

UNE GRANDE VICTOIRE DU BOIS :

LE NOUVEAU MÉTRO

ROULE SUR RAIL EN AZOBÉ

par P. SALLENAVE,

Chef de la Division de Technologie
au C. T. F. T.

SUMMARY

A GOOD SUCCESS FOR TIMBER : NEW PARIS UNDERGROUND RAILWAY ON AZOBE RAILS !

New trains of a revolutionary conception are rolling since the 8th of december 1956 on one of the « Régie Autonome des Transports Parisiens » underground lines. The tyred vehicles are not travelling on steel rails but on wood tracks. Numerous advantages are attached to these trains : speed, light weight, great transport capacity, extremely smooth running, practically noiseless.

Long and minute investigations have been dedicated to rolling surface patterns such as concrete, bituminous carpeting, profiled steel, all of which had to be abandoned, wood alone giving entire satisfaction : wear negligible after 200.000 Km, perfect electric isolation, easily set together or undone and low cost.

The wood employed comes from Cameroon : AZOBE. This species meets all the requirements : ready supply, long and faultless sections, efficient imputrescibility extremely hard and resistant. Furthermore, the use of anti-shake devices together with highly adequate implementation have led to perfect rolling surfaces.

RESUMEN

GRAN ÉXITO DE LA MADERA : EL NUEVO « MÉTRO » PARISIENSE RODA SOBRE RIELES EN AZOBE

La « Régie Autonome des Transports Parisiens » ha puesto en servicio, el 8 diciembre 1956, sobre una de las líneas subterráneas, nuevos trenos de concepcion revolucionaria. Montados sobre neumaticos estos trenos no viajan sobre carriles de acero, pero sobre pistas de madera. Tales trenos presentan numerosos ventajas : velocidad, menos peso, mayor capacidad de transporte, ausencia de traqueteo y eliminacion casi total del ruido.

Estas pistas han sido objeto de estudios de larga duracion y serios : concreto, capas bituminosas, aceros, perfilados han sido abandonados, solo la madera dio entera satisfacion : desgaste casi inexistente despues 200.000 Km, buen aislamiento electrico, montaje y separacion facil y barato.

A tales fines se ha utilizado una madera proveniente del Camerun ; el AZOBE que presenta todas las calidades requeridas : abastecimiento seguro, partes de gran largura sin defecto, imputrescibilidad, sumamente duro y resistente. Merced al uso de anti-hendiduras eficaces y una construccion muy carinosa, las pistas construidas son perfectas.

La Régie Autonome des Transports Parisiens (R. A. T. P.) modernise ses lignes métropolitaines. Depuis le 8 novembre 1956 des trains sur pneumatiques circulent sur la ligne n° 11 « Châtelet-Mairie des Lilas ».

Ce nouveau matériel est ultra-moderne, révolutionnaire même. En effet, depuis la création des premiers « chemins de fer » (lignes Montrond-Montbrizon, et Saint-Etienne-Lyon, en 1837) il n'est venu à l'idée de personne d'utiliser un autre matériau que le fer ou l'acier pour établir la voie de roulement. Même en 1935 lorsque Michelin essaya les premiers autorails roulant sur pneumatiques

(michelines) c'est sur les rails d'acier normaux que reposaient les bandes de roulement de pneus.

Dans les nouvelles voitures, les pneumatiques roulent au contraire sur des « pistes de roulement » (larges de 26,5 cm) où ils s'appuient aisément sur une surface de 470 à 550 cm² en étant gonflés à une pression normale de 9 kg/cm² pour les motrices, et seulement 6,5 kg/cm² pour les remorques. Ces pneumatiques porteurs sont des Michelin Metallic F. 16.

