

La construction du métro de la Communauté urbaine de Lille

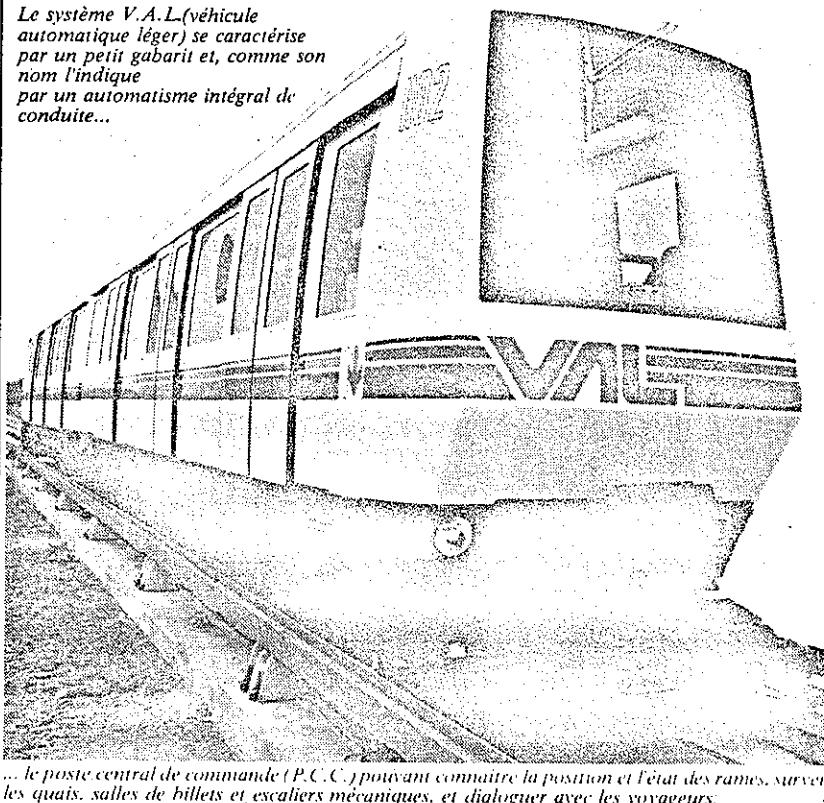
2133

Un métro « compact », d'un automatisme intégral, dont la mise en service est prévue pour 1983

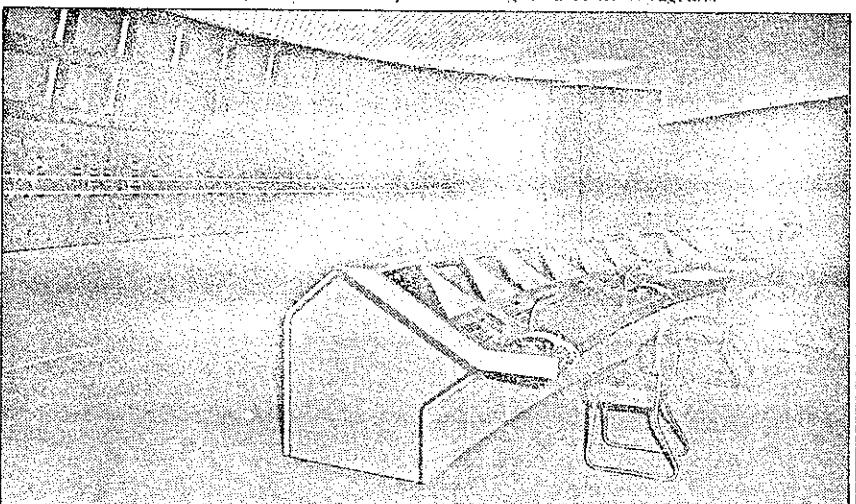
En 1983, la Communauté urbaine de Lille mettra en service un métro automatique dont la caractéristique principale est qu'il aura été totalement conçu de façon à être parfaitement adapté à ses besoins. La ligne n° 1 du métro est l'un des principaux équipements qui permettront à notre agglomération d'affirmer pleinement son rôle de métropole européenne. La ligne n° 1 constitue la première phase de la réalisation d'un réseau métropolitain de quatre lignes s'intégrant dans un plan global de transport intéressant l'ensemble de l'agglomération. Dès maintenant, l'opération métro a un effet bénéfique extrêmement sensible dans la conjoncture actuelle pour les nombreuses entreprises régionales et nationales qui travaillent à l'industrialisation du système et à la construction des ouvrages. En ce début d'année 1980, je forme des vœux pour que ce métro automatique français à la pointe du progrès technologique, soit adopté par d'autres agglomérations étrangères, ce qui permettra à la France de disposer d'un vecteur supplémentaire pour l'exportation de son ingénierie et de son génie civil.

Arthur NOTEBART
Député, maire de Lomme
Président de la Communauté urbaine de Lille

Le système V.A.L.(véhicule automatique léger) se caractérise par un petit gabarit et, comme son nom l'indique par un automatisme intégral de conduite...



... le poste central de commande (P.C.C.) pouvant connaître la position et l'état des rames, surveiller les quais, salles de billets et escaliers mécaniques, et dialoguer avec les voyageurs.



par Bernard GUILLEMINOT

Ingénieur des Ponts et Chaussées
Directeur de la voirie et des transports urbains
à la Communauté urbaine de Lille

Quatrième agglomération française, la Communauté urbaine de Lille (C.U.D.L.) regroupe 86 communes dont les trois plus importantes sont Lille, Roubaix et Tourcoing. Cet établissement public, dont le territoire compte plus de 60 000 hectares et plus de 1 100 000 habitants, s'est attaché, dès sa création en 1967, à affirmer sa vocation d'aménageur par l'étude de son schéma directeur d'aménagement et d'urbanisme (S.D.A.U.). Le S.D.A.U. a pour ambition de définir les orientations à long terme (horizon 2010) de la croissance de l'agglomération ainsi que la localisation de l'habitat, des activités et des équipements correspondants.

Les origines du projet

Les transports ont été un des principaux volets de cette étude de S.D.A.U. L'examen des différents scénarios envisagés a montré la nécessité, à l'horizon 2010, de développer considérablement les transports collectifs ; en effet, dans l'hypothèse d'une stagnation des transports en commun, et indépendamment de toute considération sociale sur le niveau de transport public à offrir, l'intégration au tissu urbain des autoroutes et parcs de stationnement rendus nécessaires par la croissance de la motorisation des ménages et par l'augmentation prévue de la mobilité de la population s'est avérée inacceptable.

C'est pourquoi le S.D.A.U. de la Communauté urbaine a pris résolument parti, dès 1970, en faveur d'un développement intense des transports collectifs, prévoyant, d'une part, une utilisation plus grande des moyens déjà existants (bus, tramways, trains de banlieue), d'autre part, la création d'un nouveau réseau de transport collectif en site propre (T.C.S.P.).

La crise de l'énergie survenue depuis l'adoption de ces orientations n'a fait qu'en confirmer le bien-fondé.

Dans le cadre de ce schéma général a été étudiée en priorité la nouvelle ligne de transport collectif destinée à relier Lille à la ville nouvelle en cours de construction à quelques kilomètres à l'est, cette nouvelle ligne devant également desservir la banlieue traversée. Une recherche approfondie a été menée pour définir avec précision quel système de transport collectif était le mieux adapté à cette liaison.

