrement en "site propre". Les moyens dégagés et les projets d'aménagements urbains du secteur manifestent à l'avance l'impact de ce métro de banlieue.

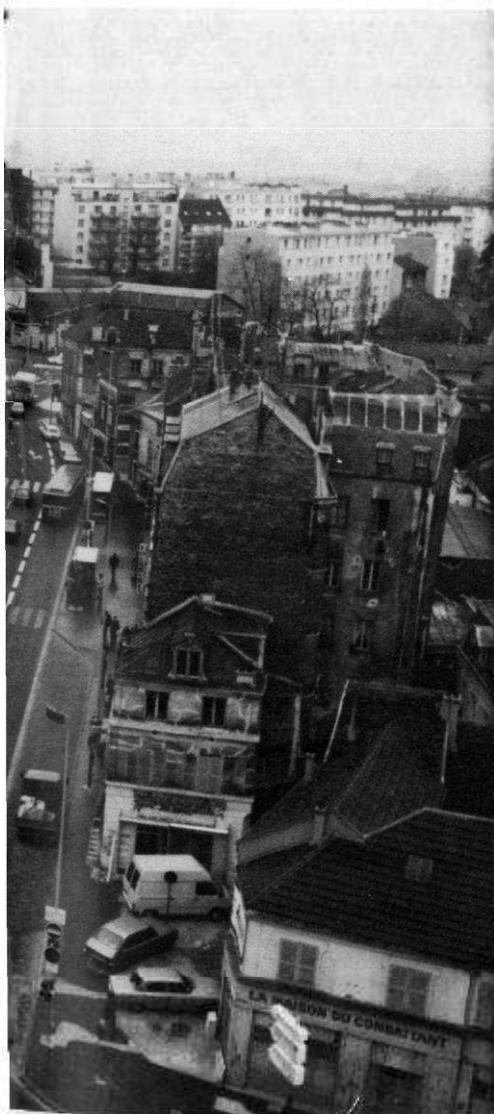
Vers la fin de la décennie, le système ARAMIS, véritablement novateur, pourrait être mis en service. Il s'agit de petits véhicules de dix places toutes assises, attachés deux par deux (en doublets) qui circulent en rames de composition variable. L'attelage entre doublets est immatériel, ce qui permet de séparer une rame en deux à une fourche ou de regrouper deux rames provenant de deux branches distinctes sur un tronçon commun. On peut ainsi exploiter un réseau en assurant toutes les liaisons sans correspondances, et avec de très fortes fréquences. L'utilisation de ce mode est envisagée sur un réseau d'une vingtaine de kilomètres, comportant une épine dorsale sur

Transports en site propre N 186.



la Petite ceinture sud de Paris et des antennes complétant la desserte des arrondissements limitrophes de Paris et des communes voisines de banlieue.

Ce panorama rapide et, donc incomplet donne une idée des ambitions de la RATP pour la banlieue, et de la complexité des problèmes qu'elle a à traiter. C'est pourquoi elle s'efforce d'avoir une vue prospective, et poursuit plus que jamais, dans cette période de rigueur, sa démarche planificatrice. Mais elle ne pourra remplir ces objectifs que si son effort est soutenu non seulement par ses tutelles, la région et l'État, mais aussi par les municipalités, et l'opinion publique. Il est en particulier nécessaire que chacun prenne conscience du coût et du gaspillage dus à la congestion automobile, alors qu'il suffirait de mieux contrôler la circulation et le stationnement - sans mesures trop contraignantes - pour permettre non seulement aux autobus, mais aussi aux automobilistes eux-mêmes de circuler correctement, et à la collectivité de réaliser des économies de moyens indispensables à l'effort de développement des transports en commun qui vient d'être décrit. ■



TRAVAUX PUBLICS ROUTES. BATIMENT

**En France et dans le monde
construire c'est notre métier.**

**Société Générale d'Entreprises-Sainrapt et Brice
un groupe de dimension européenne.**

soltrav
TRAVAUX SPECIAUX DE FONDATIONS

**SIÈGE SOCIAL : 2, avenue de la Cabrière 84000 AVIGNON
Tél. : (90) 31.23.96**

BUREAUX A :

**METZ, 1, rue des Couteliers 57070 METZ BORNLY.
Tél. (8) 736.16.77 — Téléc : 860. 695**

**PARIS, 5 bis, rue du Louvre 75001.
Tél. 260.21.43-44 — Téléc : 670.230**

**CHALON-S/SAONE, Z.I. Nord, rue Ferrée 71530.
Tél. (85) 46.14.26 — Téléc : 800 368**

**NANTES, 8, avenue de la Brise 44700 ORVAULT.
Tél. (40) 59.32.44 — Téléc : 710 567**

**LYON, 111, rue Massena 69006 LYON-LA-PART-DIEU.
Tél. (7) 824.28.33 — Téléc : 330 545**

ACTIVITÉS :

TRAVAUX SPECIAUX DE FONDATIONS - PUIITS
POMPAGES

DRAINAGES SUB-HORIZONTAUX
RABATTEMENTS DE NAPPES - TRAVAUX SOUTERRAINS
PIEUX - PALPLANCHES

ANCRAGES
CONSOLIDATION DES SOLS PAR COMPACTAGE

Transports urbains et politique commerciale

par Jacques BANASZUK
Chef du service du développement commercial
Adjoint au directeur du développement
RATP

Comme dans tous les pays développés, les transports en commun de la région d'Ile-de-France sont dans une situation de concurrence intense vis-à-vis de l'utilisation de la voiture particulière.

Cette situation s'est accentuée au cours des dernières années sous l'influence de deux phénomènes. D'une part, l'évolution de la localisation géographique de l'habitat et de l'emploi du centre de l'agglomération vers la banlieue de plus en plus éloignée entraîne une motorisation accrue des ménages et une multiplication des déplacements de banlieue à banlieue pour lesquels la structure des réseaux de transports collectifs est moins bien adaptée. D'autre part, l'évolution des modes de vie a pour conséquence un développement des déplacements non-obligés qui deviennent majoritaires dans le total des déplacements journaliers ; or ils se caractérisent par une plus grande dispersion, dans le temps et dans l'espace, que les mouvements pendulaires des migrations domicile-travail.

Il en résulte que la part des transports en commun dans le total des déplacements journalier est de l'ordre de un tiers. Il en résulte également une situation très instable où seuls 20 % des habitants de la région sont des utilisateurs exclusifs soit des transports en commun soit de la voiture particulière et où 80 % des personnes arbitrent leur choix entre les modes de transport pour chaque déplacement.

Face à cette situation, la volonté de développement de l'usage des transports collectifs a conduit la RATP, principal transporteur de la région d'Ile-de-France, à mener une vigoureuse politique commerciale en agissant sur trois leviers, la politique du produit, la politique tarifaire et la politique de communication.

S'agissant de la politique du produit, il y a lieu de rendre les transports collectifs non seulement accessibles mais aussi acceptables. Au besoin d'accessibilité répond le développement du réseau mais également la structuration des différents modes en un tout cohérent par leur intégration tant physique que symbolique.

L'acceptabilité passe par une attention toute particulière portée à la définition des

composants du système de transport. Cette attention suppose une connaissance approfondie des réactions du public et leur prise en compte dans l'élaboration des actions de changement. C'est ainsi, par une confrontation continue des spécifications techniques et des spécifications commerciales, qu'ont été réalisées les rénovations des stations du métro, les gares routières du réseau d'autobus, ou les matériels roulants tant ferrés (MF 77) (1) ou métro blanc et MI 79 (2) que routiers (aménagement et restyling de l'autobus SC10.

Dans cette voie, d'autres produits tarifaires seront présentés en s'appuyant sur de nouvelles formes de paiement (prélèvement automatique pour la "carte intégrale" (1) ou en s'attachant à satisfaire la diversité des besoins de transport (carte "Paris Sésame" pour les non-résidents (1) ou abonnements journaliers (2) pour les utilisateurs occasionnels). Dans les années qui viennent, le développement général du paiement électronique sera de nature à changer profondément cette clé d'accès que constitue le titre de transport.



Pour modifier les comportements de transport, la politique tarifaire constitue un deuxième et puissant levier. Pour l'action commerciale, il s'agit de s'intéresser plus encore à la structure tarifaire qu'au niveau des prix. C'est ainsi que la carte orange, décidée par les pouvoirs publics et réalisée par la RATP et la SNCF, a provoqué un véritable bouleversement dans les habitudes de transport des habitants de l'Ile-de-France. En particulier, en facilitant l'accès au réseau, en intégrant les différents modes, l'introduction de ce titre de transport a entraîné, en quelques mois, un accroissement du trafic d'environ 40 % sur les lignes d'autobus de Paris

Le troisième levier de la politique commerciale est constitué par les actions commerciales qui en sont souvent la forme la plus spectaculaire.

Face à la fragilité des décisions de transport évoquée plus haut, il importe d'agir sur la perception qu'a le public du transport qui lui est proposé. Introduire le transport dans un univers de choix personnel, convaincre et séduire, sont les objectifs de l'action publicitaire développée par la RATP, le thème de la "deuxième voiture". Ces cam-

(1) matériel utilisé sur le réseau de métro

(2) matériel utilisé sur le RER



Campagne 2^e voiture.



Animation du métro.

paganes, menées depuis plusieurs années, ont pour objet d'équilibrer, dans le langage de notre temps, la pression exercée par la culture automobile, même si les masses financières ne sont pas du même ordre puisque, en 1983, l'action publicitaire en faveur de l'automobile en Ile-de-France a représenté environ 240 millions de francs

contre 10 millions de francs pour les transports en commun.

Un autre aspect de cette politique de communication est l'animation des stations de métro. L'ambition des actions menées depuis 1977 est de remplir le temps vide que constitue le transport et de constituer

le métro en véritable lieu public. Après l'animation commerciale constituée par les commerces (environ 400) qui se développent dans le métro et le RER, l'animation non-commerciale a fait appel à de multiples aspects de la vie urbaine (musique - cirque - théâtre - sports...). Cette animation répond bien à la demande de transport-spectacle qui se développe à côté de la demande traditionnelle de transport efficace. Sa généralisation passera par l'utilisation des médias électroniques.

