



en direct
du

métro

COMMUNAUTE URBAINE DE LILLE



N°



octobre 1980

éditorial



**Par M. Jean Costet,
Directeur Général des Transports
Intérieurs**

La réalisation du métro de Lille est l'un des investissements les plus marquants du renouveau des transports collectifs que connaît notre pays depuis une dizaine d'années.

En 1976, l'Etat attribuait une subvention de 324 MF à la Communauté Urbaine de Lille, Maître d'ouvrage et lui ouvrait la possibilité de recourir aux emprunts à taux préférentiels auprès des caisses publiques de crédit.

Il y avait longtemps déjà que le Ministère des Transports s'était intéressé au système VAL qui est aujourd'hui le principal aboutissement des programmes technologiques lancés au début des années 1970. La réalisation de ce métro répond, en effet, à une préoccupation majeure des pouvoirs publics : favoriser le développement d'une technologie de pointe dont on peut attendre des retombées très positives, en France et à l'étranger.

L'avancement actuel de l'opération permet d'affirmer dès maintenant que les objectifs initiaux seront atteints.

Si l'ouvrage a connu à son début un certain retard consécutif à des modifications de tracé et de profil en long pour des raisons de protection de l'environnement, le rythme de réalisation s'est maintenant notablement accéléré ; la construction du garage-atelier est achevée et, à l'heure actuelle, les travaux de génie civil sont en cours sur 90 % de la ligne ; en outre, les deux premières rames de pré-série ont effectué avec succès leurs premiers essais de pilotage automatique.

Après l'homologation technique du système VAL qui devrait intervenir en juin prochain, et divers essais en ligne, la mise en service est prévue en mars 1983 sur le tronçon garage-atelier Place de la République et en décembre de la même année sur la totalité du tracé.

Alors que les préparatifs de l'exploitation sont déjà largement avancés, tout laisse penser que ce métro pourra être exploité comme prévu à un coût inférieur de 20 à 30 % à ceux des métros classiques du fait de la réduction drastique du personnel nécessaire à son exploitation. C'est un résultat particulièrement appréciable quand on connaît l'évolution très rapide des charges de fonctionnement des réseaux de transports collectifs.

Le nombre important de visiteurs sur le site d'essai montre d'autre part l'intérêt très vif que suscite, auprès des responsables étrangers, le VAL, premier métro français à pilotage entièrement automatique. Les experts du D.O.T. (Ministère des Transports des Etats-Unis) ont récemment assisté aux premiers essais d'endurance et tout laisse penser que leur mission permettra une homologation du VAL selon les normes américaines.

Enfin, je vois une autre raison pour les Lillois d'être fiers de leur métro ; ce sera le premier métro français accessible aux handicapés puisque la Communauté Urbaine de Lille a décidé de réaliser les équipements nécessaires avec le concours financier de l'Etat qui a attribué une subvention spécifique à cet effet en 1979.

En conclusion, les efforts poursuivis par le Ministère des Transports dès 1970 voient aujourd'hui leur récompense. La conjonction de plusieurs volontés a été nécessaire : celle de l'Etat qui souhaitait voir se développer de nouvelles techniques de transports en commun, mais aussi celle de la collectivité maître d'ouvrage sans laquelle rien n'aurait pu se faire et celle du constructeur qui a su développer un produit performant.

Je souhaiterais pour terminer, rendre hommage, de manière anonyme, aux quelques hommes élus, industriels ou fonctionnaires, qui - chacun dans sa propre sphère - ont su faire preuve d'imagination créatrice, de volonté d'aboutir et qui ont fait partager leur conviction et leur foi dans la réalisation aux diverses parties prenantes.

Maître d'ouvrage du métro de Lille
COMMUNAUTE URBAINE DE LILLE
A. NOTEBART, Président
Député-Maire de LOMME

EN DIRECT DU METRO N° 7, Octobre 1980

- P. 2 : Editorial
- P. 3.4 : Informations - Visites
- P. 5 : Station Triolo
- P. 6.7 : Avancement des travaux
- P. 8.9.10 : Dossier "Sous terre : un chantier en pointillés"
- P. 11.12 : Technique - Les automatismes du métro de Lille

Publié pour le compte de la
Communauté Urbaine de Lille par
l'EPALE, Service Métro, rue Van Gogh
59650 Villeneuve d'Ascq

Directeur de la publication : Pierre Perrin

Mise en page : Annick Hallart

Photos : P. Walet - G. Leclercq -
MATRA - M. Billerach (photo de
couverture) - Mairie de Lille

Commission paritaire n° 1365 AD
ISSN 0221-7430

Imprimé par D'HAUSSY, Tourcoing

Dépôt légal 2^e trimestre 1979

Reproduction libre

Couverture :
le tunnel terminé dans Fives.

Visites

Depuis Mars 1980, des visites des premières réalisations sont organisées régulièrement (voir encadré). Près de 2 000 personnes ont ainsi pris connaissance, à titre individuel ou en groupe, des travaux en cours. Ces présentations ont permis également de nombreux échanges de vues avec des responsables et des techniciens des transports, français et étrangers. Elles ont enfin servi de support à des actions de formation pour des CES, Lycées, Instituts Universitaires de Technologie et Ecoles d'Ingénieurs : Institut Industriel du Nord, Institut Catholique des Arts et Métiers, Ecole Universitaire d'Ingénieurs de Lille, Hautes Etudes Industrielles.

Parmi les personnalités, ont été accueillis en particulier M. Le Theule, Ministre des Transports, les membres des Conseils Municipaux de Lille et de Villeneuve d'Ascq, des Conseillers Généraux et des délégations de la ville de Laon et de celle de Valencia (Vénézuéla). Les responsables des réseaux de métro de Bruxelles, Marseille, Lyon, Montréal et Caracas sont également venus et ont participé à des réunions de travail.

L'association industrielle
du Nord



Il y a un an - le 15 octobre 1979 - Joël le Theule - ministre des Transports visitait le front de taille du tunnel.



Le conseil municipal
de Laon



Les responsables de l'institut de recherche des transports et du ministère des Transports américain dans le véhicule.



Les conseils municipaux de Lille et Villeneuve d'Ascq ont visité les chantiers du métro.



Energie

La ligne n° 1 du métro de Lille exigera une haute sécurité d'alimentation électrique. Des négociations ont donc été engagées dès 1977 avec Electricité de France pour définir l'architecture de l'alimentation électrique. En 1979, la décision a été prise de fournir l'électricité à partir de deux postes Très Haute Tension indépendants (Hellemmes et Sequedin).

Le 27 mai 1980, la convention de fourniture de courant a été signée par M. KUHN, Chef du Centre EDF de Lille, et les représentants de la Société d'Exploitation. Elle est actuellement soumise à l'approbation de l'autorité préfectorale.

Un premier film sur le métro

La Communauté Urbaine de Lille a réalisé un premier film "grand public" présentant les travaux de la première ligne du métro, "Le métro de Lille devient réalité".

Ce document d'une durée de 10 minutes, produit par la C.U.D.L. est réalisé par Jean-Marc DAUPHIN, a commencé une diffusion très remarquée dans les salles de cinéma de LILLE avant qu'il ne soit projeté dans les cinémas des autres villes de la Métropole, puis de la Région.

Il est présenté actuellement à PARIS, à la Maison de la Région Nord-Pas-de-Calais et le sera - au cours du dernier trimestre 1980 - aux élèves des Etablissements d'Enseignement Public et du Second Degré situés dans le périmètre communautaire.

"Le Métro de Lille devient réalité" dans sa version 16 mm, est à la disposition des associations, écoles et groupements, sur demande adressée à M. le Président de la C.U.D.L. 1, rue du Ballon B.P. 749 - 59034 LILLE Cédex.