Le point de départ de cette recherche a été la volonté politique de développer le transport collectif, et donc d'offrir aux usagers un système attractif par rapport à la voiture individuelle. Le principe de base a donc été de définir un mode de transport collectif offrant un temps de transport de porte à porte le plus compétitif possible par rapport à l'automobile, et ce, tout au long de la journée. Il fallait par conséquent un système doté d'une excellente vitesse commerciale, même aux heures de pointe, et gardant une bonne fréquence en heure creuse.

Les études d'attractivité ayant montré qu'une vitesse commerciale supérieure à 30 km/h était

souhaitable, il convenait de s'orienter vers le site propre. Compte tenu des trafics modérés à écouter (6 000 personnes par heure et par sens à l'heure de pointe à l'horizon 1985, 15 000 à long terme), les fortes fréquences souhaitées conduisaient à un véhicule à gabarit réduit. Seul l'automatisme intégral permettait de justifier économiquement de tels véhicules. Une étude sur ordinateur, intégrant l'ensemble des paramètres en cause, a permis de définir le système économiquement le mieux adapté au problème posé : système en site propre, à gabarit réduit, à fréquence d'une minute en heure de pointe. Un cahier des charges a été établi et un concours lancé auprès d'entreprises en vue de la réalisation du système défini. Un groupement d'industriels (1) a été déclaré lauréat en 1971 et a développé le système appelé V.A.L.

Deux prototypes ont été construits et ont effectué l'un et l'autre plus de 30 000 km sur un polygone d'essai en 1973-74. Ces essais étant concluants, la Communauté urbaine a décidé, en 1974, que le matériel V.A.L. équipera son futur réseau de transports en commun en site propre constitué de 4 lignes ; la ligne n° 1 prioritaire devrait relier Lille à la ville nouvelle de Lille-Est.

Le système V.A.L.

Le système V.A.L. (véhicule automatique léger) se caractérise par un petit gabarit à la fois en largeur (2,06 m) et en hauteur (3,25 m). La largeur mérite d'être située par rapport aux différents véhicules de transport public existants : 3,17 m hors tout pour le gabarit ferroviaire ; 2,90 m pour le métro de Lyon ; 2,60 m pour le métro de Marseille ; 2,45 m pour le métro de Paris.

Un métro « compact »

Les 2,06 m du V.A.L. sont le résultat d'études conduites dans le souci d'augmenter le pourcentage de places assises offertes (55 p. 100 par rapport aux solutions classiques). La hauteur du véhicule a été réduite autant que le permettait la prise en considération de la taille d'un homme debout (hauteur sous plafond de 2,04 m) et celle du roulement (environ 90 cm). En ajoutant l'épaisseur du plancher et celle du plafond, on obtient les 3,25 m.

Les rames du métro de Lille, composées d'un élément de deux voitures (scindable uniquement en atelier) ont 26 m de long et pèsent 28,5 t sans passagers. Elles ont une capacité de 124 places en charge normale (4 personnes debout par m²) et de 208 en charge exceptionnelle. Elles sont montées sur essieu à roulement sur pneu : l'essieu permet une économie de poids importante par rapport au bogie, et le pneu offre de nombreux avantages par rapport au roulement fer dans le domaine du silence, de l'absence de vibrations et des performances (accélération, freinage, franchissement de fortes rampes).

Avec une fréquence de passage d'une minute, ces rames de 26 m permettent de transporter 7 500 personnes par sens à l'heure de pointe. L'accouplement de deux rames permettra de constituer des trains de 52 m de long écouvant à long terme

15 000 personnes par heure et par sens. La vitesse commerciale sera proche de 35 km/h, la vitesse maximale des rames étant de 80 km/h.

La réalisation de la ligne n° 1 du métro de Lille nécessite la fabrication de 38 rames.

Un automatisme intégral

Le pilotage de ces rames sera entièrement automatique : il n'y aura pas de conducteur à bord. En fait, l'automatisme intégral ne pose pas de problème vraiment nouveau. En effet, sur un grand nombre de métros et de chemins de fer, la plupart des fonctions de sécurité sont déjà réalisées par des automatismes. La seule fonction nouvelle sur le métro de Lille est relative au départ des trains en station, qui sont classiquement contrôlés par le conducteur de la rame.

Pour le V.A.L., ce problème est résolu par l'installation de portes palières sur les quais des stations, qui ne s'ouvrent que lorsque la rame est arrêtée derrière. Ce système d'ascenseur horizontal améliore la sécurité par rapport aux systèmes classiques, puisqu'il élimine les chutes accidentelles d'usagers sur la voie. Le véhicule ne peut quitter la station que lorsque toutes les portes (palières et des voitures) sont fermées, ce qui garantit la sécurité des départs.

Les principales fonctions assurées par le pilotage automatique sont : la conduite des rames suivant le programme de vitesse de la ligne, les sécurités anticollision et la régulation de trafic.

La voie est découpée en cantons fixes regroupés en tronçons.

Le contrôle de la vitesse des véhicules est assuré par la détection des croisements équi-temps d'une ligne de transmission bifilaire posée sur le sol. L'écart entre ces croisements représente le programme de vitesse. Il y a deux lignes de transmission sur la voie, l'une correspondant à la marche normale, l'autre au programme d'arrêt en fin de canton.

La sécurité anticollision est assurée par le découpage en cantons fixes : la détection des trains est assurée par des balises à ultra-sons situées aux entrées et sorties de tronçons et par des boucles de transmission situées dans chaque canton. Cette détection active sur chaque canton l'une ou l'autre ligne de transmission selon l'occupation du canton aval.

La sécurité antisurveillance est assurée par une logique à bord des véhicules qui vérifie que le temps de parcours entre deux croisements de la ligne de transmission est toujours supérieur à un certain seuil.

La régulation de trafic est assurée par la détection de plots passifs situés sur la voie, matérialisant l'horaire de marche théorique par leur répartition équi-temps. La comparaison de cette détection avec les signaux émis par l'horloge centrale permet à chaque train de connaître sa position par rapport à la marche idéale, et donc de déterminer son allure en conséquence.

Sur le plan théorique, ce système de plots passifs, propre au système V.A.L., apte à réaliser un cantonnement temporel, serait suffisant pour assurer la quasi-totalité des fonctions de sécurité.

(1) Groupement piloté par la S.A. Matra.

34 TRANSPORTS

à condition de n'admettre aucun retard important entre véhicules et de retarder l'horloge centrale dès qu'un véhicule prend un retard supérieur à un seuil minimum. En fait, ce système de cantonnement temporel, qui a fait l'objet d'un dépôt de brevet, a été complété par les systèmes décrits ci-dessus pour offrir une plus grande souplesse d'exploitation.

Un poste central de commande (P.C.C.) situé sur le terrain du garage-atelier regroupe l'ensemble des télémètres et des télécommandes : dans ce poste central, la position et l'état des rames sont connus à tout moment ; de même, des récepteurs de télévision permettent d'observer les quais, les salles de billets et les escaliers mécaniques de toutes les stations : les voyageurs peuvent appeler le P.C.C. par interphone, depuis les stations ou les rames. Il convient de noter que le P.C.C. peut écouter à tout moment ce qui se passe dans les rames de son choix.

Au total, l'automatisme intégral permet de réduire de 60 p. 100 le personnel d'exploitation et de 30 p. 100 les coûts d'exploitation par rapport à un système classique.

La ligne n° 1 : 12,6 km en viaduc, tranchée et tunnel

Le métro de la Communauté urbaine de Lille prend son origine au garage-atelier, près du lieu-dit « Quatre Cantons » au sud de la commune de Villeneuve-d'Ascq sur laquelle est implantée la ville nouvelle.