Au total, la politique commerciale menée depuis dix ans coïncide avec une croissance régulière de trafic après une période de décroissance. Elle représente une attitude d'ouverture et de volonté pour un transporteur face aux défis que représentent l'évolution des modes de vie urbains.

(1) produits tarifaires existants

(2) produit tarifaire en cours de préparation avec la SNCF.

L'industrie ferroviaire française et l'exportation

par Jean-Marie METZLER
 Directeur Général Adjoint de la Société MTE
 (Le Matériel de Traction Electrique)

I – L'industrie ferroviaire en France ou en quelques données en guise d'introduction

I.1 – L'activité du secteur

Profitant lâchement de l'attention initiale de tout lecteur je voudrais me dépêcher dès les premières lignes de cerner l'activité ferroviaire en France par quelques chiffres.

Un chiffre d'affaires de 10 milliards de Francs en 1982, dont 37,5 % à l'exportation, et un secteur qui occupe près de 29 000 personnes.

Qu'y fait-on ? Le tableau ci-dessous tente d'y répondre :

Le complément à 10 Milliards correspond à l'activité de réparation ferroviaire (0,5 Milliards).

pays à juste titre réputé à travers le monde en matière ferroviaire où ses experts font autorité.

II – Les principales caractéristiques du marché et des acteurs

II.2 – Au plan international, le marché est du type oligopole bilatéral, car l'évolution des dernières années, accélérée par le progrès technique - gourmand en investissements de tous ordres - a conduit à un petit nombre de vendeurs.

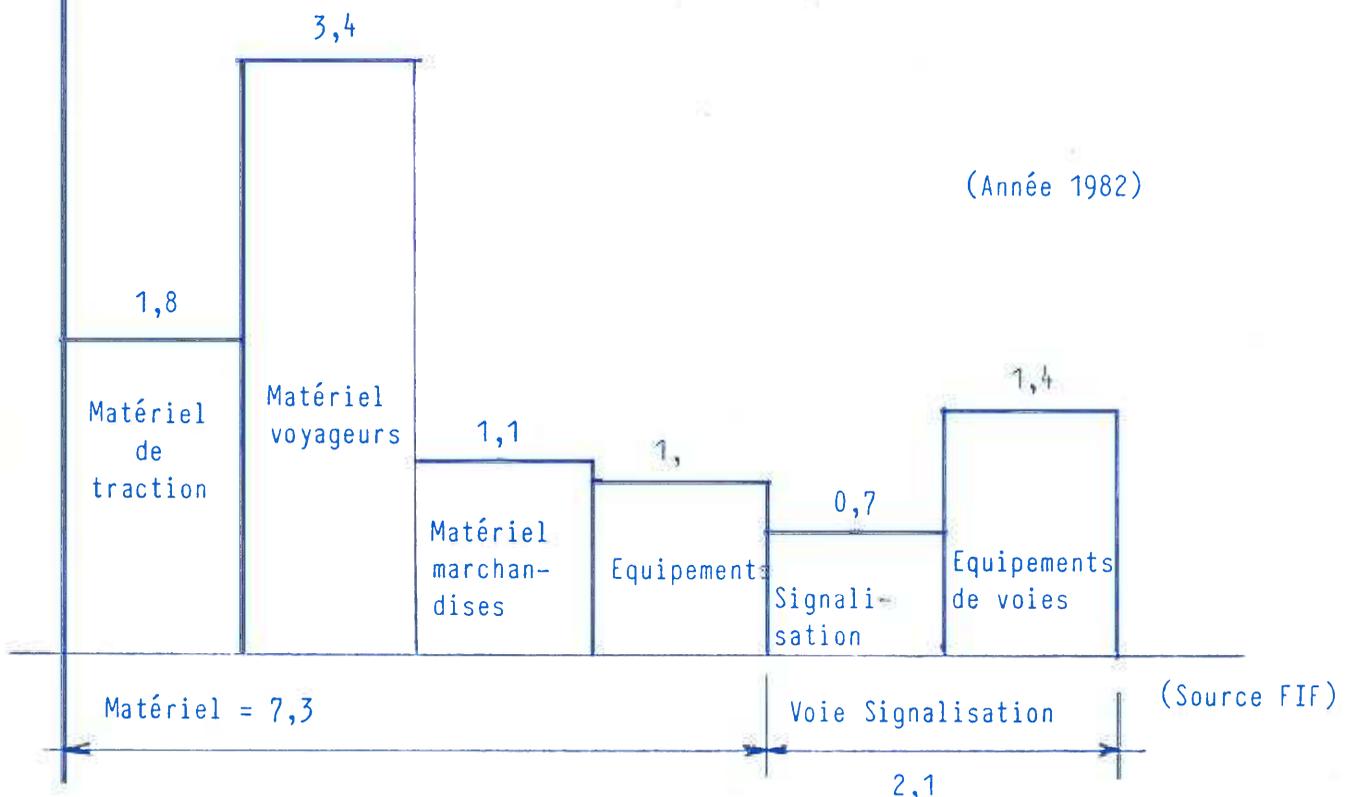
II.1 – Le marché français

Le marché ferroviaire français est du type monopsonique, puisqu'un seul client (SNCF ou RATP) est présent pour chaque produit. La très forte structure technique de ces clients a conduit à des progrès déterminants qui font aujourd'hui de la France un

II.3 – Les acteurs industriels

On peut noter qu'en France, par exemple, deux grands groupes dominent le marché des ensembles complets de matériel roulant, à savoir le groupe nationalisé CGE avec sa branche Alstom-Atlantique, et le groupe Schneider avec une organisation

(Milliards de francs)



plus polycentrique, mais en passe de se cristalliser d'une manière analogue. Ces deux groupes représentent environ 50 % des effectifs de l'industrie ferroviaire.

De la même manière, on peut noter qu'un petit nombre d'industries mondiales dominent une technique donnée ; ainsi 7 constructeurs sont aujourd'hui capables de proposer à travers le monde des structures en acier inoxydable, 4 ou 5 des moteurs diesels puissants pour locomotives, une douzaine des équipements électroniques et de locomotives.

II.4 — L'ouverture extérieure

Une des caractéristiques générales enfin de cette activité ferroviaire est la fermeture quasi totale des pays à industrie ferroviaire nationale forte à toute importation directe. On peut se réjouir que le taux de couverture du secteur ferroviaire français soit de 1 000 % (oui mille pour cent : 2,46 Milliards d'exportation contre 0,24 en importation !), mais on imagine que le berger répond à la bergère dans les pays homologues : Japon dont le taux de couverture rappelle le nôtre, RFA où il n'est "que" de 4 pour 1. Les USA sont un pays plus ouvert, au moins relativement (taux de couverture 2 pour 1). Si exporter est vital, on le verra ci-après, on imagine que cela se passe dans un climat de concurrence d'autant plus exacerbé que la crise économique frappe tous les pays simultanément.

III — Les produits français

En essayant d'éviter l'écueil d'un triomphalisme d'autant plus inadéquat que dans ce domaine, seuls les résultats font foi, je vais tout de même essayer de montrer les points forts sur lesquels l'industrie ferroviaire peut s'appuyer demain.

III.1 — Et justement pour faire l'équilibre, je citerai un souci préoccupant au moins pour l'instant, celui de la dépendance du monde entier des Etats-Unis en matière de moteurs diesels lents qui aujourd'hui font l'essentiel du marché. Non que sur certains créneaux les solutions françaises de diesels rapides à 1 500 Hmn n'apportent pas d'excellentes solutions en matière de légèreté des locomotives donc de fatigue de l'infrastructure c'est ainsi que notre pays a fourni de multiples types de locomotives diesel en Afrique francophone, en Extrême-Orient (Thaïlande), au Moyen-Orient et en Turquie, mais le leadership américain soutenu par un marché intérieur gigantesque (quasiment totalement en traction autonome) se développe aujourd'hui à grands pas.

III.2 — Conséquence heureuse de la politique d'indépendance énergétique menée depuis 1974, notre pays est en revanche en train de prendre une - toujours trop courte ! - avance en matière de traction électrique. La maîtrise de l'électronique de puissance

acquise grâce aux programmes très importants de la SNCF comme de la RATP vient de permettre de déboucher sur un progrès décisif en matière de moteur électrique de traction. Il ne restait plus que le moteur à courant continu qui donne quelque souci aux exploitants : l'adaptation à la traction ferroviaire de moteurs électriques sans collecteurs (synchrones ou asynchrones) est depuis peu chose faite, et la voie du moteur synchrone adoptée par la SNCF semble extrêmement féconde pour les locomotives et les automotrices type TGV.

III.3 — Dans les équipements de matériel roulant, les traditions de recherche de sécurité et de fiabilité des deux clients nationaux ont conduit à une gamme de composants très appréciables sur le marché international ; postes, pantographes, aides à la conduite, freins, baies...

On peut en dire autant, mais il y sera revenu ci-dessous, de la signalisation ferroviaire : les produits ne se présentent pas en effet tout à fait de la même façon, ou plutôt il est évident qu'un "système" mettant en œuvre des composants élémentaires sera beaucoup plus lié à un réseau donné qu'un matériel roulant peut l'être. Dans le domaine de la signalisation en effet, chaque réseau a ses propres conceptions, héritières d'une philosophie de la sécurité, des traditions d'exploitation, des habitudes sociales. Un système de "suivi de train" ou de commande centralisée des aiguillages de ligne est ainsi, sauf opération "fourniture clefs en mains" toujours original d'un réseau à l'autre.

Il n'en va pas forcément de même pour les composants (relais, appareillages d'alimentation, tableaux...) sous astreinte d'adaptation à des normes qui sont loin d'être uniformes d'un bout à l'autre de la planète !