Le roulement sur pneumatiques présente de nombreux avantages :

— Il permet, par l'adhérence du caoutchouc

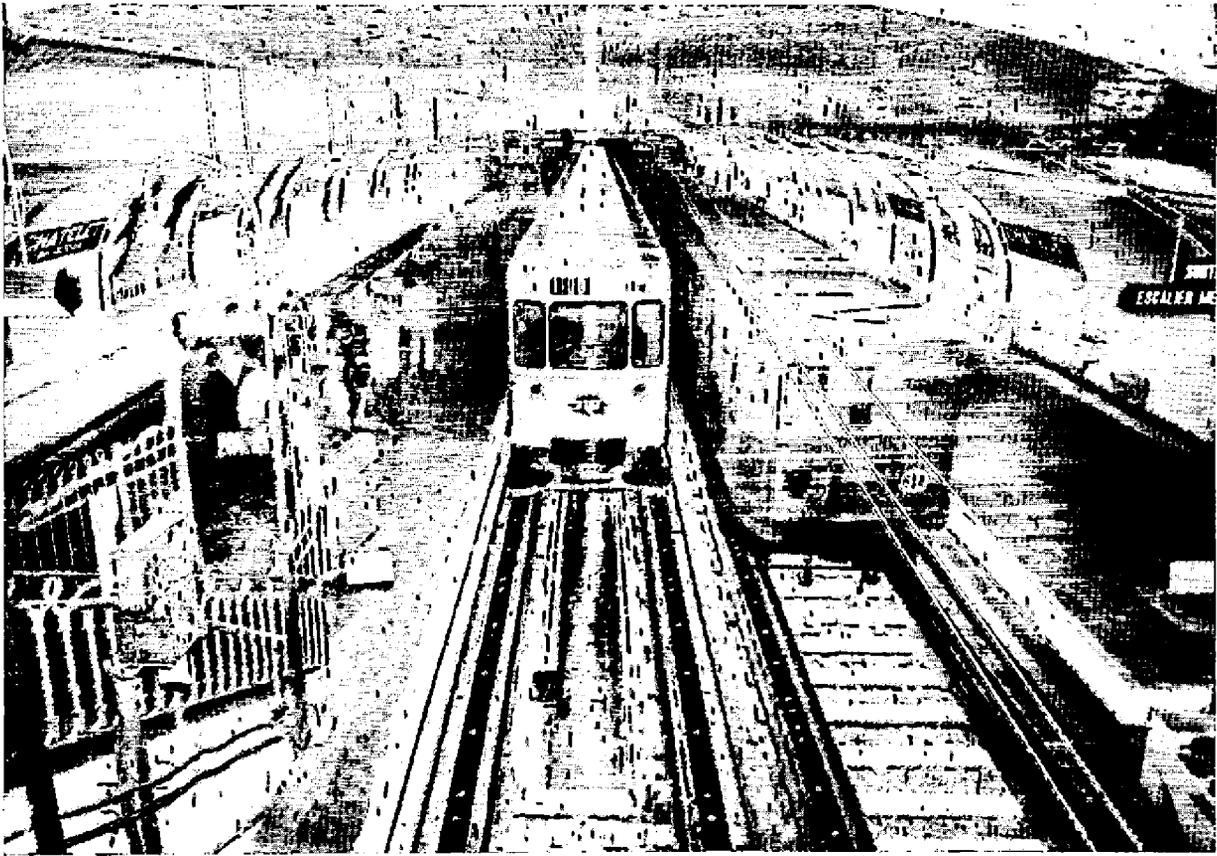


Photo H. A. T. P.

*Une rame du métro sur pneus à la station « Châtelet ».
Chemin de roulement : voie de gauche : pose S,
voie de droite : pose T.*

sur la piste de roulement une augmentation des performances de démarrage et de freinage sans avoir recours à des solutions complexes et coûteuses : moteurs sur tous les essieux, freinage dynamique ou magnétique, etc...

— Il augmente considérablement le confort des voyageurs par une meilleure suspension, douce et sans heurts, et par la suppression presque totale des bruits. Lorsque la rame circule, on ne perçoit que le faible ronflement des moteurs et le bruit de l'air sur la carrosserie. Tous les bruits des roues d'acier sur rails d'acier sont supprimés ... et les ingénieurs qui ont participé à l'étude de ce matériel se sont efforcés de supprimer tous les bruits parasites : bruits d'échappement d'air comprimé (pour les freins et pour les portes), bruits de fermeture des portes, vibrations diverses, etc...

— Il permet de diminuer d'une façon considérable le poids du matériel roulant, dont les organes ne sont plus soumis aux chocs brutaux du roulement métallique sur rails.

Les voitures anciennes pèsent à vide 40 t. envi-

ron (motrice ou remorque) pour une capacité nominale de 110 à 130 voyageurs. Les nouvelles motrices pèsent 22,5 t. (capacité nominale 166 voyageurs) et les nouvelles remorques 15,7 t. seulement (capacité nominale 166 voyageurs). Ainsi, le matériel ancien nécessite 310 à 330 kg de poids mort par voyageur contre 135 kg ou même 95 kg seulement avec le matériel nouveau.