Construit sur un terrain de 12 ha pour permettre son extension future et un doublement de capacité, le garage-atelier comporte 10 000 m² de plancher. La ligne n° 1 se développe sur 12,6 km en viaduc, tranchée et tunnel ; grâce à son petit gabarit, le « métro compact » permet de gagner en hauteur et en largeur dans la réalisation des ouvrages souterrains et en largeur sur les viaducs, ce qui diminue le coût du premier investissement.

Une comparaison conduite avec l'aide de la R.A.T.P. entre le métro à gabarit moyen comme

le métro urbain de Paris (MP 73) et le métro de type V.A.L. a permis de conclure à une économie de 15 p. 100 environ sur les coûts d'investissement, en faveur du V.A.L.

La ligne n° 1 compte 17 stations, chacune d'elles faisant 52 m de longueur dont 26 équipés en première phase, le gros œuvre étant réalisé dès maintenant à 52 m en vue du passage des rames de un à deux éléments dans le futur.

Les stations de la ligne n° 1 sont très mécanisées, on y trouve des escaliers mécaniques à la montée dès que la différence entre deux niveaux dépasse 4 m et à la descente dès que cette dénivellation dépasse 6 m.

Par ailleurs, la Communauté urbaine a obtenu du ministère des Transports une subvention pour l'installation d'ascenseurs permettant de rendre le métro de Lille accessible aux personnes à mobilité réduite, ce qui fera de ce réseau un des premiers métros au monde et le premier métro en France accessible aux handicapés physiques en fauteuil roulant, mères de famille avec landau, etc. Le métro de Lille présente pour résoudre ce problème des opportunités intéressantes : les voitures et les quais sont au même niveau, la distance quai-véhicules est réduite, le bord des quais est protégé par un écran de portes palier.

Le site : d'importantes contraintes géologiques

Les différents secteurs traversés par la ligne entraînent une grande diversité dans le profil en long. Aux extrémités, les ouvrages sont en viaduc et en tranchée ouverte. Au contraire, l'occupation du sol et du sous-sol du centre-ville de Lille nécessite là le passage en tréfonds, sous les voiries et sous les immeubles. La traversée de la banlieue est de Lille se fait en tranchée couverte sous l'ancienne route nationale reliant Lille à Bruxelles, actuel C.D. 941. Au total, la ligne compte environ 2 km de viaduc, 5 km de tunnel, 4 km de tranchée couverte et près de 2 km de tranchée ouverte à faible profondeur.

L'établissement du profil en long des 5 km de tunnel à construire sous le centre de Lille a fait l'objet d'études particulières :

Lille est bâtie sur la craie recouverte de quelques mètres de limons au sud, et d'alluvions généralement siltueuses de la rivière Deûle au nord. Le tout est surmonté de 2 à 5 m de remblais hétérogènes.

Cette craie se présente de haut en bas sous trois aspects :

- la craie blanche du sénonien, d'une épaisseur de 10 à 15 m, altérée en granules à la partie supérieure, fissurée et fracturée au milieu, devenant plus massive à sa partie inférieure ;
- le tun, d'une épaisseur de 70 cm à 1 m, constitué par la « meule », craie très dure dont les pores ont été remplis par de la calcite recristallisée ;
- la craie grise du turonien supérieur, d'une dizaine de mètres d'épaisseur ; le passage de cette craie grise aux marnes bleues sous-jacentes se fait de façon progressive.

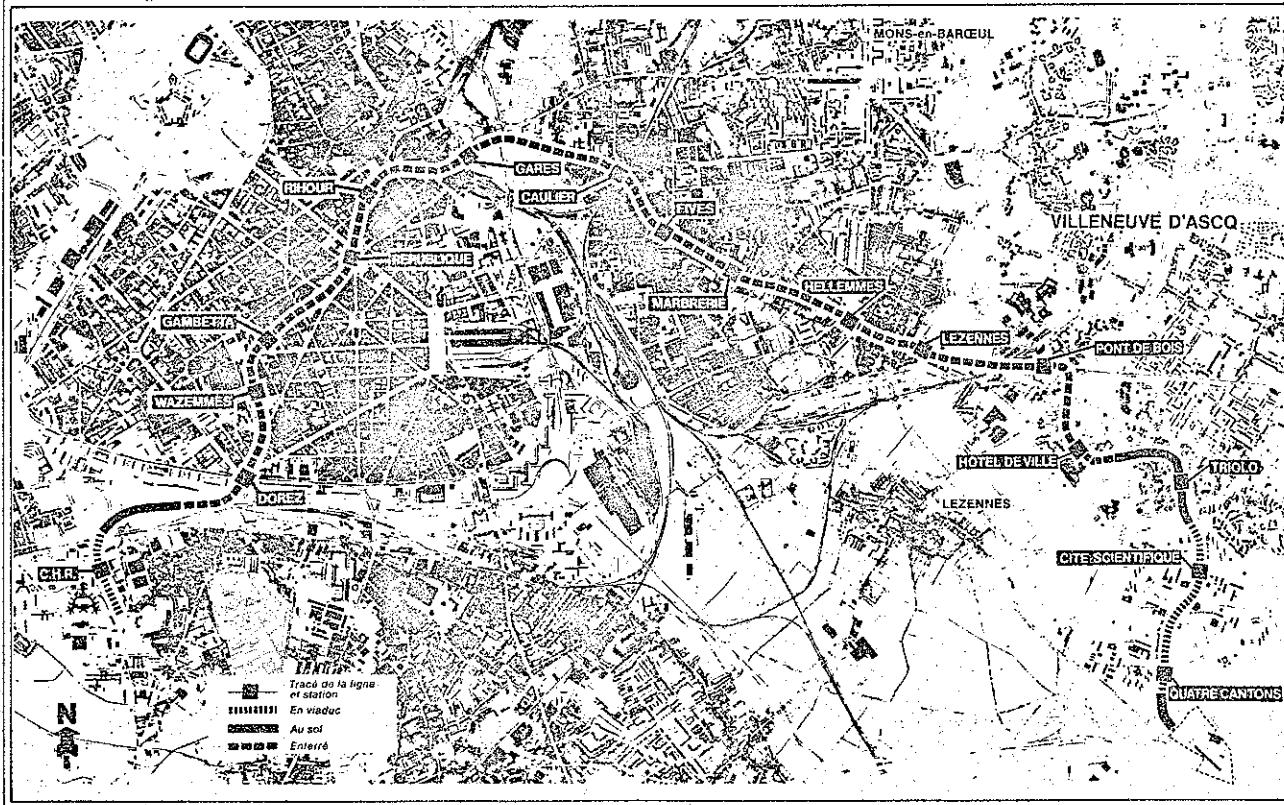
D'un point de vue hydrogéologique, la craie baigne dans une nappe extrêmement puissante, susceptible de monter à certains endroits jusqu'à moins de 2 m sous la surface du sol.