IV — La situation actuelle de l'exportation française

La France est, ainsi que l'atteste le tableau ci-après, le premier exportateur ferroviaire mondial ;

Si flatteurs que soient ces résultats, ils ne sont plus suffisants, à l'heure où les 2 clients nationaux qui représentaient 64 % du chiffre d'affaires, voient pour diverses raisons (fin des programmes de modernisation et situation financière interne) leurs commandes chuter de manière brutale.

Les atouts techniques ont été évoqués plus haut, l'industrie ferroviaire a derrière elle un passé qui témoigne et le fait prendre en considération. Les réalisations les plus marquantes des dernières années, il faut citer ici bien sûr le TGV, l'interconnexion SNCF - RATP, les métros de Lyon, Marseille, Lille, fournissent une palette de possibilités que l'industrie doit exploiter.

V — Vers le large...

• Je n'insisterai pas trop sur une des conditions évidentes du développement de l'industrie ferroviaire : un effort de recherche qui nous maintienne dans le peloton de tête technique. Tout lecteur un tant soit peu industriel ou scientifique, sait que l'avance ne se maintient pas longtemps si l'on s'assoupit - simplement - sur ses lauriers. Cette question de l'effort de recherche est délicate à traiter : s'agissant de faire porter fruit à l'arbre des imaginations, on ne peut entièrement se fonder sur des crédits affectés à telle ou telle opération. Il faut qu'en outre, au cœur même des entreprises, puisse éclore et cheminer telle ou telle idée. Il faut pour cela des marges suffisantes ; et je ne parle pas que des marges financières - certes indispensables - je pense ici aux marges que nous devons ménager dans nos organisations industrielles pour autoriser la nouveauté toujours irrationnelle et dérangeant les structures.

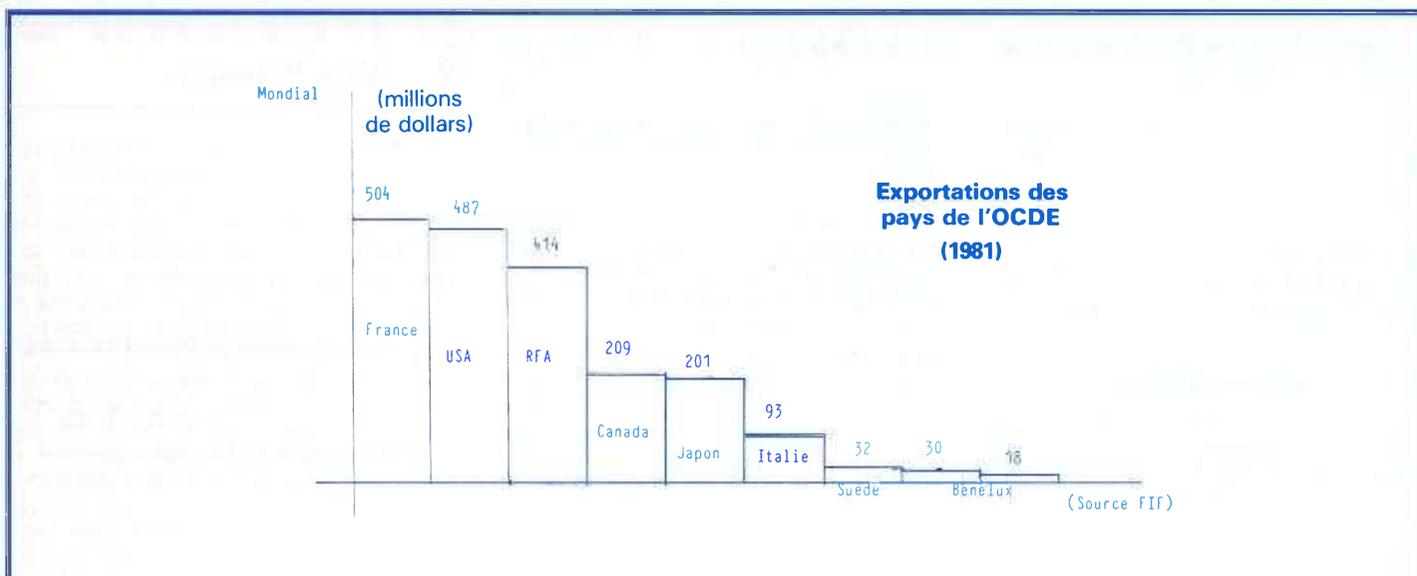
Car notre marché ferroviaire a une très grande composante technique. Nos clients sont le plus souvent des ingénieurs qui jugeront d'abord, dans le climat de concurrence que nous connaissons, de la valeur des solutions proposées

• La deuxième condition est celle justement du management de nos entreprises : arriver, en ayant assuré l'excellence de la technique, à gagner au milieu de concurrents redoutablement productifs ; poursuivre l'effort de rationalisation des structures industrielles amorcé depuis trois ans, mais approfondir les efforts de productivité interne des entreprises par des investissements judicieux, par une motivation et une formation du personnel aux techniques nouvelles.

Le "gap" concurrentiel peut se révéler important ; sur de récents appels d'offres nos coûts de production se sont avérés supérieurs de 15 % à ceux du marché international. Une réaction vigoureuse est indispensable.

• Ces actions se dérouleront en outre sur une trame de transfert de technologie car si aujourd'hui 50 % des exportations se font en ensembles complets (locomotives, voitures, wagons), nous aurons à exporter de plus en plus des études, transférer des connaissances, tout en gardant sans doute assez longtemps certains process industriels très délicats. Mais il ne faut pas rêver garder trop à long terme, et d'ailleurs n'est-il pas passionnant d'aider des partenaires étrangers à dominer progressivement une technique ?

L'exportation passe donc aussi par le montage d'accords industriels fiables, par l'adaptation non seulement des produits



aux usages, aux besoins, aux normes du pays, mais aussi par l'acclimatation des process industriels aux possibilités locales ; si bien que les études techniques se feront pour partie à destination des usines métropolitaines, mais aussi des usines locales. Révolution culturelle qu'il nous faut aussi "manager", sous peine d'être balayés comme l'ont été les constructeurs de certains pays dès que leur marché intérieur n'a plus suffi à les protéger.

- Le "management" de ces projets à l'exportation exige donc aussi d'être repensé : la complexité des solutions techniques, des aspects financiers, des accords industriels, fait que les entreprises ferroviaires jusqu'ici habituées au rôle de maître d'ouvrage extrêmement fermement rempli par les clients nationaux, doivent renforcer leur structure à cet égard.

- Je citerai tout de même pour terminer un souhait de la part des industriels, de voir encore s'améliorer les conditions dans lesquelles sont montées les opérations de crédit public accompagnant aujourd'hui tout grand marché. Les circuits de décision sont encore trop lourds, trop dépendants de règles administratives peu compatibles avec la rapidité qui prime en particulier dans la phase finale de négociation ! Quelques phrases en guise "d'envoi".

Car les besoins en transport sont immenses à travers le monde. Pour s'en tenir au secteur qui dès à présent exporte 70 % de sa production, celui des métros, sur les 116 villes "millionnaires" dans le monde, seules 76 avaient un métro, quasiment toutes celles d'Europe et du Japon, mais moins d'une sur deux aux USA !

L'exploitation sensée des ressources naturelles conduit par ailleurs à économiser l'énergie sous forme pétrolière, si bien que

la traction électrique devrait voir son champ s'étendre, même sur le continent Nord-Américain.

Les industriels ferroviaires ont conscience des atouts dont ils disposent. Le soutien de leurs clients nationaux ne leur est pas ménagé en tant que de besoin. Il n'en reste

pas moins que pour être aussi massive que d'autres restructurations dont on parle beaucoup dans l'actualité, l'orientation délibérée de l'industrie ferroviaire vers l'exportation représentera une somme d'efforts publics et privés considérables.

SOCIÉTÉ MÉTALLURGIQUE HAUT-MARNAISE

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



MATÉRIEL DE LUTTE CONTRE L'INCENDIE
ÉQUIPEMENT DES CAPTAGES ET DES RÉSERVOIRS

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

En France
comme à l'étranger



JEAN LEFEBVRE
travaille pour vous

DOCUMENTATION AU SERVICE COMMERCIAL
11, BD JEAN-MERMOZ 92202 NEUILLY/SEINE
TEL. 747.54.00



BONNE
ESPERANCE S. A.

CONSTRUCTION ET VENTE
DE MATERIEL DE SONDAGES
ET TRAVAUX PUBLICS

TUBES DE SONDAGES

POMPES D'INJECTION

SIEGE SOCIAL - BUREAUX ET USINE :
11, rue de Gries - B.P. 4 - **67240 BISCHWILLER**

☎ (88) 63.04.22 +

Télex : 890.640 F SONDESP



DÉPARTEMENT EXPORT
B.P. 117 - **91163 LONGJUMEAU CEDEX**

Téléphone (6) 934.50.02.
Télex : 600 355 F BONNESP

Dunod

- LE T G V
Bilan et perspectives
(numéro spécial)
- Locomotives Diesel électriques
pour l'Iraq construites par
l'industrie française
- Le prolongement de la ligne 5 du
métro à Bobigny
- Sélection et formation du per-
sonnel commercial à la SNCF
- Circuits à très haute intégration
dans les installations de sécurité

...quelques thèmes parmi d'autres
développés récemment dans la

REVUE GÉNÉRALE DES CHEMINS DE FER



Publication consacrée aux aspects
techniques de l'exploitation ferro-
viaire au sens large : caractéristi-
ques des matériels (train et métro),
établissement des réseaux, problè-
mes d'exploitation, ouvertures aux
nouvelles technologies.

11 numéros par an - 1984 - 103^e année.

Tarif d'abonnement :
308 FF (France) - 390 FF (Etranger)

Spécimen gratuit sur demande.

Renseignements et abonnements :

CDR - Centrale des Revues - 11, rue Gossin
92543 Montrouge Cedex - France

NEU

une énergie nouvelle



le partenaire de l'industrie ferroviaire

- Ventilateurs pour compartiments voyageurs et pour coffres électriques et électroniques
- Installations de ventilation-chauffage et de conditionnement d'air des compartiments voyageurs et cabines de conduite.