Ces quelques données générales montrent les avantages considérables du nouveau matériel roulant du Métropolitain :

— Investissement relativement bas, puisque le poids de ce matériel est faible ;

— Economie dans l'exploitation, un train sur pneus de quatre voitures en charge normale pesant 130 t. pour 650 voyageurs, un train fer de quatre voitures pesant 210 t. pour 500 voyageurs environ ;

— Augmentation de la capacité de transport par la plus grande capacité des voitures et par une cadence des trains plus rapide ;

— Amélioration considérable du confort par la suppression du bruit et la douceur du roulement.

QUELQUES RENSEIGNEMENTS TECHNIQUES

ROULEMENT ET GUIDAGE

Chaque voiture est portée par deux bogies comportant chacun quatre roues porteuses munies de pneumatiques. Le guidage des bogies est normalement assuré par quatre roues horizontales (3), également munies de pneumatiques, disposées aux angles du bogie et qui prennent appui sur deux barres de guidage parallèles à la voie (4) (voir figure).

A chaque roue porteuse (1) est accolée une roue métallique (5), analogue aux roues des chemins de fer. Cette roue se déplace au-dessus du rail d'acier mais sans le toucher. Elle a un triple rôle. Elle sert de sécurité : en cas de dégonflement du pneu elle repose sur le rail. Elle guide, par son mantonnnet, le bogie dans les appareils de voie, lorsque les barres de guidage sont interrompues. Enfin, c'est sur elle qu'appuient les sabots des

freins (en bois imprégnés d'huile). La jante de cette roue ne portant pratiquement pas sur les rails présente aux freins une surface de frottement parfaite et le freinage est particulièrement doux et régulier.

Dans les voitures motrices, chaque paire de roues est accouplée à un moteur électrique de 90 CV (courant continu de 600 volts) par l'intermédiaire d'un pont différentiel. Une motrice comprend donc quatre moteurs, soit 12 moteurs par train de quatre voitures (trois motrices et une remorque).

AMÉNAGEMENT DES VOITURES

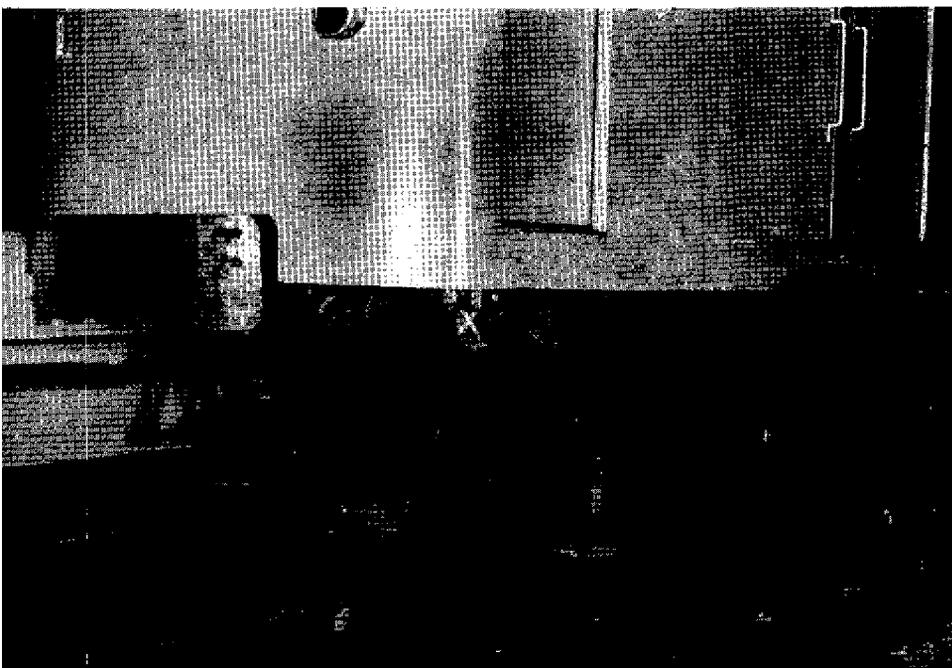
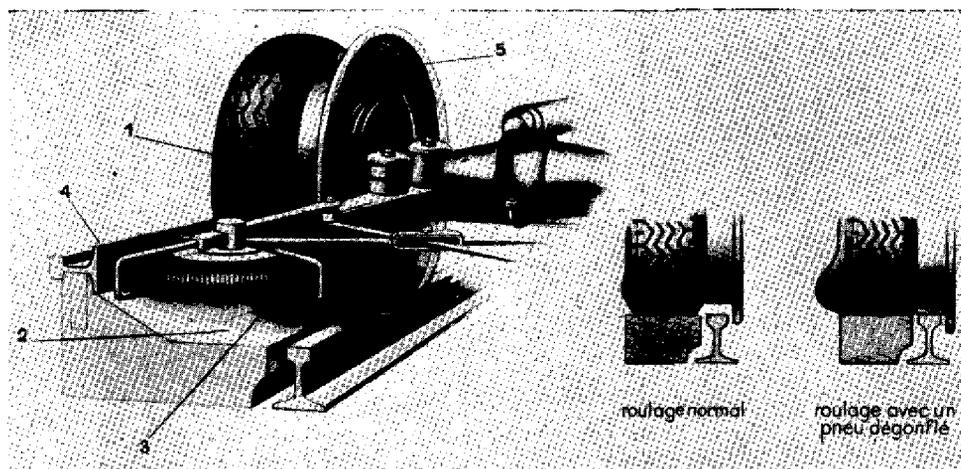
L'aménagement des voitures est particulièrement adapté au trafic urbain du réseau parisien.