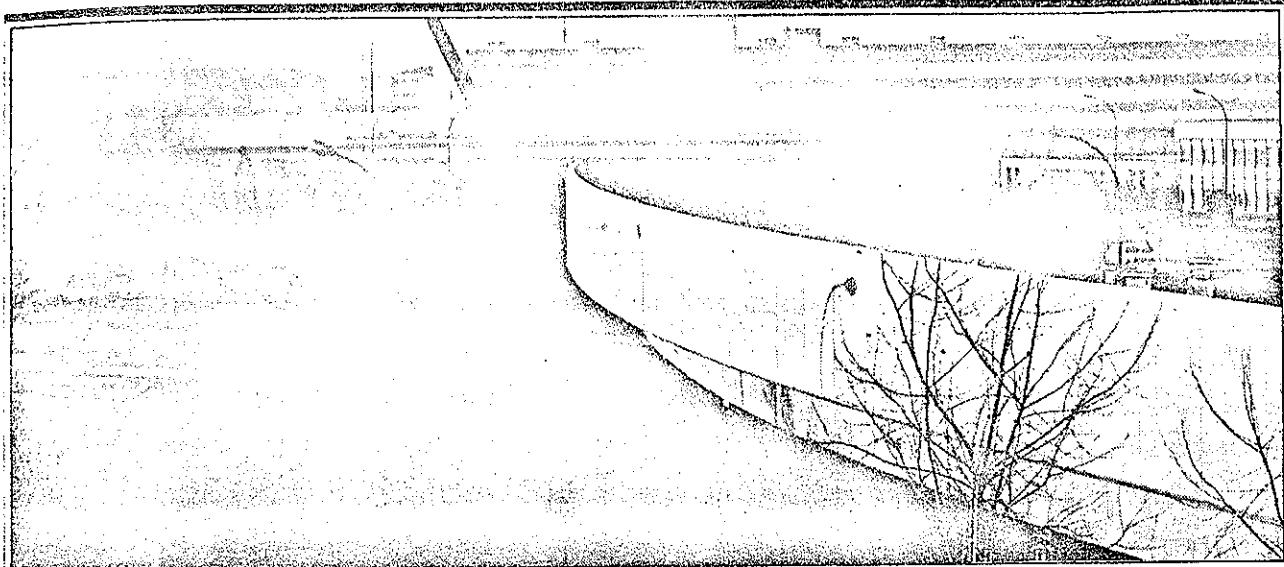
La craie blanche en granule est très plastique, donc dangereuse. La craie blanche en blocs offre une meilleure tenue, mais a une fissuration entraînant des débits d'échouage de plusieurs dizaines de m³ / heure par m² de surface ouverte.

Les terrains situés sous le tun offrent des caractéristiques plus satisfaisantes du point de vue des travaux souterrains, mais sont à des profondeurs de plus de 25 m dans le centre de Lille. Compte tenu des caractéristiques géologiques résumées ci-dessus, les 5 km de tunnel à réaliser en tréfonds sous le centre de Lille auraient dû se situer le plus bas possible, en tout cas sous le tun, pour que les travaux soient exécutés dans les conditions les plus favorables.

En fait, la nécessité, du point de vue de l'exploitation, de ne pas implanter trop profondément les quais oblige à adopter un profil en long se déroulant en chaînette, les stations étant en point haut, et le tunnel plongeant au maximum entre les sta-

Le tracé de la ligne n° 1 du métro de Lille, longue de 12,6 km.





Le viaduc dans la Cité scientifique a fait l'objet de recherches particulières portant sur l'esthétique et la protection de l'environnement.

tions, pour se rapprocher du tun et des couches géologiques de bonne qualité.

Ce profil en long s'accompagne d'une économie au niveau de la consommation d'énergie puisque les rames accélèrent en descendant et freinent en montant.

Le viaduc dans la Cité scientifique

Le viaduc qui traverse la Cité scientifique, située juste au nord du garage-atelier, a fait l'objet d'un concours.

Des recherches particulières ont porté sur l'esthétique du projet et sur la protection de l'environnement (bruit, vibrations, perturbations électromagnétiques...) compte tenu de la proximité des laboratoires de l'Université. Des échantillons, grandeur nature, de bandeaux et de piles ont été réalisés avant le choix définitif des formes et des matériaux.

Le projet retenu se caractérise par l'opposition des teintes entre le béton clair des bandeaux et le béton très sombre des piles. Celles-ci présentent un traitement antigraffiti par cannelures. L'ouvrage est constitué d'éléments indépendants de 110 à 170 m, chacun de ces viaducs comportant de quatre à six travées. Il est fondé sur le toit de la craie blanche rocheuse au moyen de semelles sur pieux de 11 m en moyenne. La hauteur moyenne des piles est de 4,50 m, les gabarits routiers étant préservés au-dessus des voiries. L'ossature porteuse du tablier est constituée par une structure caisson creuse en béton précontraint présentant une largeur utile de 6,70 m.

Dans les zones courbes, le tablier est incliné suivant le dévers théorique calculé. Les équipements de plate-forme, étant ancrés directement sur le tablier du viaduc, imposent une implantation très rigoureuse de l'ouvrage. Les éléments de viaduc sont exécutés travée par travée sur échafaudage complet en place, compte tenu de la hauteur relativement faible de l'ensemble de l'ouvrage au-dessus du sol. Ils sont bétonnés en deux phases successives :

- coulage du hourdis inférieur et de l'amorce des âmes ;
- coulage des âmes et du hourdis supérieur.

La tranchée ouverte dans le quartier du Triolo

Le quartier du Triolo est l'un des premiers de la ville nouvelle à avoir été urbanisé ; les ouvrages du métro y sont en tranchée ouverte de très faible profondeur. La ligne emprunte une ancienne rue

en partie reconstruite à proximité tandis que les circulations transversales des piétons et véhicules sont maintenues à l'aide de ponts. L'ouvrage est constitué par un U en béton de 6,10 m de large en alignement droit à 6,55 m en courbe et de 2,20 m de haut, des clôtures de protection sont installées en bordure du domaine métro.

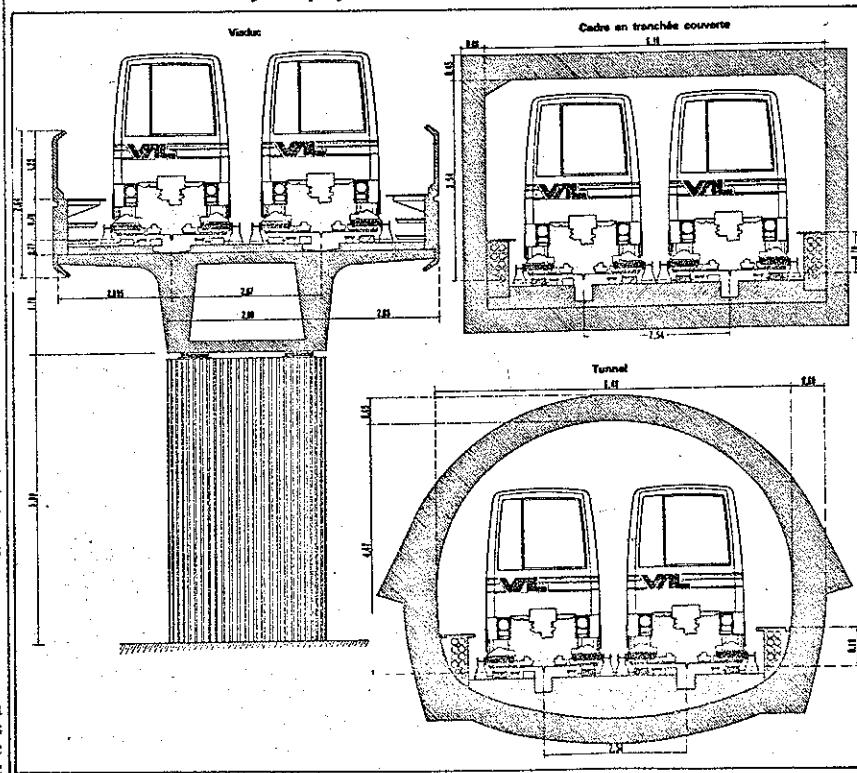
L'ouvrage serpente ainsi au milieu d'une zone d'une douzaine de mètres de large en moyenne plantée d'arbres et d'arbustes. La ligne passant en sortie de la station Triolo entre des immeubles de trois et six étages, une protection phonique est assurée par des glaces sur une cinquantaine de mètres.