Revue

Michel COLOT, Directeur Général de l'E.P.A.L.E., a été nommé en Avril dernier Directeur Général de l'E.P.E.V.R.Y. (Essonne) et remplacé par Yves BOUCLY. Il assurait depuis l'origine, à la demande du Président de la Communauté Urbaine de Lille, la direction de cette publication, le Comité de Rédaction étant composé de représentants de chacun des services Métro de la Communauté Urbaine et de l'E.P.A.L.E. C'est Pierre PERRIN, Secrétaire Général de la Communauté Urbaine de Lille qui, dans un souci d'alternance, reprend aujourd'hui cette fonction.

Marchés et appels d'offres

Pour permettre à des entreprises locales de participer au maximum à l'aménagement des stations, des appels d'offres par corps d'état séparés ont été lancés par la Communauté Urbaine.

Pour la station "HOTEL DE VILLE", six entreprises ont été retenues :
 Maçonnerie : PREVOST
 Revêtements : SARE BOWE BAUTERS
 Serrurerie : SITRABA
 Electricité : SATELEC
 Peinture : PINTEX
 Plomberie : DEMARS

Des marchés ont été signés pour la réalisation des travaux suivants :

- Lot 7 : tunnel jusqu'au périphérique Sud, avec BORIE, OEDC, PERFOREX, AUBRUN,
- Groupes d'épuisement, avec la Compagnie Générale de Chauffe,
- Equipement en Basse Tension, avec COMSIP-SATELEC,
- Conduite Sèche (1^{re} phase) avec la Compagnie Générale de Chauffe.
- Etanchéité du viaduc de la Cité Scientifique, avec la SCREG.

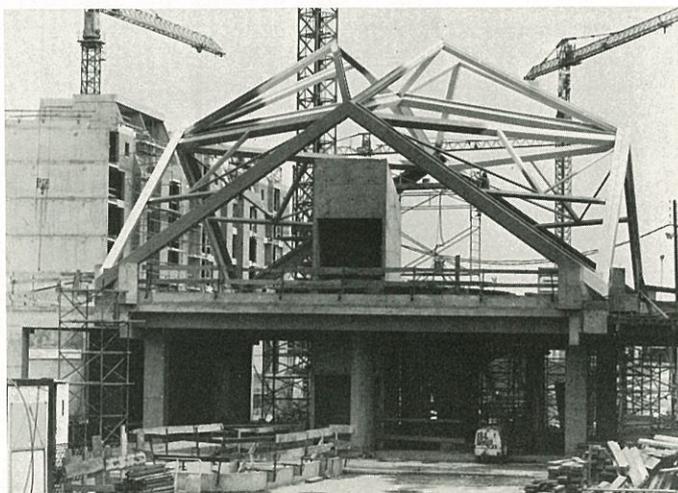
La Commission d'Adjudication et des Marchés de l'EPALE a examiné les conditions de commande des pièces de parc nécessaires à la gestion de la ligne future. Les consultations se poursuivent

pour la réalisation du réseau d'interphonie (liaison-police) et le train de travaux.

Les consultations sont en cours pour la réalisation du viaduc au delà du boulevard périphérique Sud vers C.H.R. et pour l'aménagement d'autres stations, au fur et à mesure de la livraison du génie civil.

Commission de sécurité du Métro de Lille

La Commission de sécurité du métro de Lille s'est réunie le 18 Juin 1980 au garage atelier de Villeneuve d'Ascq. Au cours de cette réunion, cette Commission a fait le point de l'ensemble des études de sécurité menées depuis 1977 dans la conception du matériel. Elle a entendu les rapports des Services Communautaires, de l'Institut de Recherches des Transports, du Service Métro de l'EPALE, sur les différentes précautions prises dans la conception et la réalisation des matériels actuels. Monsieur P. DASSONVILLE, Vice-Président de la Communauté Urbaine de Lille, chargé des transports, et Monsieur G. THIEFFRY, Conseiller Communautaire, représentant le Syndicat Mixte, ont participé à cette réunion de synthèse.



Structure aérienne du hall d'accès de la station Hôtel de Ville.

POUR VISITER

Visites du garage-atelier

Tous les mardis (sauf jours fériés) de 9 h 30 à 11 h 30, des visites de groupes (50 personnes maximum) sont organisées au garage-atelier de Villeneuve d'Ascq ; y sont présentés les véhicules, les installations d'exploitation et d'entretien du métro.

Une accompagnatrice guide les visiteurs, qui doivent prendre rendez-vous en écrivant à Maggy SARAZIN, E.P.A.L.E. - Service Métro - Immeuble PERICENTRE, Rue Van Gogh à 59650 - VILLENEUVE D'ASCQ.

Visites des chantiers

Tous les jeudis (sauf jours fériés) de 9 h 30 à 11 h 30, des visites de groupes sont organisées

sur les chantiers de génie civil de la ligne n° 1. Les visites pouvant concerner toute la ligne, les groupes devront venir avec leur propre autocar, et s'adresser à Mme LECLERC, Hôtel de la Communauté Urbaine de LILLE, Rue du Ballon à 59034 - LILLE CEDEX - Service métro.

Du fait des contraintes de sécurité et des précautions à prendre, l'accès aux chantiers ne sera pas systématique. Quand il ne pourra être réalisé, en fonction de l'importance du groupe ou de sa date de venue, une présentation par plans et photos remplacera la visite.

Les personnes intéressées à titre individuel par ces visites (garage-atelier ou chantiers de génie civil) peuvent écrire pour préciser leurs centres d'intérêt et leurs disponibilités : rendez-vous leur sera fixé en fonction des places disponibles.

La station "TRIOLO" à Villeneuve d'Ascq

Cette station est au cœur du quartier du Triolo, en bordure du centre commercial, dans l'ancienne rue des Techniques (entre la rue Trudaine et la rue Traversière).

Elle comprend un hall d'accès au niveau supérieur, en liaison directe avec le quartier, et un niveau quai au niveau inférieur (52 mètres de longueur, mais ce quai ne sera exploité en première phase que sur 26 mètres).

La vente et le contrôle des titres de transport sont organisés au niveau du hall, qui domine le quai de 4 mètres. Les liaisons verticales sont assurées par escaliers mécaniques à la montée et par escaliers fixes à la descente. Pour les personnes à mobilité réduite, des rampes sont aménagées.

Les locaux techniques nécessaires au fonctionnement des installations sont au niveau des quais.

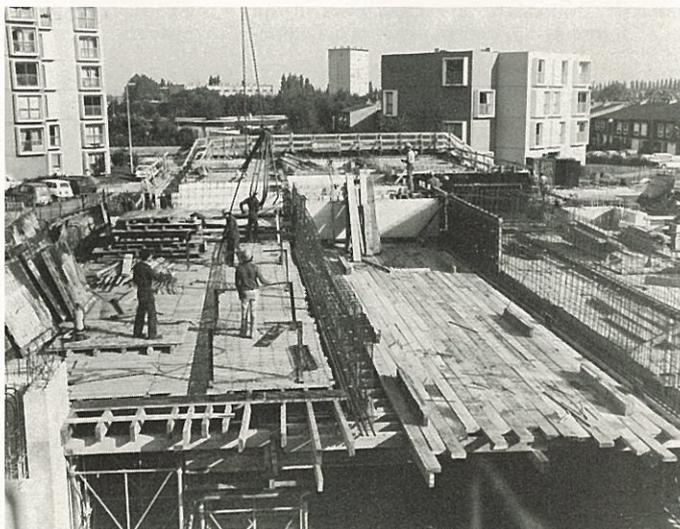
Le parti architectural retenu vise l'insertion de la station dans le quartier par un environnement paysagé et la présence d'un cheminement piétonnier. Pour le hall d'accès, un volume formant signal a été recherché : on retrouvera pour les stations "Hotel de Ville" et "Pont de Bois", voisines, ce pavillon établi sur un plan carré avec éclairage latéral et zénithal. Au centre du volume, un puits de lumière crée pour le voyageur une meilleure transition entre l'espace extérieur et le souterrain.