Chaque voiture comporte quatre portes de 1 m, 30 de large, plus larges que les portes des voitures anciennes. Ces portes sont équidistantes tout le long du train pour assurer une égale répartition des voyageurs entrant. Leur fermeture est commandée pneumatiquement par le Chef de train, mais leur ouverture est également pneumatique. Lorsque le train arrive en station, dès qu'un voyageur soulève le loqueteau, les deux vantaux s'ouvrent entièrement sans effort pour l'utilisateur : le passage entier est disponible.

Les banquettes sont rembourrées, vertes en 2^e classe, rouges en 1^{re} classe. La ventilation est assurée par des châssis ouvrants et par des lanterneaux munis d'aubes directrices très efficaces.

L'éclairage, bien réparti et assez intense, est assuré par des tubes fluorescents fonctionnant sous courant continu de 600 volts, donnant une lumière blanche très stable.

Enfin, tout l'intérieur est traité en matériaux modernes, sobres, clairs, et conservant un bel aspect



Détail d'un bogie.

malgré leur service intensif. Les portes, subissant des frottements incessants, sont en acier inoxydable nu. Les panneaux sont en matière plastique particulièrement dure.

Les études qui ont abouti à ce matériel, soigné dans ses moindres détails, ont duré plus de 5 ans.

LA VOIE

Mais sur quoi va rouler ce matériel si nouveau ?

La question s'est posée dès 1951, lorsque le premier prototype a été mis en essai sur la petite ligne expérimentale de la navette (Porte-des-Lilas, Pré-Saint-Gervais). Aucune difficulté n'était envisagée. Pour faire rouler ces gros pneus, semblables à de gros pneus de camions, il paraissait naturel de constituer les pistes de roulement comme sont constituées les routes. Les premières pistes furent donc formées de longrines de béton armé, revêtues de diverses compositions bitumineuses. Les résultats furent décevants : le revêtement bitumineux s'écrase très vite. Le gravier est chassé et la piste devient, en quelques milliers de kilomètres, très irrégulière. Le béton nu est plus résistant, mais sa mise en œuvre est assez difficile, et les réparations en voie sont presque impossibles à réaliser en 4 heures de travail de nuit. De plus, le béton paraît user assez vite le pneumatique. Le fer fut alors essayé sous forme de fer profilé (fer I) à ailes très larges (26 cm). La surface de roulement était excellente. Mais les ingénieurs électriciens responsables de la ligne se sont opposés à des pistes de roulement conductrices situées très près du rail électrique. Il y avait trop de danger pour les ouvriers travaillant sur la voie, et le chemin de roulement métallique a dû être éliminé. On a alors essayé, avec sans doute une certaine incrédulité, des pistes de roulement en bois de chêne. Contre toute attente, ce matériau s'est révélé excellent. Pas d'usure appréciable au bout de 150.000 km, bonne isolation électrique et pas de risques pour les ouvriers, facilité de mise en œuvre, facilité de réparation. Mais il est à peu près impossible de trouver des pièces de chêne d'assez fort équarrissage (26 cm, 5 x 15 cm, 5) longues et sans défauts. Les longrines de chêne qui ont constitué les premières pistes présentent toutes des défauts graves : fentes importantes, gros nœuds, flaches d'aubier.