En extrémité de ce lot 1 c, la ligne passe entre un immeuble de bureaux et des H.L.M. dans un

couloir restreint. On a adopté là une solution originale. Pendant 80 m, le métro circule dans une boîte de béton semi-enterrière. Ce parallélépipède permettra de voir passer les rames grâce à des « yeux » ouverts dans le béton en forme d'amande (8 m de long sur 1,80 m de hauteur maximale) munis de glace de sécurité. Le lot se termine alors par un pont franchissant la rocade est.

Pour ne pas couper cette artère internationale (E3), le tablier en béton précontraint, long de 55 m et large de 6,10 m, a été préfabriqué sur le côté et ensuite poussé sur ses appuis définitifs. Les poutres latérales porteuses permettent de donner à l'ouvrage une épaisseur minimale (épaisseur du radier, 0,30 m ; hauteur des poutres par rapport au radier, 1,20 m).

La ligne n° 1 compte environ 2 km de viaduc, 5 km de tunnel, 4 km de tranchée couverte et près de 2 km de tranchée ouverte à faible profondeur.



La tranchée couverte

Dans les secteurs de l'hôtel de ville de Villeneuve-d'Ascq et du Pont-de-Bois, la ligne est réalisée en tranchée couverte dans les alluvions et la craie, d'abord en fouille talutée dans une zone non construite, puis suivant la méthode berlinoise, après la station « Hôtel-de-Ville ». Cette méthode est encore utilisée après la station « Pont-de-Bois » lorsque le métro quitte la ville nouvelle pour entrer dans la commune de Lille par Hellemmes tout d'abord, commune associée à Lille en 1977, puis par le quartier de Fives.

Dans la traversée d'Hellemmes jusqu'à la station « Fives », l'existence d'une rue suffisamment large et rectiligne (le C.D. 941) a permis de réaliser les travaux en tranchée couverte dans l'entreprise de cette voie. Le profil en long compatible avec les mezzanines en station a ainsi été maintenu aussi près que possible du sol afin de faciliter l'exécution et de diminuer le coût des ouvrages en les construisant hors d'eau dans les alluvions et la craie.

Compte tenu du caractère très commercial et très fréquenté du C.D. 941, ces travaux de tranchée couverte dans Hellemmes et Fives, réalisés selon la méthode berlinoise, sont effectués par « chantiers glissants » d'une longueur d'environ 250 m permettant un déroulement en cinq phases :

— forage des trous et mise en place des fers H, pieux de la berlinoise ;

— creusement de la tranchée avec blindage bois dans la partie supérieure, blindage béton dans la partie inférieure et pose de butons pour reprendre les efforts latéraux du terrain ; la profondeur moyenne de la fouille est de 10 m ;

— exécution du cadre : béton de propreté, pose de l'étanchéité, coulage du radier, pose de l'étanchéité des parois latérales, coffrage, ferrailage et bétonnage des parois et de la dalle de couverture, finition de l'étanchéité ;

— couverture de la galerie par remblais ; reconstruction d'une chaussée provisoire en attendant la mise à neuf du C.D. 941 à la fin du chantier.

Chaque chantier glissant avance à plus de 70 m par mois, de sorte que les travaux durent moins de quatre mois au droit d'une habitation.

Le tunnel dans Fives et le centre de Lille

Comme il a été précisé, le tunnel est situé très largement sous le niveau de la nappe phréatique, il est donc nécessaire de préparer d'abord le terrain en créant autour de l'ouvrage futur un manchon stabilisé d'une douzaine de mètres de diamètre. Le traitement consiste à injecter depuis la surface, quand l'environnement le permet, depuis le front du tunnel dans les autres cas, un mélange de bentonite et de ciment puis un gel de silice. Ces injections apportent une consolidation et une imper-

meabilisation du terrain en bouchant les fractures du calcaire fissuré.

Une fois le terrain préparé, la voûte du tunnel est creusée à l'aide d'une fraise chargeuse de type « blaireau ». Au fur et à mesure de l'avancement, le soutènement par cintres est mis en place, puis la voûte est bétonnée grâce à un coffrage télescopique ; elle repose par des oreilles sur le terrain à l'extérieur des piédroits.

Lorsque la voûte est exécutée sur une longueur suffisante, la partie inférieure est creusée par attaque du stross en cuvette à l'aide d'une chargeuse sur pneus, puis par abattage des piédroits en ligne. Le bétonnage du radier et des piédroits est réalisé en une seule passe à l'aide d'un même coffrage.

Le secteur des gares

Situé entre le quartier de Fives et le centre-ville, le secteur des gares est en passe de devenir un très important complexe de transport en commun, près de 200 000 échanges de voyageurs s'y feront chaque jour ; on y trouvera la gare S.N.C.F. (17 000 000 voyageurs par an), la gare routière des cars interurbains, la station des bus urbains spécialement réaménagée juste au-dessus du métro et, bien sûr, la station du métro qui abritera aussi le terminus filoïs du tramway reliant Lille à Roubaix-Tourcoing et appelé « Mongy ».

Les voies du métro et celles du tramway sont coplanaires en station avec le tramway au centre, un quai central de part et d'autre permet l'échange direct métro-tramway pour la correspondance Roubaix-Tourcoing vers C.H.R. et vice-versa. Trois accès à la station sont prévus dont un à partir du hall de la gare S.N.C.F. Un quatrième accès est réservé en direction d'une zone qui doit être rénovée dans le futur.

Pour toutes les stations construites dans la nappe phréatique, une première enceinte étanche est réalisée en général en paroi moulée ; dans le cas particulier de la station « Gares », elle a été exécutée en parois préfabriquées enfilées dans une tranchée remplie de bentonite ; cette enceinte ne participe pas à la stabilité définitive de l'ouvrage mais descend jusqu'au tun qui constitue un horizon imperméable et assure ainsi l'étanchéité de l'ouvrage. Après une première phase de terrassement découvrant le haut des parois, ceux-ci sont ancrés par un lit de tirants de 120 à 150 t, puis il est procédé à la seconde phase de terrassement et à la réalisation de la boîte intérieure ; les autres stations sont simplement butonnées.

Les ouvrages dans le sud de Lille

Le métro est en cours de réalisation sur 9 km entre le garage-atelier et la station « République », les ouvrages situés au sud de cette dernière (tronçon République-C.H.R.) viennent de faire l'objet d'une décision attributive de subvention et pourront donc connaître un début de réalisation prochainement. La ligne empruntera un tunnel profond comparable à celui de Fives et du centre-ville entre « République » et le boulevard périphérique sud ; elle rejoindra ensuite le C.H.R. par une tranchée ouverte, puis un viaduc qui se poursuit en arrière-gare de la dernière station sur 280 m et permettra ainsi le retournement des trains et le garage de six rames.