Ets NEU - Sac postal 2028 - 59013 Lille Cédex - France - Tél. (20) 72.17.00 - Téléx : NEUMA 130360 F

Le matériel ferroviaire et l'innovation

Innovation dans les systèmes Innovation dans les composants

par François LACOTE
Direction du Matériel Département Construction
SNCF

Une vieille dame en bonne santé

Le chemin de fer, doyen des modes de transport modernes, a 150 ans : l'an dernier, son anniversaire était célébré en France avec solennité ; la vieille dame, malgré son grand âge, se portait plutôt bien. Pire, elle avait même plutôt rajeuni : qui eût dit, il y a 10-15 ans, que cet ancêtre n'avait pas définitivement connu son âge d'or et n'était pas simplement, gentiment, doucement, mais sûrement, entrée dans la dernière phase de son existence ?

Le renouveau du chemin de fer est patent, une de ses manifestations les plus évidentes, et les plus reconnues, réside dans le succès technique et commercial du TGV. Le chemin de fer arrive encore à innover : où se situe exactement l'innovation, et comment est-elle conduite, pour ce qui concerne le matériel roulant ?

La cure de jouvence

La partie la plus évidente de l'innovation récemment apportée dans l'évolution du matériel ferroviaire est une innovation que l'on peut qualifier d'innovation de système : elle permet à l'ensemble de ce système de franchir une nouvelle limite, grâce à une remise en cause complète de l'ensemble de ses composants, cette remise en cause se traduisant, suivant le cas, par un simple redimensionnement, par l'appel à des solutions originales ou une véritable innovation pour un composant particulièrement critique.

La mise en service récente de deux matériels particulièrement novateurs, et, pour l'instant, inégalés dans le monde dans leurs domaines respectifs, permet de fournir une illustration de cette démarche ; il s'agit de la rame à grande vitesse TGV et des éléments

automoteurs électriques à deux niveaux de la banlieue parisienne ; ces matériels ont été conçus pour répondre à deux objectifs bien définis, l'augmentation de la vitesse et l'augmentation de la capacité.

1 — L'augmentation de la vitesse : le TGV

L'innovation essentielle du TGV se situe sans nul doute dans l'évolution que l'on a su imprimer au système roue-rail pour le rendre capable d'un progrès significatif dans l'accroissement de la vitesse : passer de 200 km/h (meilleure performance de l'époque, pour quelques trains) à 270 km/h, c'est multiplier la vitesse par 1,3, la résistance à l'avancement par 1,7 et la puissance installée en traction et en freinage par 2,2 ; c'est aussi franchir les limites de certains phénomènes à seuil, comme on le verra plus loin.

La première innovation dans l'étude du TGV a consisté à remettre en cause fondamentalement les paramètres de définition du système roue-rail et de s'appuyer sur une étude technico-économique pour en redéfinir les valeurs optimales en fonction de l'objectif fixé. Une fois ces paramètres déterminés, la méthode utilisée pour la définition du matériel roulant a consisté à différencier les domaines où une simple adaptation, un simple redimensionnement étaient suffisants, des secteurs où l'augmentation de la vitesse nécessitait une conception nouvelle, afin de concentrer tous les efforts de recherche et d'essais sur ces seuls organes ; l'innovation a peut-être été, en partie, de savoir ainsi doser l'innovation et conserver, chaque fois que possible, les conceptions antérieures qui pouvaient l'être.

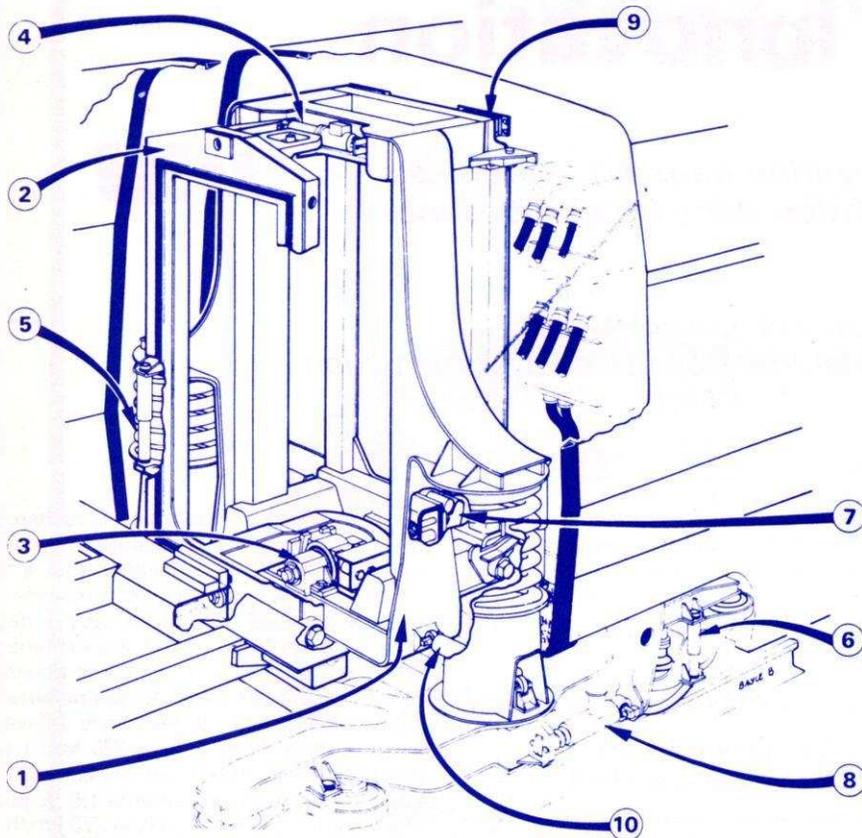
A titre d'illustration, il est possible de présenter deux secteurs importants sur lesquels il a fallu faire porter l'effort d'innovation :

— l'aérodynamisme du train : la recherche de la réduction de la résistance à l'avancement a conduit à la conception tout à fait originale d'une rame articulée composée de caisses accouplées reposant deux à deux sur un seul bogie, associée à un carénage complet des caisses et une étude poussée des formes d'extrémités ; le résultat obtenu est assez éloquent : la résistance à l'avancement de la rame TGV à 270 km/h est inférieure à celle d'un train classique à 200 km/h ; il suffit d'une pente de 1,5 % pour entretenir la vitesse du TGV à 270 km/h ;

— les bogies : un chroniqueur scientifique connu écrivait, lors d'un article consacré au TGV, ... que la vitesse limite avait été choisie inférieure à 300 km, parce qu'il était scientifiquement montré qu'au-delà la dynamique du véhicule conduisait inéluctablement au déraillement ; le malheur a voulu que son article paraisse la semaine où la SNCF établissait son record du monde à 380 km/h. Et pourtant ce chroniqueur malchanceux n'avait pas tout à fait tort, mais voulait énoncer simplement le résultat d'une réalité complexe ; il avait commis l'erreur - certes impardonnable - d'une simplification outrancière.

La dynamique du mouvement d'un véhicule sur rail enseigne en effet qu'il existe une vitesse limite, appelée vitesse critique, au-delà de laquelle son mouvement, antérieurement stable parce qu'amortissant les excitations provenant des défauts aléatoires rencontrés par le contact roue-rail, devient brutalement instable : les oscillations précédemment amorties ont alors une amplitude qui croît rapidement, leur énergie trouvant une source inépuisable dans l'énergie cinétique (considérable au regard des mouvements en question) du convoi. Il en résulte des chocs extrêmement violents des essieux du véhicule contre les rails, susceptibles de créer des désordres dangereux dans la voie. Les bogies du TGV résultent ainsi d'études approfondies, validées par de multiples essais en ligne, qui ont permis d'explorer l'influence des différents paramètres de définition d'un bogie ; parmi les solutions adoptées, certaines sont tout à fait originales comme le dispositif consistant à accrocher les moteurs de traction

PERSPECTIVE DE L'ANNEAU D'INTERCIRCULATION



1. Anneau porteur
2. Anneau fixe
3. Rotule (avec paliers)
4. Amortisseur anti-gîte
5. Suspension secondaire

6. Amortisseur anti-galop
7. Crochet d'attelage (avec galet)
8. Amortisseur anti-lacet
9. Blochet caoutchouc
10. Amortisseur transversal

aux caisses des véhicules avec une transmission coulissante à cardans qui transmet le couple moteur aux essieux à travers tous les débattements possibles du bogie par rapport à la caisse. Le résultat obtenu est largement à la hauteur de l'objectif fixé, la vitesse critique du bogie TGV, sans dispositif amortisseur, étant au-delà de 300 km/h. Le freinage est, au contraire, un domaine qui a donné lieu à de nombreux essais et recherches sur de nouveaux systèmes de frein (notamment le frein à courants de Foucault induits dans la roue ou dans le rail) pour, finalement, revenir à une conception tout à fait classique (disques de frein sur essieux), mais redimensionnée (doublement du nombre de disques).

C'est sans doute grâce à cet équilibre entre l'innovation et l'adaptation de techniques éprouvées que le TGV, contrairement à d'autres systèmes voisins ou concurrents, s'est révélé un succès technique et commercial.

2 — L'augmentation de la capacité : les rames automotrices à deux niveaux

Le développement de l'agglomération parisienne allié à la mobilité croissante des individus engendrent une demande de transports en constante augmentation ; aménager l'infrastructure, dans un milieu urbain dense, sur une ligne en partie souterraine comme la ligne C du Réseau Express Régional de la région parisienne, se heurte à des obstacles techniques évidents, et représente un investissement a priori dissuasif. L'augmentation du débit de la ligne passe alors inéluctablement par l'augmentation de la capacité unitaire des trains.

Une première étape avait été franchie, il y a quelques années, avec l'utilisation complète du gabarit ferroviaire par les véhicules transportant les voyageurs grâce à la formule du "deux niveaux" : progressivement les principaux axes de transport de la banlieue parisienne ont été dotés de trains formés de locomotives attelées à des rames de voitures à deux niveaux, permettant ainsi une augmentation déjà très sensible de la capacité unitaire des trains.

