

Il est à l'Ouest de Paris une autoroute très discrète : le bouclage en souterrain de l'A.86

J.J. Morlot SOCATOP



Le tunnelier du tunnel
Est (VL)

Un ouvrage qui doit s'intégrer dans un site exceptionnel

Celui qui utilise sa voiture en région parisienne durant la semaine, connaît bien le problème qui se pose en Ile de France. Pour éviter l'asphyxie, il faudra répondre à la demande toujours croissante des déplacements entre banlieues. C'est l'un des problèmes que doit résoudre l'A.86, seconde rocade autoroutière de l'Ile de France, située entre la Francilienne et le boulevard périphérique parisien, à une dizaine de km de celui-ci. Une ceinture de 78 km autour de la capitale, à laquelle il ne manque qu'un tronçon de 10 km pour être bouclée... Mais pas n'importe quel maillon ! A l'ouest, entre Rueil-Malmaison et Versailles, le tracé traverse un secteur résidentiel privilégié, riche en sites et monuments classés. Dès son origine, il jouxte à Rueil le château de la Petite

Le tracé des tunnels de l'A86 Ouest



Les tunnels de l'A86 Ouest en Ile-de-France



Malmaison, qui fût l'orangerie de l'impératrice Joséphine. Il poursuit son trajet au cœur des forêts domaniales de la Malmaison et de Fausses Reposes, où l'on trouve le pavillon de chasse de Louis XV, le bois de Saint Cucufa, le bois de Pont Colbert, se faufilant entre golfs, haras, ou arbo-retum. Depuis trente ans que l'A.86 était inscrite dans les schémas directeurs de l'Ile de France, aucune solution n'avait été trouvée jusqu'à sa déclaration d'utilité publique en décembre 1995.

La seule façon de préserver l'environnement exceptionnel de cette région était la liaison entièrement souterraine. Le coût d'un tel ouvrage est environ dix fois plus élevé qu'une autoroute en surface. Aussi, pour financer de tels projets à la fin des années 80, l'État a eu recours à la concession et au principe du péage : Rien à la charge de l'État, rien à la charge des contribuables. C'est l'usager qui paiera pour l'infrastructure qu'il utilisera.

Avec l'apparition des tunneliers de grand diamètre capables de forer en grande profondeur, Cofiroute (1), dont les sociétés de travaux publics actionnaires ont acquis une expé-

rience dans ce domaine, propose un projet en 1988. Ce principe est retenu pour le bouclage de l'A.86 en tunnel. L'État lui concède cette liaison pour soixante-dix ans. Le droit de passage payé par l'utilisateur permettra alors à Cofiroute d'en assurer l'exploitation conformément au contrat qui la lie à l'État, et de rembourser ainsi les emprunts contractés.

Un concept unique au monde

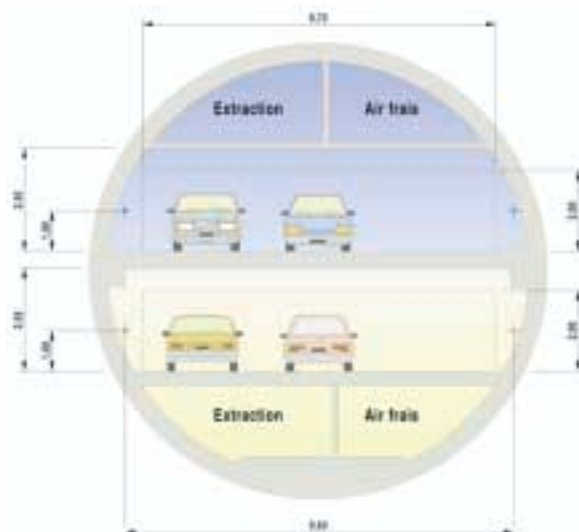
À partir de Rueil, ce n'est pas un mais deux tunnels qui seront construits. Les deux entrées contiguës sépareront le trafic Poids Lourds, qui ne pourra emprunter que le tunnel Ouest.