Les matériaux utilisés sont le béton armé pour l'ossature du niveau inférieur avec habillage de brique ou mosaïque, et l'acier pour la structure du pavillon, avec glace bronze.

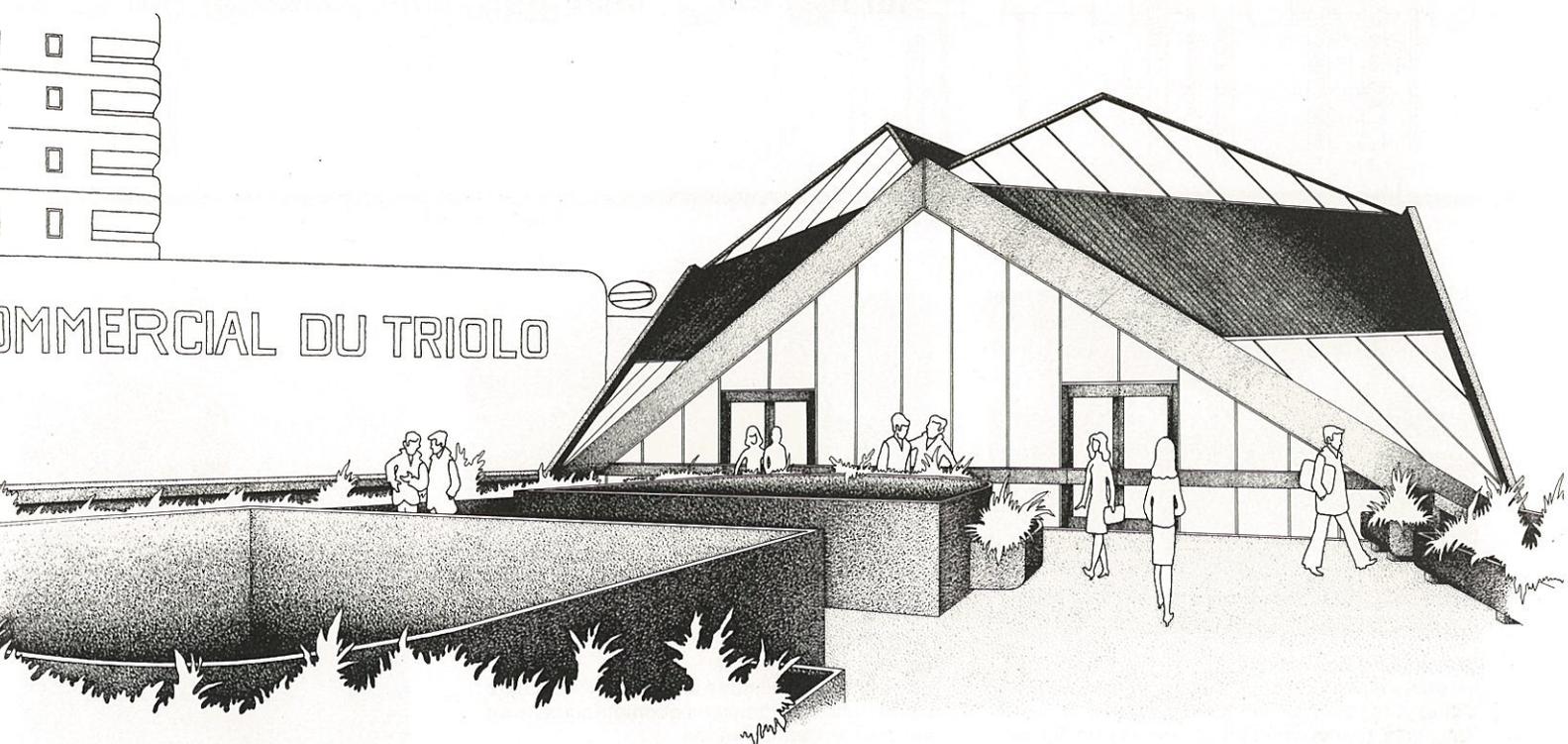
Les travaux extérieurs comprennent :

- le réaménagement du parking du centre commercial et le raccordement aux voies existantes.
- les cheminements piétonniers d'accès à la station,
- les raccordements aux égouts des réseaux (séparatifs) eaux usées et eaux pluviales.

La conception de la station est due à SOFRETU et à l'architecte, M. DELRUE. Les travaux sont suivis par les Services Techniques Communautaires.



Station Triolo
- le hall d'accès
(dessin HALLART, architecte DELRUE).



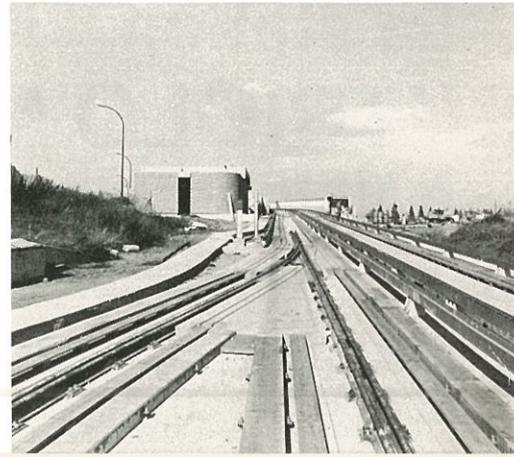
avancement des travaux

Après la décision de Los Angeles de se doter d'un métro entièrement automatique, Miami et Détroit sont sur le point de lancer des appels d'offres pour des systèmes similaires. Ces actions sont regroupées et financées au niveau du gouvernement fédéral américain dans le cadre d'un programme D.P.M. "Downtown People Mover".

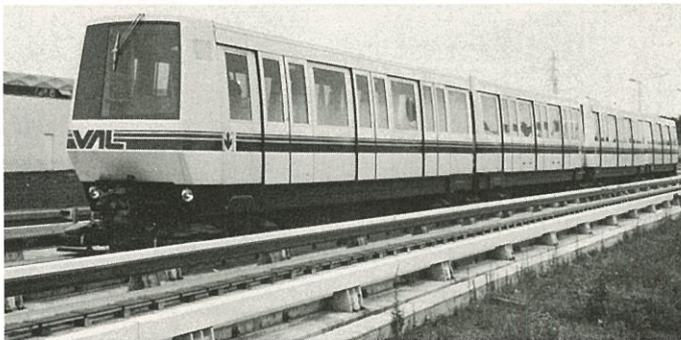
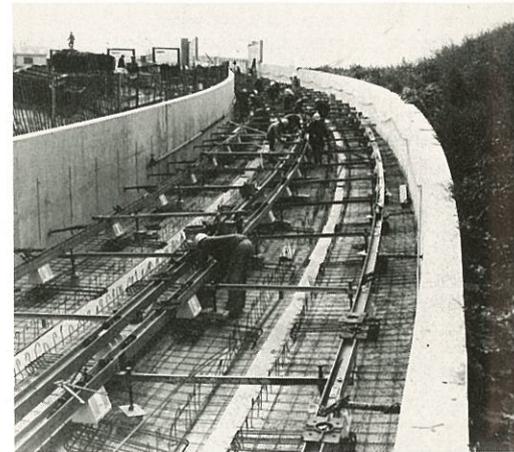
Matra, qui a remis une proposition VAL à la ville de Los Angeles, vient d'effectuer 3 semaines d'essais à Villeneuve d'Ascq en présence des représentants du "Department of Transport" des Etats-Unis et sur leur demande. L'exportation outre-Atlan-

tique passe en effet par une homologation technique officielle des Américains. Les responsables français de l'Institut de Recherche des Transports (I.R.T.) ont suivi ce programme d'essais qui a été une réussite et s'inscrit dans l'ensemble du travail de mise au point et de qualification du métro de Lille.