Pouvait-on aller encore plus loin ? Un vieux rêve, un peu fou : utiliser tout le gabarit, là encore, au niveau de la locomotive, tasser un peu les équipements de traction, et ainsi dégager à nouveau de l'espace pour les voyageurs ; dans ces conditions, tout l'espace disponible à quai, notamment dans les gares souterraines de la ligne C où

les possibilités d'agrandissement sont pratiquement impossibles, était utilisable pour les voyageurs. De plus, une telle formule, si du moins elle était viable, permettait d'augmenter, sans perte sensible de capacité, le nombre de véhicules moteurs de la rame : ainsi, par l'amélioration des performances de la rame, la formule "deux niveaux" devenait accessible aux lignes qui, comme la ligne C, possèdent des rampes très importantes entre les parties souterraines et les parties à l'air libre de l'infrastructure ; enfin le train, ainsi remotorisé, autorisait des vitesses moyennes, donc des débits, encore améliorés.

Ce projet, longtemps considéré comme irréalisable par beaucoup, fut tout de même mis à l'étude ; les contraintes essentielles consistaient, pour les véhicules moteurs, dans le respect du gabarit, des masses limites autorisées par essieu, et la réalisation d'un niveau de confort identique à celui d'une voiture à voyageurs.

Les études portèrent essentiellement sur l'architecture du véhicule, et sur une recherche impitoyable des allègements ; pas de véritable innovation sur tel ou tel composant, mais une optimisation très poussée à la fois du système et de chacun de ses éléments constitutifs.

Le résultat est une petite "locomotive à voyageurs" comprenant une cabine de conduite, des équipements de puissance et de contrôle, et une capacité d'environ 200 voyageurs (dont 115 en places assises). Sortant maintenant de construction au rythme de quatre à six motrices par mois, ce nouveau matériel s'avère plus léger d'une tonne que les prévisions : le pari aura été effectivement tenu.

Comme dans le cas précédent, il s'agit d'une première mondiale : un train automoteur à deux niveaux qui, dans sa version à huit caisses (4 motrices et 4 remorques), est doté d'une puissance comparable à celle d'une rame TGV et peut transporter environ deux mille voyageurs. Avec ce nouveau matériel, commandé à plus de 200 exemplaires, la ligne C du RER verra, par exemple, sa capacité portée à près de 100 000 voyageurs (dans les deux sens) à l'heure de pointe.

Deux objectifs ambitieux avaient ainsi été fixés : la grande vitesse et une grande capacité ; la démarche fut la même : une réflexion d'ensemble sur le système à développer ; les résultats sont deux produits largement novateurs qui permettent au matériel ferroviaire français d'occuper, dans des deux domaines de la vitesse et de la capacité, le premier rang mondial.

Les greffes d'organes

En parallèle avec ses recherches sur les systèmes, la SNCF entreprend des recherches systématiques, en collaboration avec l'industrie ferroviaire, sur les composants

pour faire évoluer leurs performances, leur fiabilité, leur coût. Ainsi les recherches entreprises, lors de la précédente décennie, sur l'application de l'électronique de puissance à la traction ferroviaire ont permis d'obtenir, pour un coût comparable, des engins de puissance supérieure, d'une fiabilité exceptionnelle, et d'un coût d'entretien qui se révèle de l'ordre du tiers de celui des générations antérieures.

Sans vouloir prétendre à l'exhaustivité, l'énumération ci-après permettra de mesurer l'étendue des domaines sur lesquels portent les recherches en matière d'évolution des composants : l'introduction des automatismes de conduite tels que l'antipatinage, l'anti-enrayage, la régulation automatique de la vitesse, l'utilisation de nouveaux matériaux de frottement comme les poudres métalliques frittées, l'application des alliages légers, des aciers à haute limite élastique, ou des matériaux composites, l'emploi des élastomères dans les éléments de suspension, etc...

Certaines de ces recherches peuvent déboucher sur de véritables innovations, comme dans l'exemple présenté ci-dessous, qui constitue le résultat des toutes dernières recherches entreprises par la SNCF et l'industrie ferroviaire dans le domaine de la traction électrique : **le moteur triphasé synchrone autopiloté**. Jusqu'à une date récente, la quasi-totalité des engins de traction ferroviaire, à travers le monde, utilisaient le moteur à collecteur, généralement sous tension continue, parfois sous tension alternative à très basse fréquence.

Il s'agit d'un moteur parfaitement adapté aux exigences de la traction ferroviaire, mais dont la commutation est assurée par le contact frottant des balais sur son collecteur, organe délicat dont les limites thermiques et mécaniques sont sensiblement inférieures à celles du moteur.

L'idée développée dans la recherche d'un nouveau moteur a été de profiter des progrès apportés par l'évolution de l'électronique de puissance pour reporter la commutation du moteur sur une sorte de collecteur "statique" constitué par un ensemble d'onduleurs à thyristors ; dans l'application développée par la SNCF, il s'agit, en quelque sorte, d'inverser l'inducteur, qui de stator devient rotor sans commutation de courant, et l'induit qui de rotor devient stator connecté au commutateur, maintenant statique, et à thyristors ; la machine ainsi créée est très proche d'un alternateur, mais que l'on fait fonctionner en moteur.

Débarassée des contraintes mécaniques et thermiques du collecteur tournant, cette machine a des capacités très sensiblement améliorées par rapport au moteur précédent, à masse comparable.

Expérimenté avec succès sur une locomotive prototype réalisée en commun par la SNCF et l'industrie ferroviaire, ce nouveau système de traction va être généralisé sur

les nouvelles générations de locomotives et de motrices TGV : appliqué à la locomotive, il permettra de ne plus concevoir qu'un seul type de locomotive électrique, capable des trains de marchandises les plus lourds (2 000 t) comme des trains de voyageurs les plus rapides (200 km/h ; 16 voitures à voyageurs).

Dans son application au système TGV, ce nouveau système de traction permet de reculer encore les limites du TGV, en termes de vitesse limite (300 km/h au lieu de 270 km/h) et de rampe maximale franchissable (50 ‰ au lieu de 35 ‰), dans une

prunté à l'aéronautique ses garnitures en matériau fritté métallique et bientôt, pour le TGV Atlantique, ses disques en acier allié. Le chemin de fer n'a pas de complexe, et s'il a beaucoup d'amour-propre, ce n'est pas au point de se refuser à aller chercher ailleurs les résultats de développements technologiques qui peuvent lui être utiles ; il sait d'ailleurs ne pas être ingrat, et offrir parfois un banc d'essai privilégié pour le développement d'un produit ; pour revenir à l'exemple de la turbine aéronautique, les turbotrains auront certainement contribué au progrès de la technique des turbomo-



La nouvelle automotrice à 2 niveaux de la SNCF.

composition identique à la rame TGV actuelle.

Dans le cadre du TGV Atlantique, ce progrès sera utilisé à améliorer l'économie du projet en réduisant l'équipement moteur à puissance égale (quatre bogies moteurs au lieu de six antérieurement) et en augmentant la capacité de la rame (500 voyageurs au lieu de 380), pour un coût d'investissement en matériel qui ne devrait pas varier sensiblement.

Il faut enfin savoir rendre à César ce qui est à César : une partie de l'innovation récente dans les composants du matériel a consisté à adapter à l'environnement ferroviaire des technologies utilisées dans d'autres domaines, en particulier l'aéronautique : il en est ainsi, par exemple, de l'adaptation de la turbine à gaz au transport ferroviaire, qui a permis la réalisation de rames automotrices légères et rapides : les turbotrains largement utilisés sur les principales lignes transversales non électrifiées et qui furent à l'origine des expérimentations de la SNCF dans la recherche des grandes vitesses. Plus près de nous, l'évolution récente et à venir des techniques de freinage a em-

teurs, notamment sur l'augmentation de leur potentiel entre opérations de maintenance ; il fallait pour cela accepter de prendre un certain nombre de risques sur la tenue des moteurs : c'est possible sur un train, mais pas sur un hélicoptère...

Conclusion : un grand âge, mais encore bon pied bon œil

Un système qui n'est pas capable d'évoluer est un système à terme condamné ; les potentialités du premier des moyens de transport modernes sont encore inépuisables. Le matériel ferroviaire, acteur essentiel des progrès récents, a su les mettre en évidence dans un certain nombre de réalisations innovantes. La digne vieille dame SNCF, on la présente souvent ainsi, est peut-être devenue, comme dans le film, la vieille dame indigne.

réalisations dans les D.D.E.

Direction départementale de l'équipement de l'Hérault

DÉVIATION DE LA RN 9 A LODEVE ET MISE A DEUX FOIS DEUX VOIES DE PART ET D'AUTRE SUR 5 KM

par Philippe LASSAUCE I.P.C.

1) — Le contexte général

La Route Nationale 9 relie Clermont-Ferrand à l'Espagne en traversant le Massif Central. Le parti général de cette route à 2 fois 2 voies avec caractéristiques de route expresse, fut décidée en 1974, dans le cadre du Plan de Désenclavement du Massif Central, pour assurer la continuité de l'auto-route Paris-Orléans-Clermont-Ferrand projetée. Elle constituerait ainsi un itinéraire parallèle à la vallée du Rhône, à bonnes caractéristiques, reliant Paris-Clermont-Ferrand à la côte du Languedoc-Roussillon et à l'Espagne par l'intermédiaire de l'auto-route A 9.

Les études générales d'aménagement ont été réalisées par le CETE d'Aix-en-Provence en 1979. Elles ont conduit pour le département de l'Hérault, à retenir un parti d'aménagement sur place avec déviation des agglomérations traversées.

De Clermont-Ferrand à la plaine languedocienne, la RN 9 se heurte, sur plus de 300 km, à la difficile traversée des paysages sauvages et variés du Massif Central Méridional, où la route reste la base des relations humaines. De la limite nord du département de l'Hérault à Lodève, où s'achève la traversée des Causses, l'itinéraire descend des plateaux par la vallée de la Lergue (dénivelé de 500 m sur 13 km), puis s'épanouit en éventail vers la capitale régionale Montpellier et son agglomération d'une part, vers l'agglomération de Sète-Frontignan et son port de commerce d'autre part, vers Béziers, la côte vermeille et l'Espagne, vers Agde et les plages du Biterrois enfin.