Le tunnel Est, long de 10,5 km, se raccordera à l'A.86 au sud de Versailles, à Pont Colbert, où l'on construira un échangeur. Un autre point d'échanges sera construit à Vaucresson, à mi-parcours, à l'intersection avec l'autoroute de Normandie (A.13). Celui-ci sera en grande partie enterré.

Dans ce tunnel de 10,40 m de diamètre intérieur, la circulation se fera

Dans ce tunnel de 10,40 m de diamètre intérieur, la circulation se fera sur deux niveaux indépendants et étanches - trois voies en direction de Versailles au niveau inférieur, trois voies vers Rueil sur le niveau supérieur. Il sera exclusivement réservé aux véhicules légers. Chaque niveau est séparé en deux espaces, l'un pour le trafic, l'autre pour la ventilation.

Le tunnel Est - Coupe type



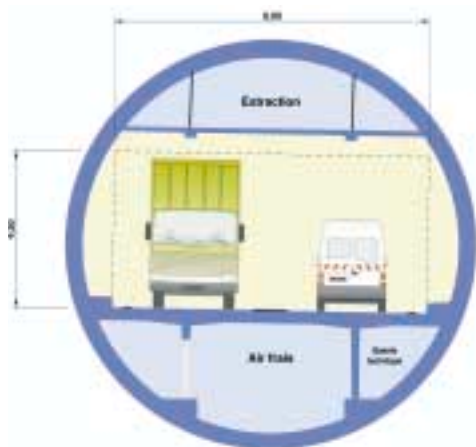
sur deux niveaux indépendants et étanches – trois voies en direction de Versailles au niveau inférieur, trois voies vers Rueil sur le niveau supérieur. Il sera exclusivement réservé aux véhicules légers. Chaque niveau est séparé en deux espaces, l'un pour le trafic, l'autre pour la ventilation. Des puits implantés tous les 1200 m environ relieront le tunnel à la surface, pour l'accès des secours. Ils serviront également de prises d'air frais, ou d'extraction de l'air vicié. À l'intérieur du tunnel, des niches de sécurité, disposées tous les 200 m, seront associées à des refuges plus importants, pressurisés, et équipés d'escaliers pour communiquer d'un niveau de circulation à l'autre.

Le tunnel Ouest, «tous trafics», sera de conception plus classique, avec une circulation bidirectionnelle à une voie dans chaque sens. De plus grand diamètre intérieur (10,90 m), il acceptera des véhicules dont la hauteur pourra atteindre 4,50 m. D'un profil en long en pente douce, il sera relié à la surface par deux puits d'accès de secours et de ventilation. Ce tunnel, long de 7,5 km, et accessible à tous les véhicules, atteindra l'autoroute A.12 au sud du triangle de Rocquencourt près de St Cyr l'École. Le raccordement qui sera construit à cet endroit, sur la commune de Bailly, permettra au trafic de rejoindre un peu plus loin la R.N.286.

Projet optimisé

Les caractéristiques des tracés retenus correspondent à une vitesse de référence de 80 km/h.

Le tunnel Ouest - Section type sur refuge



Le diamètre intérieur du tunnel «VL» a été défini à partir des gabarits routiers calés sur la «ligne rouge», et de la tolérance globale de construction qui a été évaluée à ± 105 mm. La valeur retenue pour le diamètre est de 10,40 m. Elle inclut cette marge de manœuvre de 105 mm.

C'est ainsi que sur les 10 133 m du tunnel Est «VL» (véhicules légers), les rayons de courbure moyens en plan seront de 3300 m, avec des minima de 800 m. En profil en long, les rampes seront comprises entre 0,5 % et 4,5 %, et ses rayons ne pourront être inférieurs à 3000 m – alors que les pentes du tunnel ouest, qui pourra être emprunté par tous types de véhicules, n'excéderont pas 2%. Sur ses 7632 m, les rayons de courbure ne seront pas inférieurs à 900 m en plan, et à 3000 m en profil.