Devant la difficulté de trouver un matériau parfait pour ces pistes de roulement, un matériau digne du matériel roulant, les ingénieurs de la R. A. T. P. ont pensé vers juin 1954 seulement



Photo R. A. T. P.

*Chemin de roulement en Azobé posé sur traverse en chêne (Pose T)
ligne expérimentale de la navette.
Entre les rails la greeque assurant la conduite automatique des rames.*

(lorsque la construction de la ligne 11 était presque décidée) aux bois tropicaux et se sont adressés au Centre Technique Forestier Tropical. Le problème était bien posé. Il fallait un bois aussi dur et résistant que possible, d'excellente conservation naturelle (l'emploi de produit de préservation est interdit dans les galeries du métro), pouvant se trouver en grande longueur et en assez fort équarrissage, nets de défaut, assez abondant et régulièrement exploité pour pouvoir être livré à dates fixes afin d'alimenter des ateliers travaillant à la chaîne.

L'Azobé a paru remplir toutes ces qualités. Il est abondant en forêt et très régulièrement exploité au Cameroun par quelques puissantes scieries.

Ses qualités mécaniques sont excellentes, sa dureté, sa résistance en flexion sont très supérieures à celles des bois durs européens. Il est très homogène et on peut être assuré que son usure sera inférieure à celle du chêne.

Il est de plus naturellement imputrescible et inattaquable aux insectes. Son odeur, assez sensible à l'atelier, est peu persistante et n'est pas perceptible dans les galeries du métro.

Enfin il peut être livré en pièces d'assez grande longueur, sans défaut.

Nous avons donc conseillé à la R. A. T. P. de choisir ce bois.

Les premiers essais eurent lieu en décembre 1954. Ils furent presque catastrophiques. La R. A. T. P., dans sa hâte d'essayer ce nouveau bois, a pris les longrines au tombé de la scie, toutes gorgées de leur eau et les a stockées dans son atelier très chauffé de la Villette. En quelques jours, les longrines d'Azobé se sont fortement gercées : des fentes assez

importantes se sont même ouvertes. Devant ce résultat malheureux la R. A. T. P. a failli renoncer au bois. Il a fallu toute l'action convaincante des ingénieurs du C. T. F. T. pour démontrer aux ingénieurs du métro que les accidents observés provenaient uniquement d'un mauvais traitement du bois et que, par une bonne mise en œuvre, l'Azobé donnerait des pistes de roulement parfaites, absolument planes, sans fentes, sans défauts.

Enfin, en juillet 1955, l'Azobé fut adopté pour équiper toute la ligne n° 11.

Les premières fournitures sont arrivées aux ate-

liers de la Villette en janvier 1956 et en juillet 1956 les 1.500 m³ de bois nécessaires étaient livrés.

Les bois, débités aux dimensions d'utilisation au Cameroun, avaient déjà été sélectionnés au départ. Aussi, les pièces livrées à la Villette n'ont-elles donné lieu à aucune réfection. Transportées par cargos de Douala au Havre, par chalands du Havre à la Villette, déchargées et stockées à l'entrée de l'atelier d'usinage par des moyens mécaniques (grues, camions), ces pièces de premier choix reviennent au lieu d'utilisation à un prix inférieur à celui de pièces de chêne de qualité équivalente.

USINAGE DES LONGRINES

Les bois, à leur arrivée aux locaux de la R. A. T. P. à la Villette, ont été stockés à l'entrée des nouveaux ateliers créés pour leur usinage. Une puissante grue sur rail classait les longrines par catégories de longueurs et les empilait jusqu'à 6 m de haut. Toutes les expositions Sud des piles étaient protégées de la chaleur du soleil par pulvérisation d'un anti-fente.