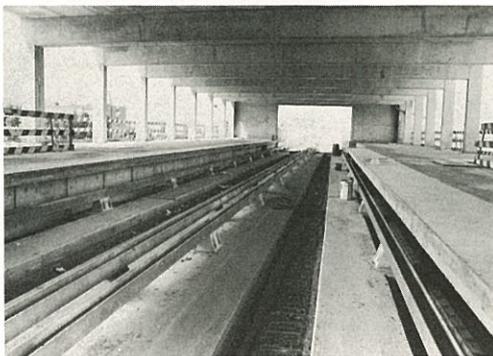
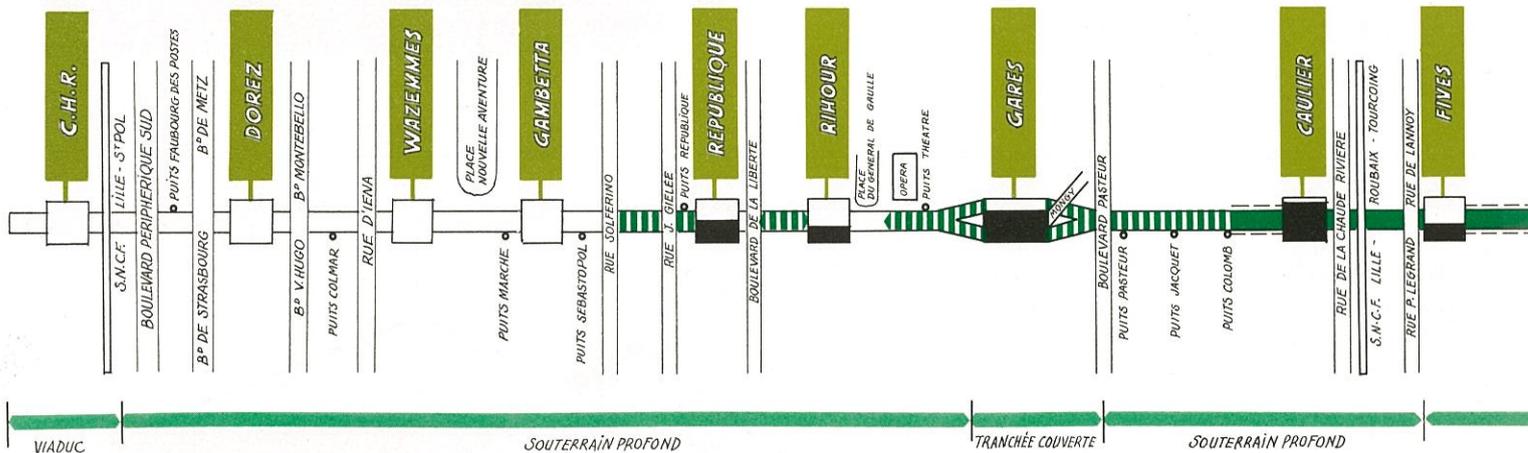
Le fonctionnement en mode automatique intégral du système sur la voie du Garage-Atelier a été ainsi démontré très satisfaisant. Un essai d'endurance de 5 fois 20 heures ininterrompues a permis de constater l'excellente disponibilité du système. Des essais dans les différents modes de fonctionnement ou en présence d'anomalies volontairement provoquées ont prouvé la sécurité absolue du système, tant en ce qui concerne l'anti-collision ou les risques de survitesse que pour le fonctionnement cadencé à des intervalles inférieurs à la minute. Par ailleurs, l'accostage et le poussage entièrement automatiques d'une rame immobilisée par une autre rame ont été opérés.



L'équipement de voie à la sortie du garage atelier terminé



Au cours des essais de qualification pour les Etats-Unis, ont été réalisés différents accostages en mode automatique. Une rame de 52 m réalisée avec deux éléments de 26 m, soit 4 voitures, a tourné sur la voie d'essais après un accostage automatique.



Station Cité Scientifique. Le gros-œuvre des deux stations aériennes 4 Cantons et Cité Scientifique est terminé. Ces bâtiments sont maintenant pris en charge par les corps d'état secondaires. Dans la traversée de cette station, la voie a été posée, à l'exception des pistes de roulement.



Equipement du viaduc. La précision demandée à la voie nécessite de nombreuses vérifications géométriques avant le coulage des isolateurs.



Après une phase de mise au point rendue nécessaire par le caractère très particulier des technologies mises en œuvre (grande précision de pose - tolérances de quelques millimètres et réalisation d'une voie entièrement sur dalle béton), le chantier d'équipement de voie prend progressivement sa vitesse de croisière. D'ores et déjà, la voie est réalisée à la sortie du garage atelier et le front du chantier d'équipement de voie a dépassé le viaduc traversant la Cité Scientifique.



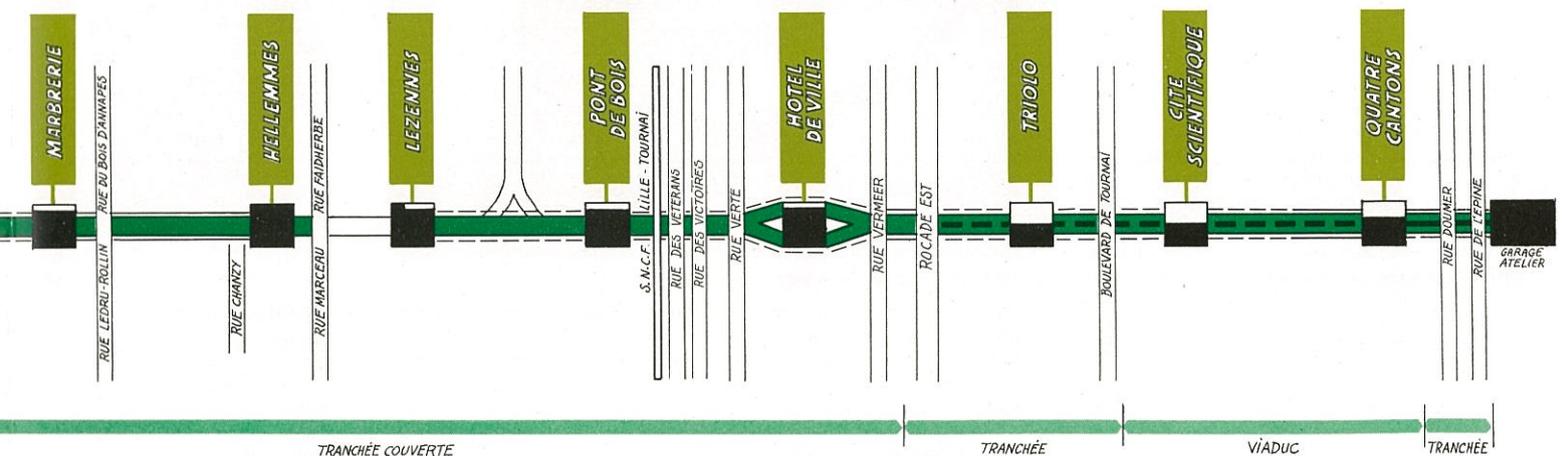
Le gros-œuvre de la station Caulier présentée dans le n° 6 de la revue EN DIRECT DU METRO est terminé et la place est en cours de rétablissement. Les travaux se continuent à l'étage inférieur par l'aménagement des quais et l'attaque du creusement de la partie basse du tunnel d'accès qui sera suivie par le coulage du radier. De même, les stations Hellemmes, Marbrerie et Lezennes ont été refermées et la chaussée a été rétablie à ces endroits.

La place Madeleine Caulier rétablie.