Le développement des échanges à travers le Massif Central assure le désenclavement de Lodève. Dans un secteur où les industries et les autres activités subsistent avec peine, de bonnes liaisons routières sont un élément essentiel de résistance. Parallèlement, la création de la nouvelle route a conduit à détruire la vieille gare SNCF pour la remplacer par une gare de marchandises moderne et vaste adaptée notamment au transport du minerai d'uranium produit au voisinage. La zone industrielle qui s'étend au sud de la déviation, bénéficie d'une desserte commode qui lui ouvre les portes du Biterrois et de la région de Montpellier.

Les activités touristiques, enfin, devraient profiter de deux phénomènes convergents :



(Photos DDE-GEP 34)

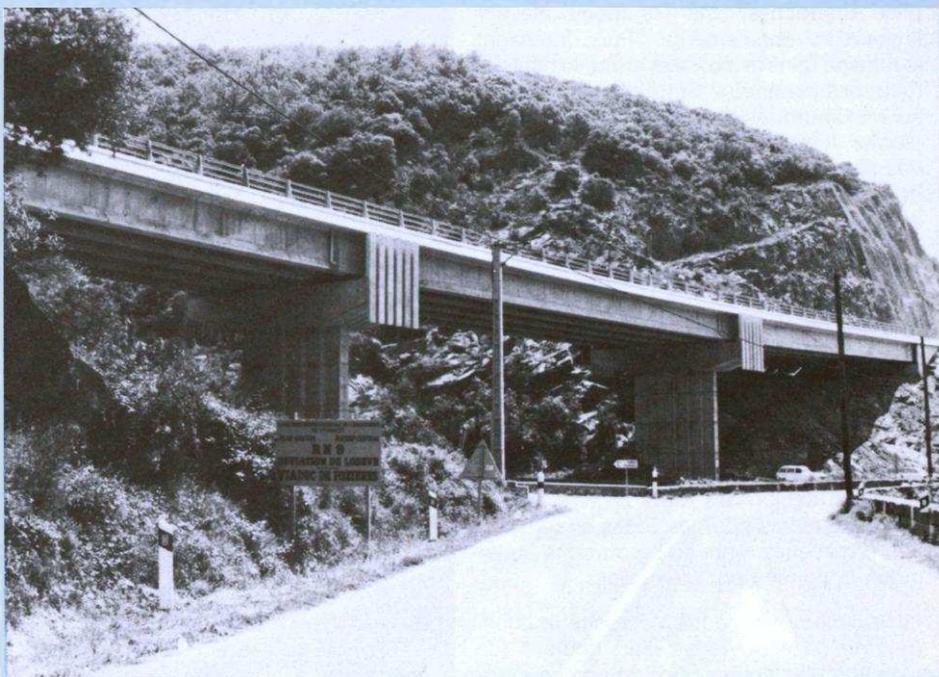
— Le flux de touristes empruntant la RN 9 pour se rendre en vacances augmente au fur et à mesure de l'aménagement d'ensemble de l'itinéraire. Dès maintenant, l'aire d'arrêt qui offre un panorama remarquable sur Lodève incitera des touristes de plus en plus nombreux à s'arrêter dans la ville ;
— Le rapprochement (en temps de parcours) par rapport au littoral entraînera peu à peu les hauts cantons de l'Hérault dans l'essor touristique de la côte.

2) — Un aménagement de 9 km autour de Lodève

Alors que la route a été portée à 2 x 2 voies sur une partie du Causse du Larzac et bien améliorée dans la descente du plateau, la traversée le Lodève restait un obstacle important pour la circulation au débouché vers les plaines du Languedoc.

L'opération mise en service en juin 1983, comporte 9 km de route aménagée dont 3,6 km à 3 voies (déviations de Lodève), deux tronçons à deux fois deux voies au nord et au sud de Lodève (1,2 km, et 3,1 km respectivement) et 1 km de route neuve à deux voies (rectification de virages serrés au raccordement sud).

Elle a nécessité le déplacement de la gare terminale de la ligne SNCF de Lodève-Vias et la dépose de 4,5 km de voie ferrée. Le transfert s'est effectué le long du CD 144 E au sud de l'aménagement, facilitant ainsi la desserte ferroviaire des mines de la COGEMA (uranium).



Viaduc de Fozières.

Le trafic sur la RN 9 s'établit sur 6 800 véhicules par jour au nord de Lodève et 8 600 véhicules par jour au sud en moyenne journalière annuelle 1982 : il subit des pointes estivales atteignant 21 000 véhicules par jour. On constate une progression annuelle géométrique de 6 % par an depuis les premiers aménagements de l'itinéraire (1977).

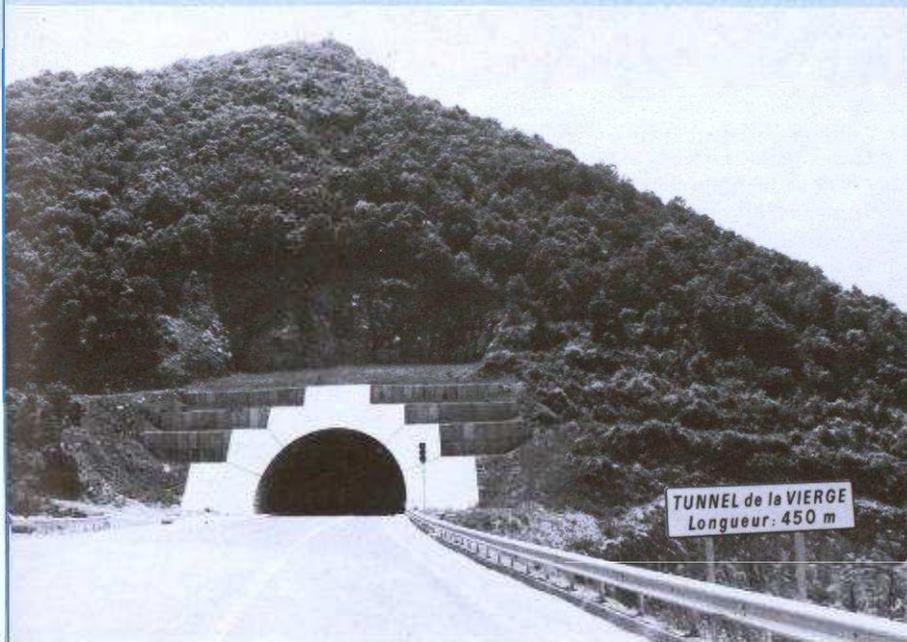
L'opération a coûté 140 MF (acquisitions foncières comprises) entièrement financée par l'État-Ministère des Transports. L'aménagement à 2 fois 2 voies se poursuit actuellement au nord et au sud de la section mise en service sur 7 km environ.

3) — La déviation de Lodève : une route taillée à flanc de montagne

La ville de Lodève s'est développée au confluent de la Lergue et de la Soulondre. Ensermée dans les vallées étroites, l'urbanisation s'est développée le long des deux cours d'eau et sur la partie basse des montagnes dominant la ville. Un contournement par l'ouest traversant deux fois la Lergue et une fois la Soulondre, s'avèrerait impossible du fait du relief et de l'urbanisation. La déviation se développe donc sur le versant est surplombant la ville avec des pentes transversales qui atteignent et dépassent parfois 50 %. Elles constituent un remarquable balcon sur la ville découvrant des vues aériennes intéressantes sur le centre ancien.

Les terrassements :

Les terrassements - notamment les terrassements rocheux - ont été exécutés dans un cadre difficile et avec des précautions particulières pour éviter tout accident avec les habitations et l'ancienne RN 9 située immédiatement en contrebas. Des "pièges à cailloux" ont été implantés sur l'ancienne route en réduisant la largeur de la chaussée et la technique de prédécoupage des talus rocheux a été systématiquement utilisée. Elle consiste avant tout déblai, à détacher la masse de matériaux à extraire de la montagne suivant le talus futur en créant une ligne de rupture à l'explosif (trous de mines



réalisations dans les D.D.E.

plus rapprochés, charges moins élevées limitant les éboulements). Puis, intervient le minage dans la masse et enfin, le déblaiement des matériaux. Cette technique limite au maximum les risques de projection de pierres et assure une très bonne découpe des talus. La masse de déblais extraite fut de 550 000 m³ (dont 60 % rocheux) réutilisée à raison de 400 000 m³ en remblais.

Les ouvrages d'art :

Compte tenu des pentes abruptes du terrain naturel, la construction de la déviation a nécessité la construction de 7 000 m² de murs de soutènement. Des murs type Peller ont été utilisés en soutènement des zones en déblai, des murs en terre armée ont été préférés pour les zones en remblai, enfin, quelques murs en béton armé ou en béton cyclopéen ont été réalisés.

La déviation a en outre nécessité la construction de 4 ouvrages d'art courant (de type PIPO) et 2 ouvrages d'art non courant.

— Un viaduc de 120 mètres franchissant la vallée de la Fozières. L'ouvrage est de type VIPO à 3 travées de 37 m, 42 m, et 37 m de portée, appuyées sur deux piles-marteaux de 8 à 10 mètres de hauteur et deux culées perchées. Les poutres ont été coulées par travées sur un cintre fixe puis ripées à leur emplacement définitif. Les fondations sont superficielles (rocher). Le dessin des piles est de M. Bérard architecte à Montpellier.

— Un tunnel courbe bétonné de 450 m de long et de 96 mètres carrés de section dégageant une largeur roulable de 10,50 m. Le creusement du tunnel a été réalisé en deux temps : déroctage de la voûte, puis du stross (partie inférieure de la galerie). Il n'a pas présenté de difficultés particulières, les matériaux rencontrés étant du schiste d'abord puis des calcaires dolomitiques. L'eau n'a pas été rencontrée lors de l'exécution de la galerie. Un soutènement par boulons, treillis soudé et béton projeté a été exécuté au fur et à mesure de l'avancement. Un renforcement par cintres métalliques a été mis en place aux deux extrémités du tunnel. Le tunnel a ensuite été bétonné par tronçons de 2 mètres de longueur, l'épaisseur du voile de béton variant de 0,60 m à l'entrée à 0,30 en section couverte (béton non armé).