Dans l'atelier, les longrines subissaient les usinages suivants :

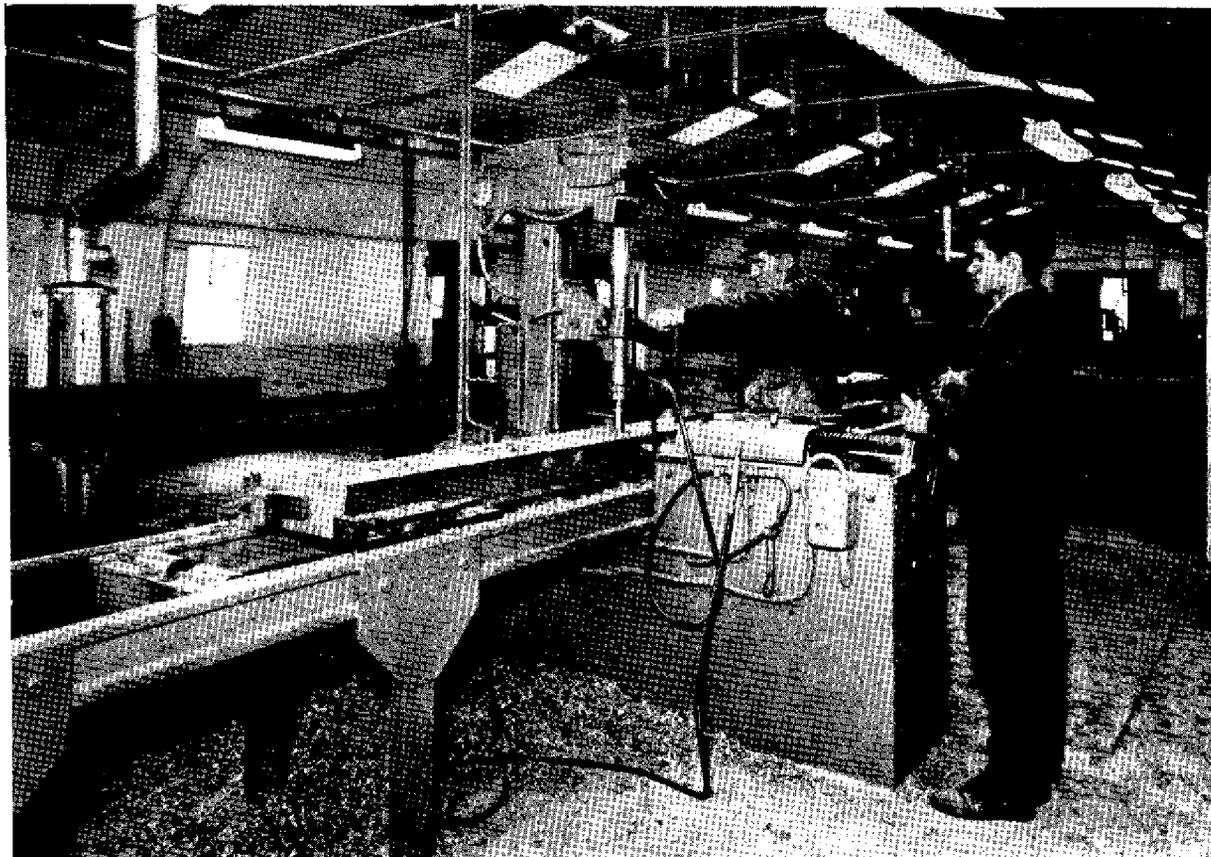
a) mise en épaisseur à 146 mm par une surfaceuse usinant les deux faces de la pièce en une seule passe. Les couteaux à mises de carbure de tungstène sont portés par deux plateaux circulaires. Les pièces d'Azobé passent entre ces plateaux et sont centrées automatiquement par un pentographe manœuvré à l'air comprimé.

b) Marquage à chaud du type des longrines.

c) Tronçonnage à longueur exacte (au millimètre près).

Usinage de pièces de roulement en Azobé, perçage.

Photo R. A. T. P.



d) Perçage à l'aide de forets à mise de carbure de tungstène.

L'ensemble de ces usinages dure environ 6 minutes, l'opération de perçage étant la plus longue, certaines pièces devant être percées de douze trous, huit verticaux et quatre horizontaux. D'une machine à l'autre, les pièces d'Azobé circulent sur des tables à rouleaux sans effort de la part des ouvriers.