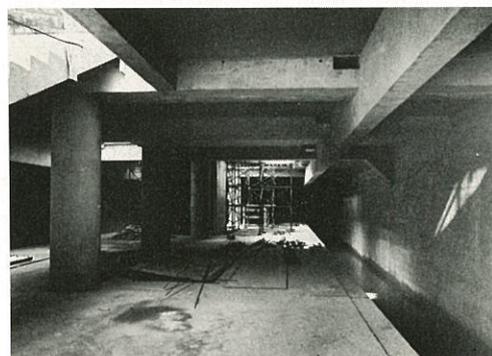


L'état au 30.09.1980 des travaux intérieurs de la station Caulier.

Le chantier de réglage des barres de guidage dans le quartier du Triolo à Villeneuve d'Ascq, à la sortie du viaduc de la Cité Scientifique.



Avant les deux stations à quai central Gares (à LILLE) et Hôtel de Ville (à Villeneuve d'Ascq) le tunnel se dédouble. Les travaux de creusement des piédroits et du radier de ces deux tunnels à voie unique sont en cours pour la station Gares.



Hotel de ville. Le gros œuvre de la station est terminé.



Les injections ont commencé au-delà de République afin de préparer le terrain avant le creusement du tunnel. Ici un chantier d'injection au voisinage du Théâtre Sébastopol à LILLE.

Parmi l'ensemble des réalisations de génie civil qui permettront le passage de la ligne n° 1, le tunnel de République à Fives constitue un ouvrage particulier par les conditions de sa réalisation.

SOUS TERRE : un chantier en pointillés le tunnel de République à Fives

Dans le centre de Lille, pour suivre des yeux le futur métro, il faut d'abord lever le nez. Au droit des puits, d'où les ouvriers gagnent les galeries souterraines, les grues dessinent sur fond de ciel le tracé de la ligne n° 1. Mais, pour comprendre l'enjeu de ce chantier en pointillés, c'est le long tunnel qu'il faut rejoindre : de République à Fives, les coups de fleuret se multiplient qui réunissent les sections creusées à partir des puits, et l'on y circule déjà sur plusieurs centaines de mètres presque à pied sec. Les équipes, dont le travail se poursuit, ont ainsi gagné un premier pari.

Tunnel

Le sous-sol lillois a mauvaise réputation. "Sous le centre-ville, l'eau est saturée de craie" nous confiait un responsable, victime d'un lapsus révélateur. Tout le chantier, il est vrai, se développe dans une craie depuis toujours chargée d'eau qui fait subir au tunnel une pression constante. Elle a rendu nécessaires des campagnes d'injections systématiques pour isoler de la nappe la zone des travaux. Si cette technique utilisée depuis 15 ans est maintenant classique pour les métros, elle n'a toutefois été employée nulle part au monde sur une distance comparable : 3 000 mètres et, qui plus est, avec des espaces très courts entre injections : 2 m à 2,50 m - dans un environnement de centre-ville très contraignant -.

Les infiltrations vaincues, le terrain dans son ensemble est d'une cohésion acceptable. Jusqu'à 15 mètres de profondeur, remblais et alluvions sont trop malléables ; la craie ensuite est de plus en plus massive. Le plus simple aurait donc été de travailler au delà de 30 mètres. Cette option toutefois a été exclue. Elle aurait placé les stations trop bas et fait perdre en ascenseur le temps gagné dans le métro.

Le profil en long de la ligne n° 1 est donc un compromis : les voûtes ont été calées au plus haut à l'entrée des stations, près de la limite des alluvions, et la ligne plonge entre les stations avec l'avantage supplémentaire d'économiser l'énergie. Les trains sont accélérés par la descente lorsqu'ils démarrent et freinés par la pente avant chaque arrêt. Sur toute sa longueur, le tunnel est ainsi creusé dans la craie avec une qualité de terrain variable cependant selon que l'on approche des alluvions ou au contraire des couches plus profondes de marnes bleues. Pour travailler dans ces conditions et assumer les risques qu'implique le chantier,



Le tunnel réalisé dans Fives.

dans le cadre d'un planning de travaux serré : 30 mois pour le gros œuvre, les entreprises ont choisi de se grouper pour répondre à la consultation lancée par la Communauté Urbaine.

Groupement

"Gros travaux + délais courts = groupement", confirme le responsable local de la société en participation, adjudicataire du marché. La forme même du projet faisait intervenir en priorité 2 techniques complémentaires : le creusement de souterrain en grande section pour le tunnel, et la construction des stations à l'abri de parois moulées. 4 entreprises participent à cette mise en œuvre. 3 d'entr'elles ont une vocation affirmée pour les travaux souterrains, et une dimension nationale : Fougerolle, Montcocol et SGE-TPI. La quatrième société associée : Rateau, est quant à elle une entreprise générale de Travaux Publics du Nord. Une implantation régionale ancienne garantissait sa connaissance de l'environnement local ; ses moyens venaient en renfort.

Il aurait été difficile pour une entreprise unique de prendre seule le risque d'un tel chantier : 11 points d'attaque (8 puits pour le creusement du tunnel, et les 3 stations que

compte le lot) au centre d'une métropole. Au contraire, la formule du groupement donne à chacune des équipes qu'il réunit une capacité d'intervention singulièrement renforcée. Les 4 entreprises fusionnent leurs moyens, confiant à l'une d'entre elles le rôle de mandataire commun. Pour le tunnel entre République et Fives, c'est Fougerolle qui assure ce pilotage. Un directeur détaché conduit les travaux : pendant toute la durée du chantier, il est indépendant de son entreprise d'origine. La société en participation se termine de fait quand les comptes sont apurés.

Approche

La réponse à l'appel d'offres ne peut définir que les méthodes générales d'organisation. Ces règles doivent être ensuite précisées par des études avant d'arrêter la répartition des tâches. L'achat des matériels utiles et l'embauche d'effectifs complémentaires demandent également un travail particulier, préalable au démarrage du chantier. A Lille, près des 2/3 des hommes qui construisent le tunnel ont été recrutés sur place. Le choix des engins de travaux, établi dans le cadre de l'étude de prix, constituait un autre sujet de préoccupation : on n'avait pas encore "tapé dans la butte", en dehors des

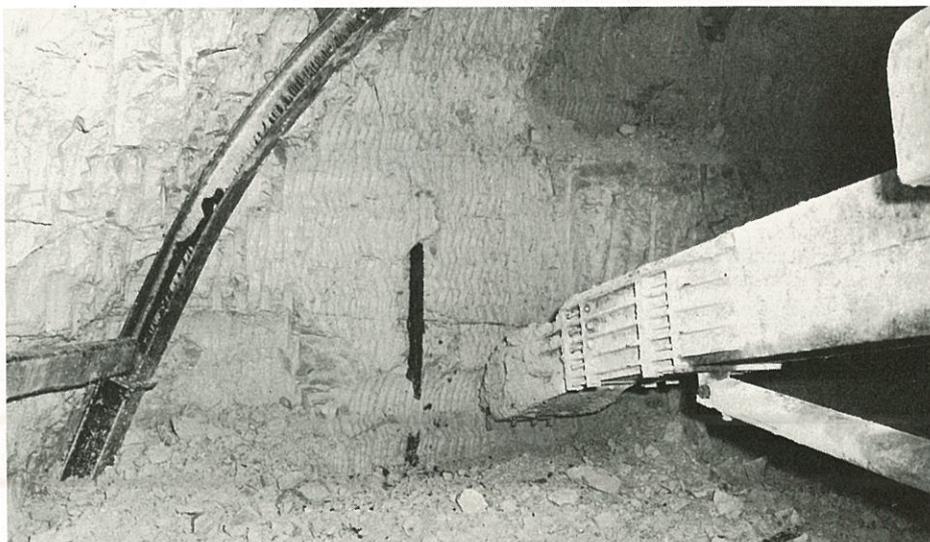
galeries d'essai. Les engins prévus seraient-ils bien adaptés ? L'entrepreneur a dû prendre, à ce niveau, un risque inévitable... sans rencontrer, semble-t-il, de difficulté importante sur le terrain : les fraiseuses-chargeuses en particulier, ces "blaireaux" qui sont placés tous les jours en première ligne sur des fronts de taille très divers, y montrent la souplesse nécessaire et une résistance très grande.