L'éclairage bénéficie d'une innovation technologique puisque le tunnel de la Vierge est le premier tunnel rase campagne de France entièrement éclairé au sodium haute pression, grâce à l'arrivée sur le marché de lampes de 100 watts de puissance.

Les études ont été réalisées avec le concours du CETU, du laboratoire du CETE d'Aix-en-Provence et du Cabinet d'Architecture Auguste Arzac pour la conception des têtes.



RÉALISATION

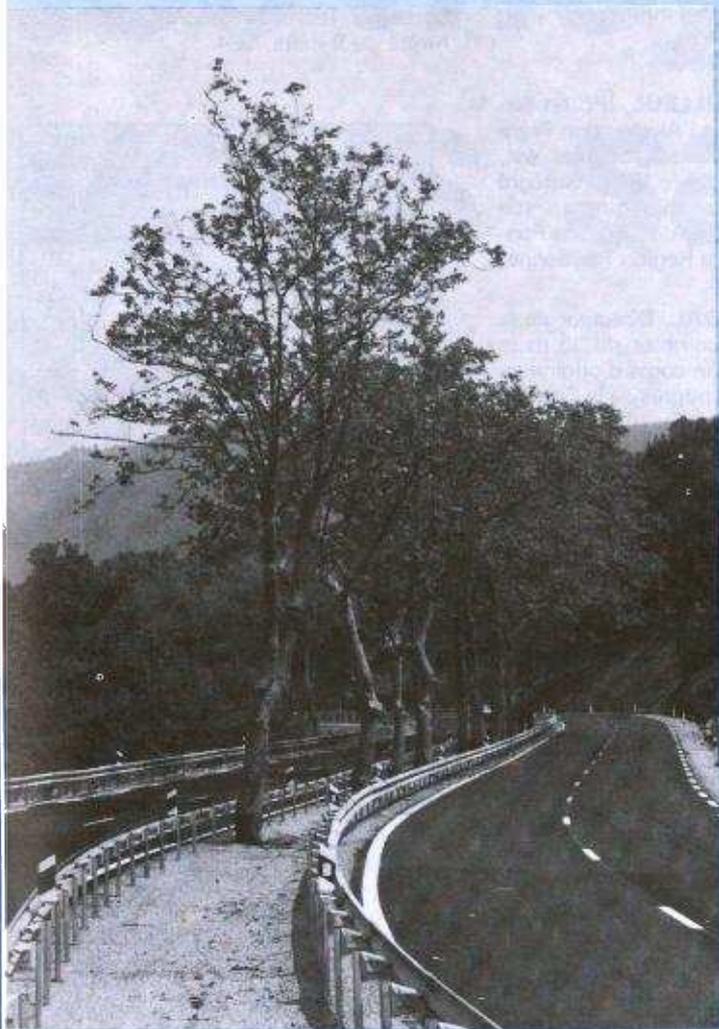
Les travaux sont échelonnés sur trois ans. Ils ont permis, pendant vingt deux mois les plus actifs du chantier, d'assurer le travail d'une soixantaine de personnes.

Parmi les entreprises ayant participé au chantier on pourra principalement retenir (sans les citer toutes) :

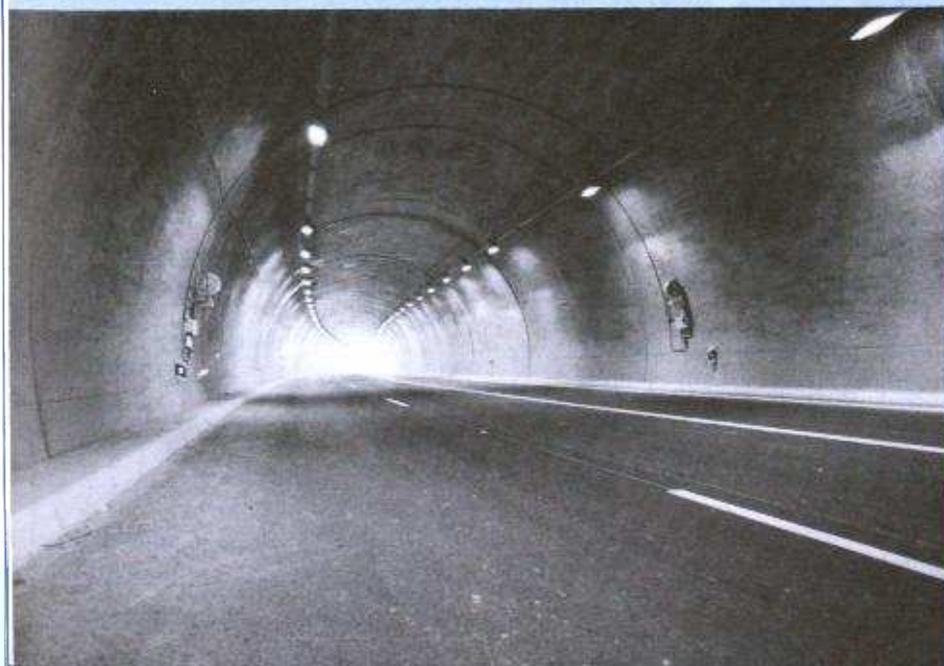
- Bec (34) pour les terrassements et les ouvrages d'art.
- Nicoletti (06) pour le tunnel.
- Berthouly (26) pour les terrassements.
- SGT (13) pour 2 ouvrages d'art.
- Viafrance (30) pour les terrassements et les assises en graves-cendres volantes.
- Colas et Jean Lefèbre (34) pour les assises en graves-cendres volantes.
- Mazza (34) pour la fourniture des granulats et les enrobés.
- CGEE et Alstom (34) pour l'éclairage et la signalisation du tunnel.
- Somaro (26) pour les glissières
- Soper (78) et les barrières
- TSS (78) de sécurité.
- Girod et SAR (39) pour la signalisation.

L'OPÉRATION EN QUELQUES CHIFFRES

Longueur : 9 km
Déblais : 460 000 m³ rocheux 410 000 m³ meubles ou ripables
Remblais et couche de forme : 590 000 m³
Ouvrages d'art : 7 dont 2 exceptionnels (180 000 m³ de béton)
Murs de soutènement : 8 000 m²
Chaussées : 120 000 T de GCV — 25 000 T d'enrobés
Hydraulique : 1 200 m d'ouvrage.



(Photo
DDE GEP 34)



Les chaussées :

Les graves-cendre volantes de Gardanne ont été réalisées à partir d'une carrière située à proximité du chantier, les bétons bitumineux à partir d'une centrale fixe située à St Thibery (près d'Agde).

Le chantier a nécessité la mise en place de 120 000 tonnes de graves-cendres volantes (dont la moitié pour la déviation de Lodève) et 25 000 tonnes d'enrobés. La réalisation s'est faite de manière classique.

4) — Sécurité et insertion dans l'environnement

Le tracé en balcon de la déviation, le caractère sensible du site naturel, la présence marquante de magnifiques arbres d'alignement le long de l'ancienne route nécessitaient un soin particulier pour l'insertion du projet dans le paysage.

C'est ainsi que les caractéristiques géométriques adoptées permettent d'éviter de trop grandes blessures au paysage. D'autre part, afin de ne pas porter atteinte au site du "Rocher de la Vierge", la réalisation d'un tunnel a été préférée à d'importants terrassements de déblais.

Le traitement végétal a fait l'objet d'un véritable projet élaboré avec l'aide d'un architecte et d'un paysagiste et présenté à la Commission des Sites, au CAUE, aux élus et au public associés au projet lors d'une réunion publique tenue à la mairie de Lodève. Un des points forts du site est constitué par les arbres d'alignement le long de la RN 9. L'ancienne route étant conservée et exploitée à sens unique dans les tronçons à deux voies. Il fallait conserver le maximum d'arbres d'alignement en assurant la protection par des dispositifs spéciaux.

- des glissières de sécurité renforcées, spéciales pour chaussées bordées d'arbres, récemment mises au point par l'ONSER (Office National de Sécurité Routière) ;
- des points d'arrêt au moins tous les 300 ou 400 mètres pour pallier l'absence de bandes d'arrêt d'urgence le long de la route.

Enfin, alors que la RN 9 donnait dans sa traversée de Lodève, un aspect plutôt décevant de la ville, la position dominante de la nouvelle route lui confère des vues exceptionnelles sur l'agglomération, et notamment, le centre ancien, où la cathédrale se détache majestueusement au-dessus de l'imbrication des vieux toits. Une aire d'arrêt a été aménagée surplombant le Centre Ville, une bretelle permet aux véhicules légers d'y accéder directement.

La Vie du Corps des Ponts et Chaussées

POSITION NORMALE D'ACTIVITÉ

M. Xavier **ROEDERER**, IPC à la Direction Départementale de l'Équipement de Meurthe-et-Moselle, est, à compter du 16 avril 1984, affecté au Service de la Navigation de Nancy pour y être chargé de l'Arrondissement "Études et Eau".
Arrêté du 9 mars 1984.

M. Michel **LEFOULON**, ICPC, détaché auprès de l'Agence Nationale pour l'amélioration de l'Habitat, est, à compter du 1^{er} mars 1984, réintégré dans son corps d'origine et affecté à la Direction Régionale de l'Équipement "Ile-de-France" en qualité de chargé de mission auprès du Directeur.
Arrêté du 29 mars 1984.

M. Jean-Claude **CHAUSSAT**, IPC à la Direction Départementale de l'Équipement du Doubs, est, à compter du 16 mai 1984, muté à la Direction Départementale de l'Équipement de Saône-et-Loire en qualité d'Adjoint au Directeur.
Arrêté du 5 avril 1984.