À la sortie de cet atelier, les longrines arrivent à un local bien ventilé où elles sont entièrement recouvertes par pulvérisation au pistolet d'un produit antifente choisi après essai sérieux pour son efficacité.

Puis elles sont stockées en attendant la mise en place dans les tunnels. En fait, pendant la construction de la ligne n° 11, jamais les longrines usinées

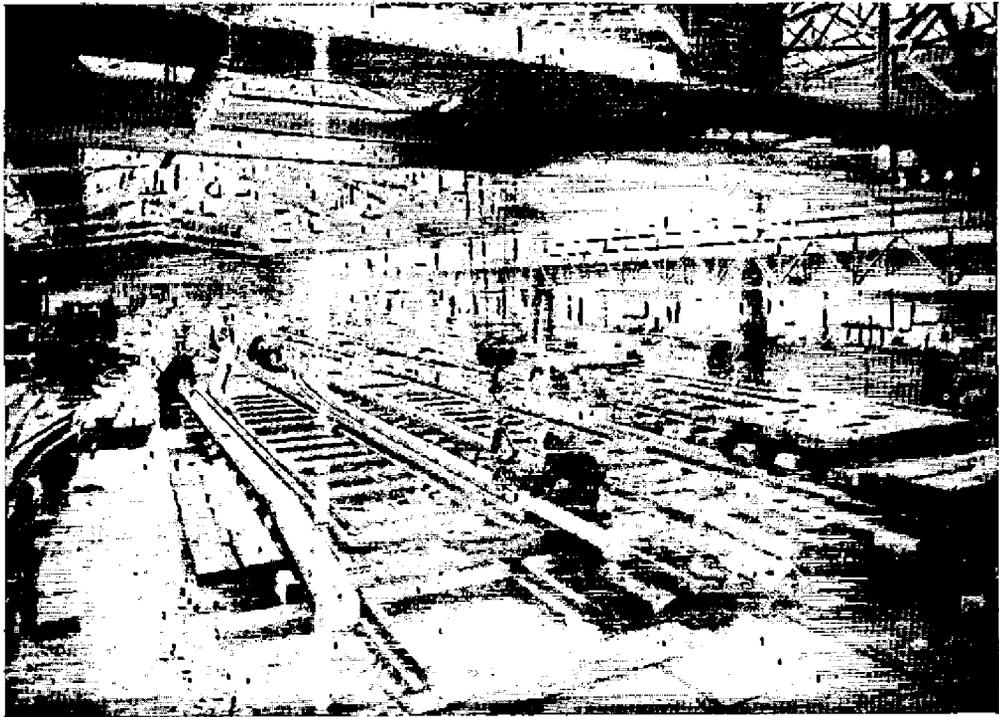


Photo R. A. T. P.

Construction d'un appareil de voie aux ateliers de la R. A. T. P.

n'ont été stockées plus de trois jours, une synchronisation parfaite existant entre l'atelier et les travaux en tunnels.

MODE DE POSE EN TUNNELS

La ligne n° 11 est considérée par la R. A. T. P. comme une ligne expérimentale. Aussi, l'Azobé ayant été adopté comme matériau de roulement pour toute la ligne, quatre modes de pose sont-ils essayés.

Dans la pose T, les longrines sont fortement boulonnées sur des traverses classiques qui ont été usinées pour offrir un appui parfait aux pièces de roulement. Afin de renforcer la voie, les traverses ont été resserrées à 0 m, 60 d'axe en axe. Le ballast est conservé et énergiquement bourré sous les traverses. La réunion en bout de deux longrines successives se fait par un large fer en U reposant sur deux traverses.

Dans la pose D, des dés en béton sont scellés au radier du tunnel et affleurent la surface du ballast. Les pièces de roulement et les rails classiques sont boulonnés sur ces dés. Des traverses de bois sont cependant conservées pour maintenir l'écartement des rails. Ce type de pose nécessitant l'enlèvement de tout le ballast, puis sa remise en place dans les quelques heures de travail de nuit, est d'une mise en œuvre très pénible.