Quand passent les blaireaux

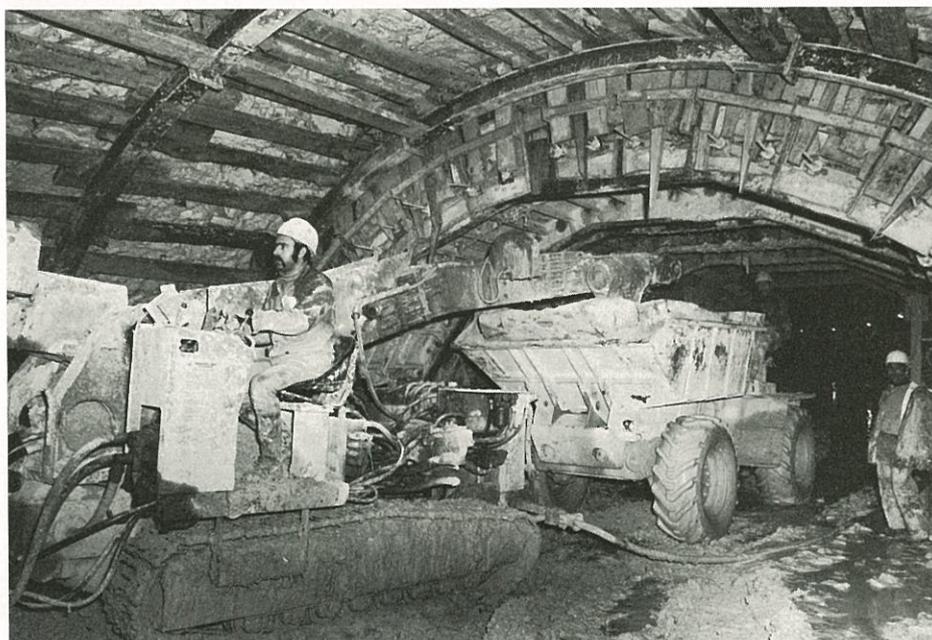
Dans les parties presque achevées, la construction paraît simple. Quoi de plus habituel qu'un tunnel, pour un métro ! Il faut aller voir le chantier ici et là à ses différents stades pour réaliser la difficulté de ces travaux, menés dans les ruisselements constants, sous la lumière des projecteurs, avec en permanence des souffleries, qui refoulent l'air vicié du front de taille vers la surface. Ici, les engins manœuvrent à l'étroit. Les équipes, pourtant, travaillent en continu jour et nuit.

Le chantier avance au rythme de 50 m/mois pour la voûte, 100 m/mois pour la partie basse.

Les blaireaux, ou fraiseuses-chargeuses creusent la terre que des dumpers évacuent. En fond de puits, les bennes de craie sont prises en charge par des grues et remontées jusqu'à la surface. Là, des bacs de décantation recueillent l'eau qui s'infiltré et que l'on pompe dans les galeries. Après le coffrage et le séchage du béton, les finitions sont opérées manuellement, au marteau-piqueur et à la truelle. Quand elles seront partout réalisées, ces grands travaux seront achevés : la ville aura alors gagné un étage.



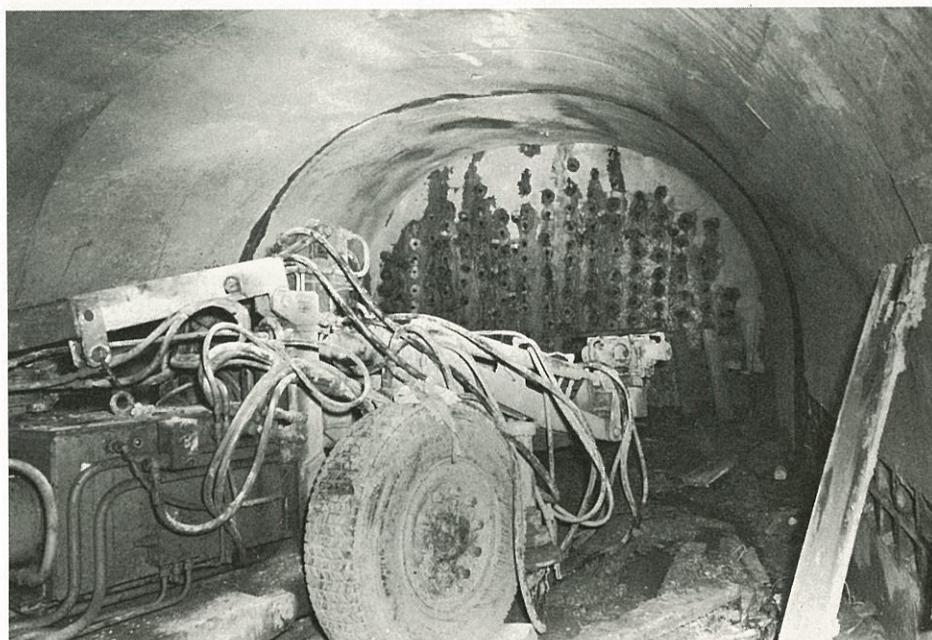
Attaque de la craie traitée par la fraise du blaireau.



L'ensemble blaireau et le chargeur évacuant les déblais.

Travaux

L'avancement au fond implique aussi qu'en surface toutes dispositions soient prises, et les décisions coordonnées : détermination de l'emprise des chantiers, déviation des réseaux et de la circulation automobile, les sujétions sont nombreuses et pour une part du moins imprévisibles. Ainsi, 45 jours d'intempéries et la trêve des confiseurs ont sérieusement compliqué l'intervention des entreprises lilloises chargées des travaux de surface, pendant l'hiver 78-79. Emprise par emprise, il faut aussi respecter les cheminements, limiter le bruit, tenter de minimiser la gêne pour les habitants des quartiers traversés. "Question de bon voisinage..." résume le mandataire du groupement : "Riverains, responsables et entreprises étaient prévenus ; tout le monde a joué le jeu. Résultat : l'insertion dans la ville a été bonne malgré un chantier dont la vitesse et le volume ont surpris." Des réunions hebdomadaires ont été instituées entre la Communauté Urbaine, le maître d'œuvre : SOFRETU, l'Entreprise, la Municipalité de Lille, les services des Pompiers et ceux de la Police. Elles ont permis un ajustement permanent : ce souci du détail est fondamental pour les riverains. Il fallait associer



Chantier d'injections horizontales dans une zone difficile.

de même les différents concessionnaires des services publics : EDF, GDF, P et T. Sans leur aide, la situation aurait été forcément souvent bloquée du fait d'exigences spécifiques au projet ou à ses techniques de mise en œuvre.