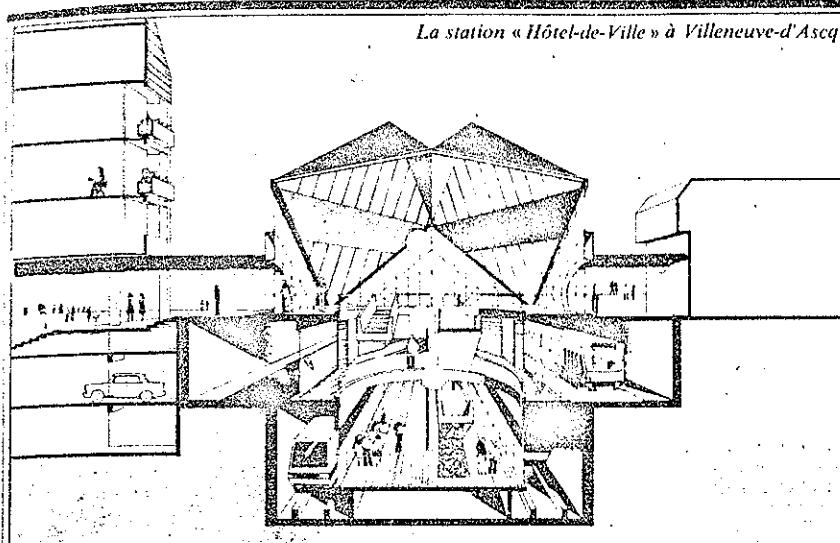
Les 17 stations de la ligne n° 1

Les stations aériennes des extrémités de la ligne (Quatre-Cantons-Cité-Scientifique-C.H.R.) se présentent comme des volumes qui enveloppent le viaduc avec une grande transparence au niveau des parois constituées de grands vitrages. Au pied de la station « Quatre-Cantons », un parc de stationnement de 900 places (300 en première phase) et différentes lignes d'autobus passant autour et sous la station permettent le rabattement des usagers du sud-est de Lille. Des lignes d'autobus s'arrêteront également au pied de la station C.H.R. implantée en bordure du domaine de la Cité hos-

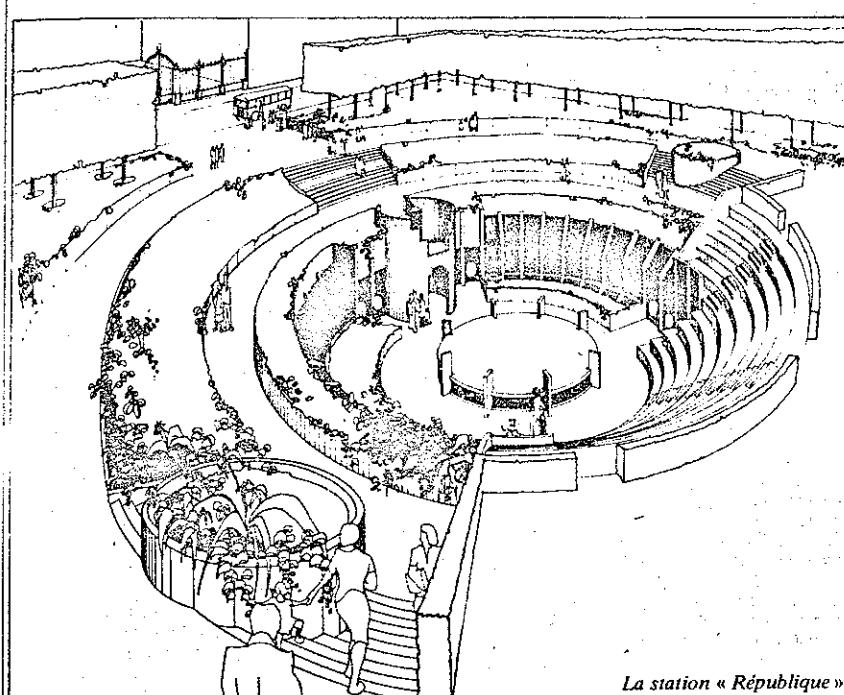
Chantier glissant de la tranchée dans la traversée d'Hellemmes.



La station « Hôtel-de-Ville » à Villeneuve-d'Ascq



La station « République »



pitalière pour assurer le rabattement des usagers du sud-ouest de la métropole.

Les stations semi-enterrées de la ville nouvelle (Triolo-Hôtel-de-Ville-Pont-de-Bois) ont toutes les trois un volume formant signal qui les caractérise : un pavillon est en effet établi sur un plan carré avec éclairage latéral et zénital. Au centre de ce volume, un puits de lumière crée pour le voyageur une meilleure transition entre l'espace extérieur et le souterrain. L'ossature du niveau inférieur est en béton armé, celle du pavillon en acier avec des glaces bronze.

La station « Hôtel-de-Ville » de Villeneuve-d'Ascq située entre la mairie et un centre commercial régional est la plus importante de la ville nouvelle. Le « bâtiment » comprend trois niveaux principaux (un de plus que pour les stations voisines) éclairés naturellement par une vaste verrière ouverte dans une place piétonne. Le premier niveau s'intégrant à la dalle de jonction hôtel de Ville-centre commercial est le hall d'accès à la station, le second constitue une importante gare de rabattement d'autobus qui permet l'échange direct avec la station de métro proprement dite qui est située en dessous. Une autre caractéristique à

souligner pour cette station est la présence d'un quai central, simplifiant les échanges entre métro et bus superposés.

Les stations de la tranchée couverte dans Hellemmes et Fives (Lezennes-Hellemmes-Marbreire) sont « des boîtes » à deux niveaux (mezzanine et quais) à l'exception de Lezennes qui ne possède pas de mezzanine.

Les stations dans Fives et le centre-ville (Fives, Caulier, Rihour, République) ont trois niveaux en raison de la profondeur du plan de roulement imposé par la géologie. La station « République », à proximité de la préfecture, se présente en surface comme un cratère de 26 m de diamètre et 6 m de profondeur, équipé de gradins avec, au centre, une scène circulaire. Grâce à de grands vitrages, la lumière du jour pénètre dans la salle des billets et descend jusqu'au niveau des quais, à une douzaine de mètres sous les gradins.

D'autres puits de lumière, intégrés à des massifs ou à des bacs à fleurs, sont également des sources d'éclairage pour les trois niveaux. La lumière donne ainsi du relief à une architecture dont les arcs rappellent le style III^e République de la place. La station est reliée par couloirs souterrains,

d'une part, au centre piétonnier de Lille en passant sous un axe de circulation de six voies, d'autre part, à l'un des quartiers les plus commerçants de Lille et également au parc de stationnement souterrain proche.

Le métro et le public

Un service de « relations publiques » du métro de Lille a été constitué, il a pour objectif de fournir une information sans cesse réactualisée à la population communautaire et à tous ceux qui, à travers le monde, sont intéressés par le projet. A cet effet, un numéro de la revue baptisée « En Direct du Métro » est produit tous les trimestres à 45 000 exemplaires, un tirage de 2 000 exemplaires en anglais est également réalisé. De nombreux articles sur le projet passent dans la presse locale dont les journalistes sont en relation directe avec les maîtres d'œuvre. Du 13 au 23 avril 1979, la première rame du métro a été exposée à la Foire internationale de Lille.

Une antenne mobile d'information est ouverte en permanence, elle est déplacée tous les trimestres environ afin de permettre aux riverains intéressés de découvrir les plans des ouvrages en cours de réalisation à proximité de chez eux.