Dans la pose I, les traverses et le ballast sont

conservés, mais ce dernier est solidifié par injection de béton sous pression. Après prise, tous les cailloux du ballast ne forment plus qu'un bloc de béton. Sur ce bloc, de petits dés de béton sont coulés, entre les traverses, pour recevoir les longrines de roulement. Cette méthode interdit le travail en série pour l'usinage des pièces de roulement, l'espacement des trous de fixation étant variable d'une pièce à l'autre. De plus, elle risque de former dans la galerie des barrages qui empêcheront l'écoulement libre de l'eau. Elle ne paraît pas devoir être retenue.

Enfin, dans la pose en station, le ballast est définitivement enlevé et rails et pièces de roulement sont soutenus par de petites murettes en béton.

Ces diverses poses sont comparées entre elles au point de vue stabilité de la voie en vue de choisir celle qui sera adoptée pour la construction des lignes futures (ligne n° 1 et ligne n° 4).

Jusqu'ici, les divers enregistrements de vibrations qui ont été faits montrent que la voie est partout très stable. On n'a pu encore déceler la supériorité d'une pose sur les autres. La pose T (sur traverses

Azobé) est toutefois beaucoup plus facile à mettre en œuvre et beaucoup plus économique que les deux autres.

Depuis le 8 novembre 1956, des rames du métro sur pneus circulent sur la ligne n° 11.

Bien des mises au point de détail et des améliorations sont encore à faire, tant dans le matériel roulant (amélioration des accélérations, étude de la conduite automatique) que dans la voie (choix du type de pose). Mais la piste en bois — en Azobé — ne paraît plus discutée. Elle sera adoptée, pour les lignes souterraines futures, tant pour les voies de trafic que pour les voies de garage.

Par ses qualités, que tous ont dû reconnaître, le bois a triomphé de ses puissants concurrents, le béton et le fer.

Cette victoire n'a pu être acquise que par une collaboration complète entre les fournisseurs, qui ont compris la nécessité de ne livrer que des pièces de premier choix, les utilisateurs et les techniciens du bois qui n'ont rien négligé pour que l'usinage et la mise en œuvre soient parfaits.

Il serait souhaitable que dans les divers emplois des bois une telle collaboration soit fréquente. Le bois alors montrerait toutes ses qualités, souvent supérieures à celles des matériaux concurrents.

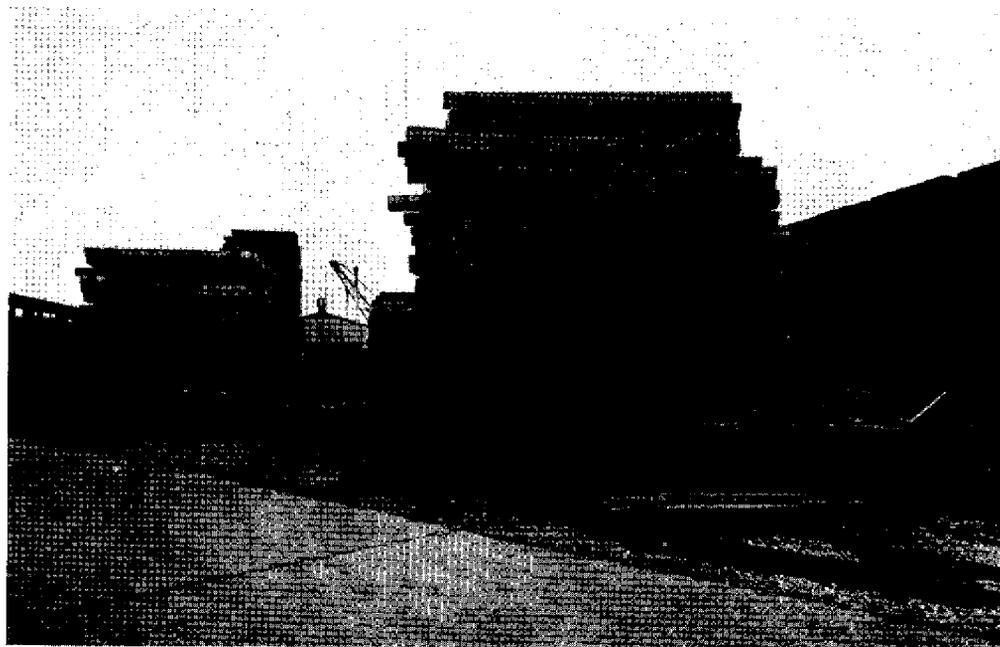


Photo R. A. T. P.

Stockage des pièces de roulement à l'entrée de l'atelier d'usinage.