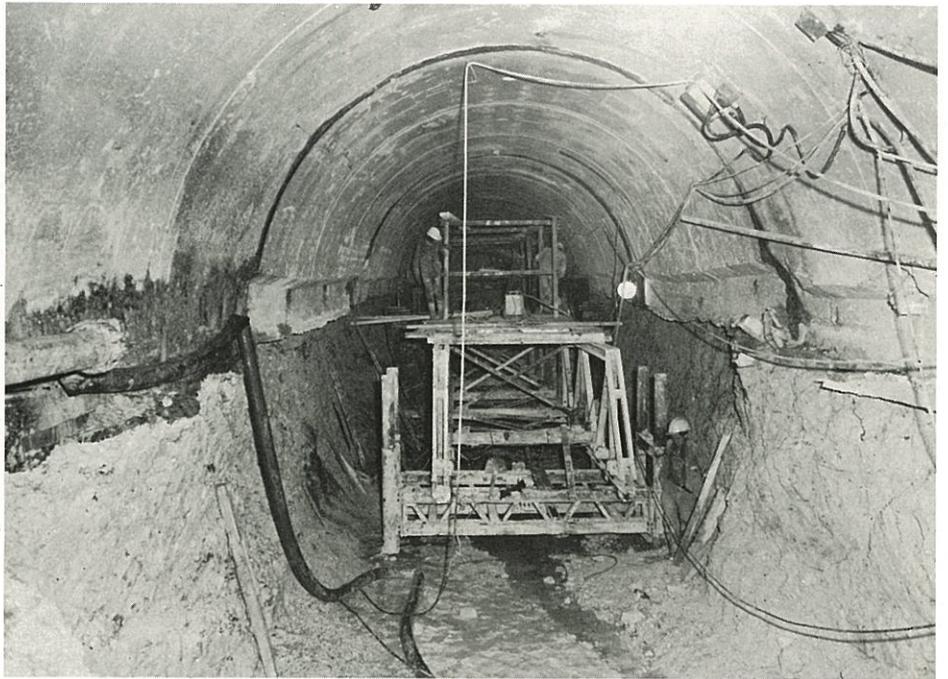
Sécurité

Associer chacun, sur le chantier, aux consignes de sécurité est aussi un objectif quotidien au long de ces galeries souterraines où le travail est mené dans des conditions difficiles. Le respect des règles impose à tous une discipline permanente. Dans le tunnel et les puits, les accidents peuvent être graves ; en station, le travail paraît plus facile. Les hommes sont de ce fait moins conscients des risques et ne prennent pas toujours les précautions qui s'imposent. Le problème est à la fois individuel et collectif : chacun doit se sentir responsable. Des réunions sont organisées, l'effort de persuasion est constant et commence à porter ses fruits : il y a 10 ans, on gardait encore le baret sur de tels chantiers. Le casque est aujourd'hui bien admis. On courait sur les murettes : les poutres dangereuses sont à présent protégées. Des accidents se produisent pourtant, en partie seulement imprévisibles. Il reste des réflexes à acquérir, se protéger du bruit ou de la poussière par exemple, ne prendre d'initiative qu'avec prudence, porter ses gants. Chacun se sent trop souvent encore pénalisé par la sécurité qui casse le rythme et change les habitudes. Un délégué à la sécurité a été nommé qui recueille toutes les idées, des comités particuliers œuvrent sur chaque lot. Mais le problème est plus vaste et plus complexe. A le vivre 8 heures par jour, on finit par l'oublier : personne n'est à l'abri du danger. Pour y faire face, c'est une motivation générale qu'il faut créer et entretenir sans cesse, dans l'environnement du chantier. Les initiatives se sont multipliées, et les actions d'information beaucoup développées. De l'avis général, il faut rester très vigilant dans ce domaine.

Risques

L'imprévu fondamental sur ce chantier, c'est le comportement du terrain au front de taille à la suite des injections. Malgré la campagne de reconnaissance des sols avec une maille très serrée, on a parfois des surprises à l'avancement. Les accidents géologiques : une inversion de couche, ou une flexure par exemple, sont des phénomènes ponctuels qui peuvent avoir des incidences importantes. Les profils tabulaires, où les couches de terrain se superposent sans désordre, sont rares. Les sondages garantissent une fiabilité d'ensemble : ils n'excluent pas des problèmes locaux. "Et il faut les craindre", ajoutent les vieux ouvriers quand la question porte sur ce sujet. A la limite des alluvions, on trouve des silt argileux, friables : leur traversée est difficile, même si les injections affranchissent du problème de l'eau. Un débouillage est alors toujours possible. Il faut réduire les travées, resserrer planches et bastinges et bourrer si nécessaire avec des matériaux qui joueront le rôle de filtre : paille, plâtre. Toute la technique du mineur est alors indispensable pour choisir sans hésiter, et sans se tromper, une méthode bien adaptée. Face aux venues d'eau, des barrages peuvent s'imposer par complément d'injection.

Dernier coup de fleuret prévu à la fin de l'année, de Rihour vers Théâtre. C'est là seulement que l'on pourra dire, de façon définitive : "C'est gagné".



Mise en place du coffrage nécessaire au coulage des piédroits et du radier après creusement de la partie basse du tunnel.



Réalisation d'une perforation à partir de la passerelle du coffrage aux fins de blocage de la voûte bétonnée du tunnel. Ce blocage est réalisé par des injections faites à partir de l'intérieur du tunnel.

Les automatismes du métro de Lille

"En direct du métro" a déjà décrit certains des automatismes du VAL : le détecteur de dégonflement (n° 3), le poste central de contrôle (n° 6). Cet article présente, plus globalement, le rôle et le fonctionnement des automatismes qu'intègre le métro de Lille.

L'automatisation des métros dans le monde s'est réalisée le plus souvent de manière progressive en greffant des dispositifs automatiques sur des matériels existants pour faire évoluer leurs performances et leurs conditions d'exploitation.

Un certain nombre de systèmes de transport nouveaux et totalement automatisés ont cependant vu le jour aux Etats-Unis dès 1970. Ce sont en général des véhicules circulant sur des lignes très courtes pour assurer la desserte d'aéroports, de campus universitaires ou de parcs d'attractions.

Le métro de Lille sera l'un des premiers systèmes de transport entièrement automatique (c'est à dire sans conducteur à bord des trains) à être exploité dans les conditions d'un transport public de masse en milieu urbain et qui ait été conçu dans cette perspective dès l'origine. L'effort a porté à la fois sur une nouvelle étude du pilotage automatique et l'analyse des conditions d'un niveau de sécurité supérieur.

I - Un principe original de détection : la base du système

Généralement, c'est le contact des roues en fer ou celui de patins spéciaux (pour les véhicules à pneus) qui signale l'arrivée d'une rame en fermant lorsque le train est présent un circuit dans lequel circule un courant. Cette information sert pour toutes les fonctions de sécurité en indiquant si la voie est libre ou non.

Sur le métro de Lille, ce principe a été exclu : les patins sont jugés peu sûrs par les concepteurs du VAL ; on n'est jamais certain en effet de l'effort d'application sur le rail. Un système de détection original a donc été développé.

La voie est découpée en cantons regroupés en tronçons autonomes correspondant généralement à une ou deux interstations. La présence des trains sur les cantons est contrôlée en sécurité, grâce à une logique au sol placée dans les locaux techniques des stations.

La logique de contrôle (ou logique de canton) utilise les informations délivrées par :

- un dispositif de détection négative (à l'entrée et à la sortie de chaque tronçon), émetteur-récepteur d'ondes ultra-sonores dont le faisceau est traversé à chaque passage d'un véhicule avec pour conséquence l'interruption du signal,
- un dispositif de détection positive utilisant les signaux émis par les véhicules dans des boucles placées sur la voie (une boucle principale par canton).

Cette logique vérifie le sens de passage des rames en entrée et en sortie de chaque canton.



Les deux rames se croisent sur la voie d'essais au droit d'un détecteur négatif.

II - Des dispositifs classiques La commande d'arrêt des trains

Ce contrôle utilise deux lignes de transmission bifilaires croisées, placées dans la même gaine que les boucles de détection des trains, alimentées en permanence et détectées par les antennes du train :

- la première ligne, munie de croisements équitemps, figure le diagramme de vitesse normal, dit programme normal ;
- la seconde ligne, également munie de croisements équitemps, définit le programme d'arrêt en fin de canton, dit programme perturbé.

Dans le cas où le canton suivant est occupé, la fréquence émise dans la première ligne est modulée de façon particulière par la logique de canton. Cette modulation est interprétée par le train comme l'ordre de respecter le programme de vitesse perturbé.