M. Pierre **DUBOIS**, IPC à la Direction Départementale de l'Équipement de Seine-Saint-Denis, est, à compter du 16 avril 1984, muté à la Direction Départementale de l'Équipement de Maine-et-Loire en qualité d'Adjoint au Directeur, chargé des Infrastructures.
Arrêté du 5 avril 1984.

M. Erick **NIEMANN**, IPC à la Direction des Affaires Économiques et Internationales, est, à compter du 1^{er} avril 1984, affecté au Service Technique des Bases Aériennes en qualité de chargé de mission pour les problèmes de Génie Civil et Pistes.
Arrêté du 18 avril 1984.

M. Philippe **CRUCHON**, IPC, mis à la disposition du Ministère de l'Industrie et de la Recherche, est, à compter du 1^{er} mai 1984, réintégré dans son administration d'origine et muté à la Direction Départementale de l'Équipement du Val-de-Marne pour y être chargé du groupe "Urbanisme Opérationnel et Construction" (UOC).
Arrêté du 18 avril 1984.

DÉTACHEMENT

M. Jacques **LECLERCO**, ICPC, Directeur Adjoint de la production et du transport est nommé, à compter du 1^{er} mai 1984, Chef du Service de la production thermique d'EDF.

M. Pierre-Michel **DELPEUCH**, IPC, mis à la disposition de l'Aéroport de Paris, est, à compter du 1^{er} février 1984, remis à la disposition de son administration d'origine en vue d'un détachement auprès de l'Aéroport de Paris.
Arrêté du 15 mars 1984.

M. Cyrille du **PELOUX de SAINT ROMAIN**, IPC, mis à la disposition du Ministère de l'Industrie et de la Recherche, est, à compter du 15 février 1984, remis à la disposition de son administration d'origine

en vue d'un détachement auprès des Charbonnages de France.
Arrêté du 15 mars 1984.

M. Jean-Marie **DUTHILLEUL**, IPC en service détaché auprès de l'Association Française pour les Célébrations Nationales, est, à compter du 1^{er} novembre 1983, réintégré dans son administration d'origine en vue d'un détachement auprès de l'Agence Foncière et Technique de la Région Parisienne.
Arrêté du 9 mars 1984.

M. Georges **MERCADAL**, Directeur de la Construction, est, à compter du 19 mars 1984, réintégré dans son corps d'origine en vue d'un détachement auprès de la Compagnie Générale d'Electricité.
Arrêté du 19 mars 1984.

M. Hugues **CHAPUT**, IPC en disponibilité depuis le 1^{er} mai 1981, est, à compter du 1^{er} juillet 1983, réintégré dans son administration d'origine en vue d'un détachement auprès de Thomson Brandt.
Arrêté du 5 avril 1984.

M. Philippe **BAUCHOT**, IPC à la Direction Départementale de l'Équipement des Hautes-Alpes, est, à compter du 1^{er} mai 1984, détaché à la Société Anonyme d'Habitations à Loyer Modéré. Le Logement Français.
Arrêté du 5 avril 1984.

M. Jacques **de PLAZAOLA**, ICPC, a été nommé au poste de Directeur Général de la Régie des Transports de Marseille, à compter du 14 mars 1984.

M. Charles **DUPONT**, IPC en service détaché à la Direction des Équipements de l'Assistance Publique de Paris, est, à compter du 13 février 1984, réintégré dans son corps d'origine en vue d'un détachement auprès de l'Établissement Public du Parc de la Villette.
Arrêté du 9 avril 1984.

MISE A DISPOSITION

M. Jean-Yves **BELOTTE**, IPC, au Ministère de l'Industrie et de la Recherche, est, à compter du 1^{er} décembre 1983, remis à disposition de son administration d'origine et placé en congé de disponibilité pour une période de trois ans.
Arrêté du 5 mars 1984.

M. Raymond **COLLONBET**, IPC, en service détaché auprès de l'Agence Nationale pour l'Amélioration de l'Habitat, est, à compter du 1^{er} avril 1984, réintégré dans son administration d'origine et mis à disposition du Ministère de l'Éducation Nationale - Direction des Équipements et des Constructions en qualité de Chef de la Division des constructions scolaires et du Conseil aux collectivités (DCSCC).
Arrêté du 9 mars 1984.

M. Pierre **MAZZOLINI**, ICPC, mis à la disposition du Ministère de l'Éducation Nationale, à la Direction des Équipements et des Constructions, est, à compter du 1^{er} avril 1984, nommé au sein de la même direction,

Conseiller Technique auprès du Directeur.
Arrêté du 9 mars 1984.

mensuel

28, rue des Saints-Pères
Paris-7^e

DIRECTEUR DE LA PUBLICATION :

M. BELMAIN
Président de l'Association

ADMINISTRATEUR DELEGUE :

Olivier HALPERN
Ingénieur des Ponts et Chaussées

REDACTEURS EN CHEF :

Anne BERNARD GELY
Charles DUPONT
Ingénieurs des Ponts et Chaussées

SECRETAIRE GENERALE DE REDACTION :

Brigitte LEFEBVRE du PREY

ASSISTANTE DE REDACTION :

Eliane de DROUAS

REDACTION - PROMOTION ADMINISTRATION :

28, rue des Saints-Pères
Paris-7^e - 260.25.33

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

ABONNEMENTS :

— France : 245 F (TTC).
— Etranger 245 F (frais de port en sus).
Prix du numéro : 25 F
dont T.V.A. : 4 %

PUBLICITE :

Responsable de la publicité :
H. BRAMI
Société OFERSOP :
8, Bd Montmartre
75009 Paris
Tél. 824.93.39

MAQUETTE : Monique CARALLI

COUVERTURE :

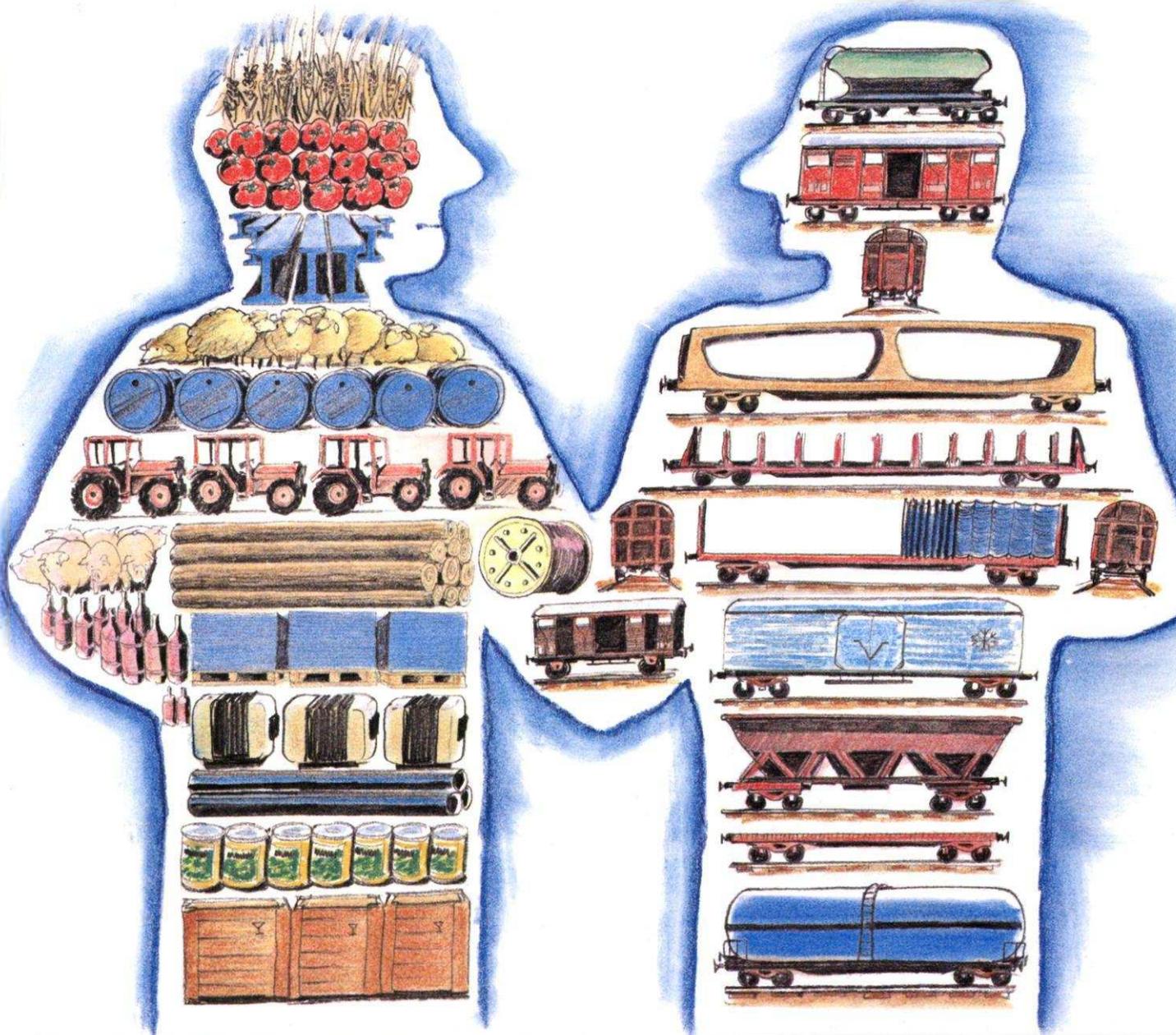
Photos SNCF-RATP

Dépôt légal 2^e trimestre 1984
N° 840310
Commission Paritaire N° 55.306

L'Association Nationale 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.

IMPRIMERIE MODERNE
U.S.H.A.
Aurillac

les moyens de vous satisfaire



SNCF
marchandises

La technique ALSTHOM au service du rail



**ALSTHOM
TRANSPORT**

matériels ferroviaires

ALSTHOM-ATLANTIQUE

une "entité industrielle"
de renommée mondiale

ALSTHOM-ATLANTIQUE

Division matériels de transport ferroviaire
Tour Neptune - Cedex 20 - 92086 Paris-La Défense
Tél. : (1) 778.13.28 - Télex : ALSTR A 611 207 F