Les riverains sont également informés par des réunions spécifiques tenues avec les représentants de leurs associations. Les entreprises ont reçu des consignes strictes afin que les chantiers occasionnent un minimum de nuisances. Dans Hellemmes et Fives par exemple, pendant la durée des chantiers de tranchée couverte, la circulation est maintenue en permanence sur le C.D. 941. La desserte locale est toujours assurée, souvent au prix de pose de plateforme et d'encorbellements. Le maintien à tout prix de la circulation a permis d'apaiser les craintes légitimes des riverains quant à leurs conditions de vie pendant les travaux.

Pour la partie en tunnel, le V.A.L. empruntant le plus souvent le sous-sol des voies publiques a permis de limiter les acquisitions foncières et tranchées et a permis d'effectuer le maximum de traitement de sol à partir de la surface.

Outre les dispositions à prendre avant et pendant les travaux, la sûreté et la sécurité des futurs passagers du métro ont fait l'objet de nombreuses études. La sûreté est obtenue, outre les dispositifs classiques, par des précautions particulières dans la réalisation du métro :

- longueur minimum des couloirs des stations en limitant les « coudes » ;
- éclairage maximum des stations, notamment des stations aériennes, par des vitrages aussi vastes que possible ;
- réalisation de trouées permettant des vues entre le niveau du hall et le niveau des quais ;
- mise en place, dès le début de l'exploitation, d'une brigade de police spéciale pour le métro, reliée par radio à un poste central de surveillance et intervenant sur l'ensemble des installations publiques du métro.

L'exploitation du métro de Lille est différente de celle d'un métro classique : le personnel d'exploitation n'est pas affecté à un train mais est plus mobile. Deux groupes de personnel d'exploitation pourront intervenir en permanence, en plus des personnels du poste de commande centralisé :

- des agents d'intervention répartis le long de la ligne dans les stations importantes et les stations terminus, et en contact constant avec les passagers (huit agents dont deux aux terminus) ;
- des équipes itinérantes, d'importance variable, circulant en permanence sur la ligne (quatre agents aux heures de pointe).

Toutes ces équipes sont reliées en permanence par radio-téléphone au poste de commande centralisé.

Par ailleurs, un ensemble de dispositifs techniques a été prévu :

- des interphones dans toutes les voitures : trois interphones par voiture ;
- des interphones dans les halls et au niveau des quais des stations, en liaison avec le poste de contrôle ;
- des caméras de surveillance dans les stations et les couloirs, avec images au poste de contrôle centralisé ;

- la possibilité, pour les usagers, d'arrêter et d'évacuer un véhicule après coupure du courant haute tension sur la voie ;
- la réalisation d'un trottoir de circulation longeant chaque voie sur la totalité du parcours, permettant les éventuelles évacuations en ligne.

Répartition des tâches

La maîtrise d'ouvrage générale de l'opération est assumée par la Communauté urbaine de Lille (C.U.D.L.). Une partie de la maîtrise d'ouvrage a été déléguée à l'E.P.A.L.E. (Etablissement public d'aménagement de la ville nouvelle de Lille-est) qui s'est vu chargé depuis l'origine du projet du développement du système. Cette délégation de maîtrise d'ouvrage porte sur les véhicules, les automatismes spécifiques et les équipements liés à la sécurité ou à la disponibilité du système (2). Outre la maîtrise d'ouvrage générale et la conduite générale de l'opération, la Communauté urbaine assume également une fonction de maîtrise d'œuvre par l'intermédiaire de ses services techniques pour tous les dévoiements de réseaux et les reconstructions des voiries, la construction des viaducs et la surveillance des travaux de tranchée ouverte et couverte et des stations de Villeneuve-d'Ascq. La communauté urbaine a choisi SOFRETU comme maître d'œuvre des travaux souterrains dans Lille, des aménagements des stations et des équipements non liés au système.

Les travaux de gros œuvre sont réalisés par des groupements d'entreprises. Le génie civil des ouvrages de la ligne n° 1 a été découpé en lots, chacun d'eux faisant l'objet d'un appel d'offres. Le lotissement a été effectué en fonction des techniques utilisées et de la localisation géographique. Il se présente comme suit (3) :

- lot 1 a : tranchée ouverte de 282 m entre le garage-atelier et le viaduc ;
- lot 1 b : viaduc de 1225 m dans la Cité scientifique ;
- lot 1 c : tranchée ouverte dans le Triolo et franchissement en passage supérieur de la rocade est, le tout sur 805 m ;
- lot 1 d : tranchée couverte entre la rocade et la station « Pont-de-Bois » incluse sur 1122 m avec deux stations. (Il est à signaler que le franchissement en sous-œuvre de la ligne de chemin de fer Lille-Bruxelles, juste avant la station « Pont-de-Bois », est réalisé par un ouvrage de 43 m confié à la S.N.C.F.)

- lot 1 e : trois stations tous corps d'état (« Quatre-Cantons », « Cité-Scientifique » et « Triolo ») ;
- lot 2 : tranchée couverte entre les stations « Pont-de-Bois » exclue et « Fives », de 2730 m avec quatre stations ;
- lot 3/5 : tunnels profonds entre « Fives » et « République » de part et d'autre de la station

(2) La S.A. Matra assume le rôle d'ensemblier pour le matériel roulant et les automatismes qu'elle réalise avec ses cotraitants C.I.M.T. (caisse) et T.C.O. (traction) et tous les équipements liés.

L'équipement de voie est confié aux entreprises Urbaine de travaux et Montcocol (pose et voie), C.E.A.C. (isolateurs), De Dietrich (aiguillage).

L'alimentation en énergie électrique revient à C.E.M. (postes de livraison et de redressement), Satelec-G.T.M.E. Comskip-Santerne (liaisons haute tension), C.G.E.E.-Forclum (liaisons basse tension) et le garage-atelier à Quillery (bâtiment), S.G.T.N. (V.R.D.), Alexandre-Havet-Dumanois-Forclum et NBS (second œuvre), Mercadier-Fahrzeug-Matra Industriel et Verlinde (équipements).

(3) Les entreprises ou groupements d'entreprises titulaires des lots sont les suivants : lot 1 a : S.G.T.N. ; lot 1 b : Quillery Norpac ; lot 1 c : S.G.T.N. - Urbaine de travaux ; lot 1 d : Coignet-SGETPI ; lot 1 e : Quillery Norpac ; lot 2 : S.G.T.N. - Urbaine de travaux ; lots 3-5 : Fougerolle-SGETPI - Montcocol - Retaut ; lot 4 : Salviani-Brun - Soletanche entreprise.

Les principaux sous-traitants sont : Soletanche, E.T.F., Datum, Sefi, Soceta, Socata, E.R.T.P. Le second œuvre du lot 1 e est confié principalement aux entreprises Spapa, Mignot Largini, Isodal, Voisin, A.C.M.N., C.G.E.E. Alkath.

(4) Les architectes qui interviennent sont MM. Delainnoy (« Hôtel-de-Ville » - « Hellennes » - « Rihour »), Deldigne (« Gares » - « Dorez »), Delrus (« Triolo » - « Pont-de-Bois »), Dutrill (« Lezennes » - « Fives »), Neveux (« Marbrerie » - « République » - « Wazemmes »), Segers (« Caulier » - « Gambetta » - « C.H.R. ») et M. Crevoisier (« Quatre-Cantons » et « Cité-Scientifique »).

De plus, les architectes Amedeo, Paindavoine et Segers ont mené des recherches particulières sur l'esthétique du viaduc et M. Delainnoy a effectué une étude d'intégration des ouvrages du métro dans le quartier du Triolo.