La sécurité anti-survitesses

Lorsqu'un train suit son programme de vitesse, il détecte les croisements équitemps de l'une ou l'autre des deux lignes de transmission évoquées plus haut à des intervalles de temps constants. La période est de 0.3 s. Un dépassement du programme de vitesse à respecter se traduit par une diminution de ces intervalles de temps : les automatismes embarqués à bord du train contrôlent que ces intervalles de temps successifs restent supérieurs à 0.27 s. S'ils ne le sont plus, le freinage d'urgence est commandé.

La conduite automatique

Le pilotage du train est confié à un dispositif relativement élaboré qui a pour rôle de :

- faire respecter les normes de confort en accélération ($\pm 1.3 \text{ m/s}^2$) et en dérivée d'accélération ($\pm 0.65 \text{ m/s}^3$) en agissant sur les dispositifs de traction et de freinage électrique par le biais d'asservissements,
- faire exécuter les manœuvres préparatoires au freinage avec l'anticipation nécessaire,

- interpréter d'éventuelles télécommandes de vitesse provenant du PCC et qui peuvent modifier (de manière restrictive seulement) la consigne calculée à partir des lignes de transmission équitemps,
- assurer la précision d'arrêt en station (± 30 cm) par le biais d'un asservissement de position déclenché en fin d'arrêt,
- gérer la séquence d'arrêt en station en liaison avec un dispositif électronique au sol, chargé principalement de la manœuvre des portes et du décompte du temps d'arrêt.

Le dispositif de conduite automatique utilise les informations issues des lignes de transmission équitemps ainsi que des balises qui permettent de déclencher les commutations des équipements de traction/freinage. Ces balises sont constituées de deux plots métalliques passifs séparés par une distance représentative de l'évènement à coder (de 50 à 200 cm) et que le dispositif de conduite automatique mesure.

La régulation de trafic

La voie comporte une rangée de plots métalliques (dont certains permettent le codage des balises). Ils sont disposés de sorte qu'un véhicule qui suit normalement son programme de marche voit un plot toute les deux secondes. Le poste central de contrôle émet sur la ligne de transmission un top d'horloge toutes les deux secondes, reçu par tous les véhicules. A bord, un compteur enregistre les tops d'horloge et décompte les plots. La sortie de ce compteur représente l'avance ou le retard en fonction desquels le véhicule roule plus ou moins vite. Il est ainsi possible de réguler l'intervalle de temps entre trains en modulant la vitesse. On peut provoquer un décalage d'horaire par arrêt de l'horloge centrale si un véhicule prend plus de deux minutes de retard sur son horaire théorique. On répercute ainsi le retard d'un véhicule sur les suivants pour éviter les "bouchons".

III - La sécurité-système : un niveau supérieur de sécurité Des automatismes surveillés

La conception des automatismes de sécurité du VAL respecte les critères de la sécurité intrinsèque (ou positive) au sens ferroviaire traditionnel du terme. Pour les circuits électroniques, les hypothèses les plus pessimistes concernant les modes de pannes des composants ont été prises en compte afin que la sécurité du système soit maintenue.

Ainsi, les anomalies pouvant mettre en cause la sécurité anti-collision sont détectées par une logique de supervision qui provoque la coupure de la haute tension (courant de traction) et d'une fréquence (dite fréquence de sécurité) dans une ligne de transmission placée sur la longueur des cantons ; la coupure de la fréquence de sécurité est détectée à bord des véhicules et provoque l'arrêt de ceux-ci en freinage d'urgence.

Des précautions nouvelles

Deux dispositions nouvelles prennent en charge la sécurité des voyageurs où les systèmes traditionnels ne prévoient en général aucune protection :

- les stations sont munies de portes palières actionnées automatiquement,

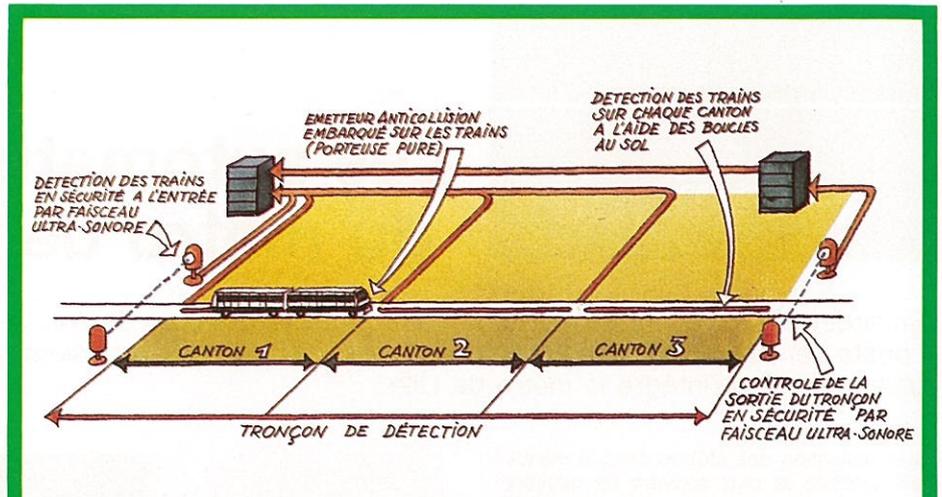


FIGURE 1 - DETECTION DES TRAINS

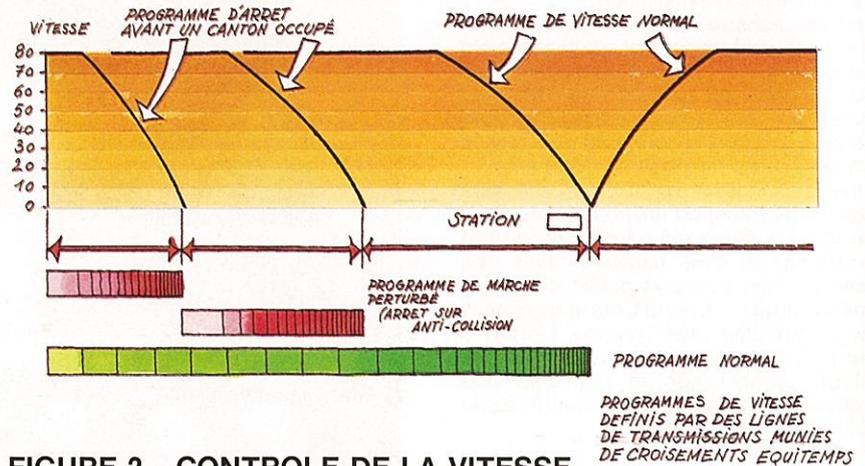


FIGURE 2 - CONTROLE DE LA VITESSE DES RAMES

- en cas d'évacuation d'urgence des passagers sur la voie, la haute tension est coupée automatiquement et de manière sécuritaire par la manœuvre des poignées d'alarme mises à la disposition des voyageurs dans les trains. Ces poignées déverrouillent également les portes d'accès.

également télécommandée par le poste central de contrôle, d'où les responsables supervisent la circulation des rames et l'adaptent aux conditions du réseau.

La recherche d'une excellente disponibilité

La disponibilité, c'est à dire l'assurance pour un voyageur d'être transporté sans incidents, a nécessité la mise en œuvre d'autres moyens dont certains sont originaux :

- l'accostage automatique : lorsqu'une rame en panne bloque le trafic, la rame suivante vient l'accoster à très petite vitesse selon une procédure automatisée, et repart dans des conditions normales,
 - la redondance : la quasi-totalité des équipements nécessaires aux mouvements des trains est doublée ; lorsqu'une panne se manifeste sur un matériel, le poste central de contrôle l'isole et met en service le matériel prévu en remplacement.
 - la commande manuelle simplifiée : ces dispositifs permettent en dernier recours de reprendre localement le contrôle des véhicules, des stations et des terminus.
- Enfin, suivant des dispositions courantes sur les métros, des communications de voies permettent l'exploitation provisoire partielle de la ligne. Leur mise en service est

Armement de voie au droit d'un aiguillage avec les détecteurs négatifs et le tapis de détection positive.