« Gares », 1 574 m et 1 277 m avec trois stations ; — lot 4 : tranchée couverte de la station « Gares » avec ses avant et arrière-gares, le tout sur 282 m. Les lots 6, 7 et 8 entre « République » et « C.H.R. » ne sont pas encore attribués, il en est de même pour les aménagements et équipements des stations et de la ligne, les consultations correspondantes sont en cours.

La Communauté urbaine, dont les effectifs avec ceux de l'E.P.A.L.E. et de la SOFRETU atteignent 120 agents sur le projet, s'est également assuré la collaboration d'experts consultants : M. Gabillard, professeur à l'université de Lille, à l'origine du principe du système V.A.L., M. Ruhmann, directeur honoraire de la R.A.T.P., M. Gaston, ingénieur général à la R.A.T.P. (e.r.), et M. Maeght, ancien directeur général des services techniques de la Communauté urbaine (e.r.). Afin que les stations de métro soient les plus différentes possibles les unes des autres, il a été fait appel à des architectes locaux placés sous la coordination de la SOFRETU. Ces architectes ont pour tâche de conduire des projets d'aménagement et de décoration des stations en fonction des plans de gros œuvre établis au préalable par la SOFRETU (4).

Tous les participants confondus (maître d'ouvrage, maîtres d'œuvre et entreprises), la construction du métro de Lille assure 2 000 emplois pendant quatre ans.

L'exploitation du métro a été confiée à la société Comeli, filiale à 50-50 de Matra et de Transexel. Cette dernière société exploite déjà les réseaux des autobus urbains et du tramway de la Communauté urbaine. Un contrat lie Comeli à Matra, laquelle s'engage forfaitairement à garantir pendant cinq ans la maintenance du métro, qui devra présenter un taux de disponibilité au moins égal à celui du métro de Paris. Matra devra prendre ainsi toutes mesures correctives éventuelles pour tenir son engagement, ce qui représente pour le maître d'œuvre de l'opération une importante garantie de succès.

Le planning

Les deux premières rames de pré-série ont été livrées sur le site du garage-atelier respectivement les 24 juillet et 12 octobre 1979 ; fin 1980, un ensemble de 12 rames doit être réceptionné et la seconde tranche de 26 doit l'être fin 1981.

Les essais des différents équipements de la première rame ont commencé au garage-atelier dès le 31 juillet 1979, les véhicules ont été ensuite testés sur une voie de raccordement puis, depuis le 15 janvier 1980, sur la voie d'essais reliant deux stations reconstituées au sein du garage-atelier afin de permettre la qualification du système prévue pour mars 1981. Entre octobre 1981 et avril 1982, l'exploitation expérimentale pourra être effectuée sur les quatre premières stations de la ville nouvelle. Pour les travaux de gros œuvre déjà lancés, c'est-à-dire entre le garage-atelier et l'arrière-gare « République », la phase préliminaire de V.R.D. est partout réalisée.

La tranchée ouverte de jonction entre le garage-atelier et le viaduc est terminée, le tablier du viaduc dans la Cité scientifique est fini et la pose de bandouïe latéral s'achève. Les travaux des deux stations aériennes « Quatre-Cantons » et « Cité-Scientifique », construites autour du viaduc, sont commencés. Dans le Triolo, le cadre est en cours de terrassement et les ferrailage et bétonnage débutent. Le pont préfabriqué a été poussé au-dessus de la rocade est dans le courant du mois de décembre 1979. Dans les quartiers de l'hôtel de ville de Villeneuve-d'Ascq et du Pont-de-Bois, les terrassements sont partout en cours et 400 m de cadre sont déjà réalisés.

Dans Hellennes et Fives, le gros œuvre de la station « Hellennes » est terminé et les terrassements de la station « Marbrerie » commencent. Le radier de la tranchée est exécuté sur plus de 600 m et le cadre est fini sur près de 300 m. Les remblaiements et reconstruction provisoire de la chaussée suivent.

Pour le tunnel profond dans Fives où les injections sont quasiment terminées, la voûte réalisée à

partir de plusieurs puits d'attaque est achevée aux deux tiers et la réalisation des piédroits et du radier commence à remonter de « Fives » vers « Gares ». Les parois moulées et terrassements de la station « Caulier » sont terminés, la pose de l'étanchéité est en cours.

Pour l'ouvrage au niveau des gares, l'enceinte est terminée et les tirants d'ancrage mis en place ; le terrassement pour la réalisation du gros œuvre est en cours.

Pour le tunnel profond dans le centre de Lille, les injections sont réalisées pour plus des trois quarts et les différents puits d'attaque sont exécutés, la construction de la voûte commence, les parois moulées sont finies pour la station « République » et sont en cours pour la station « Rihour ».

Le printemps 1980 devrait voir la fin des travaux de génie civil des ouvrages en lignes dans Villeneuve-d'Ascq et l'été 1981 celle des tunnels jusqu'à « République ».

Les travaux commenceront au printemps 1980 au sud de « République », la fin du génie civil dans Lille-sud est prévisible pour le printemps 1982.

La mise en service du métro entre Villeneuve-d'Ascq et « République » est attendue pour mars 1983. L'exploitation de l'ensemble de la ligne est prévue à partir de la fin de la même année.

Le coût du projet et son financement

Le coût du projet, hors taxes en francs valeur au 1^{er} janvier 1979, pour l'intégralité de la ligne n° 1 est estimé à 1,65 milliard de francs (sommes à valoir comprises). C'est le montant des travaux qui a été autorisé par le Conseil de la Communauté le 1^{er} juillet 1977, une fois actualisée l'évolution des prix due à l'inflation.

Pour bien mesurer le coût de ce projet, il convient de préciser trois points :

— la T.V.A. est remboursée dans son intégralité par l'Etat ;

— les grands chantiers manifestent parfois des dépassements importants et on peut se demander, lorsqu'un budget prévisionnel est arrêté, s'il sera respecté ; actuellement, le projet respecte avantageusement ses objectifs : les premiers marchés ont été conclus à des prix inférieurs aux prévisions prises en compte pour la définition du budget-enveloppe ;

— dans l'ensemble de ce budget, le coût du génie civil, c'est-à-dire le gros œuvre des stations et de la ligne, représente 50 p. 100 du montant global ; si l'on compare les prix tels qu'ils ressortent des marchés signés, quand une longueur de viaduc coûte 10 millions, la même longueur de tranchée couverte en coûte 17 et de tunnel 34.

La prise en charge du financement du projet métro présente la caractéristique de ne pas être prélevée sur les ressources provenant de la fiscalité locale directe. Le financement de l'opération est assuré par une subvention de l'Etat, par des emprunts auprès des caisses publiques de crédit et par le produit de la taxe appelée « versement de transport ».

La subvention de l'Etat s'élève à 360 millions de francs valeur au 1^{er} janvier 1979. Le versement de transport assurera le remboursement des emprunts. Au total 50 p. 100 seulement de ce versement de transport seront consacrés à la réalisation de la ligne n° 1 du métro, le reste étant destiné à l'amélioration des transports collectifs de surface qui se déroule parallèlement aux travaux du métro.

L'ensemble de ces travaux d'amélioration des transports collectifs, la liaison quai à quai métro-tramway, la réorganisation des circuits d'autobus, l'extension des secteurs piétonniers concomitante, la simplification tarifaire permettront, le jour de la mise en service du métro, d'offrir sur l'ensemble de l'agglomération une amélioration importante du niveau du service des transports collectifs et de la qualité de la vie qui en découle.

Bernard GUILLEMINOT

Reportage photographique : Paul Walet.

Le Moniteur / 12 mai 1980