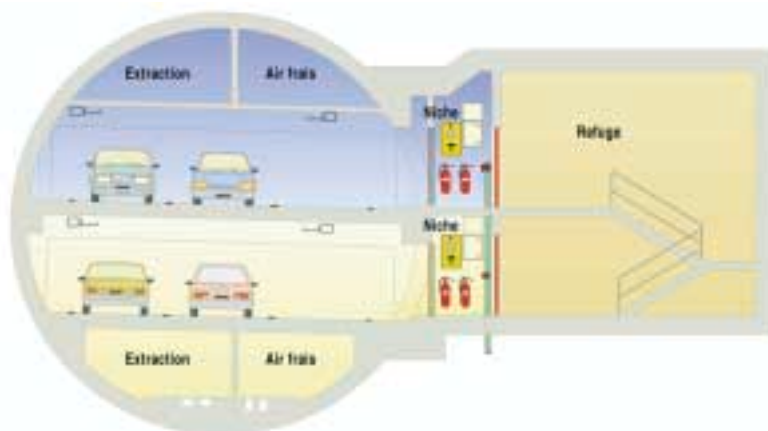
Le diamètre intérieur du tunnel «VL» a été défini à partir des gabarits routiers calés sur la «ligne rouge», et de la tolérance globale de construction qui a été évaluée à ± 105 mm. La valeur retenue pour le diamètre est de 10,40 m. Elle inclut cette marge de manœuvre de 105 mm. Ce qui signifie que le parement du tunnel ne devra en aucun cas se trouver à plus de 105 mm de sa position prévue, faute de quoi nous serions obligés de modifier le tracé, ou de casser... ce qui n'est pas prévu. Évaluée en fonction des retours d'expérience acquise sur les chantiers de tunnels précédents, ce jeu de fonctionnement indispensable combine toutes les

erreurs accidentelles inhérentes aux différentes phases des travaux de topographie, de foration, de pose des voussoirs, de déformation des anneaux. C'est une contrainte importante pour tous les acteurs de la construction, qui devront composer, chacun avec la tolérance qui lui a été allouée (celle réservée à la topographie est de 20 mm). Mais pourquoi donc se pénaliser avec de telles spécifications me direz-vous? Le coût des travaux souterrains est beaucoup plus élevé que ceux exécutés en surface. On peut dire que le prix du cm supplémentaire sur le rayon du tunnel représente un pourcentage non négligeable du coût du projet, et qu'il est certainement comparable à la variation de section qu'il entraîne. Ce qui explique cette tolérance calculée au plus juste.

Les travaux redémarrent

Après un faux départ en 1997, les travaux avaient été stoppés le 20 février 1998 par le Conseil d'État pour non respect par le gouvernement d'une directive européenne relative à la concurrence – le chantier du bouclage de

Le tunnel Est - L'intervention des secours Deux tunnels indépendants reliés tous les 200 mètres

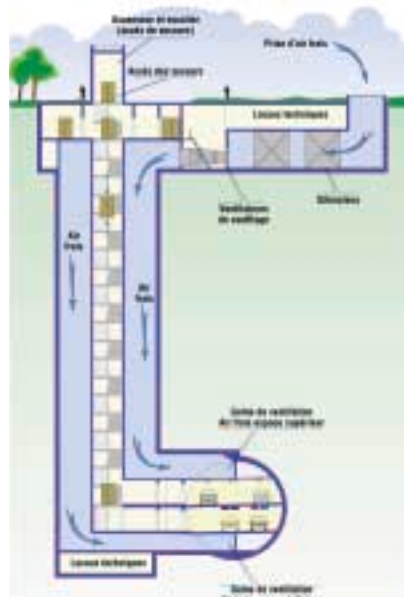


l'A.86 à l'Ouest est de nouveau en cours. Après un appel d'offres européen, l'État a choisi le 3 septembre 1999 la société COFIROUTE pour financer, concevoir, construire et exploiter pendant 70 ans l'autoroute A.86. À son tour, le 22 décembre 1999, COFIROUTE a confié à SOCATOP (2) la conception et la construction clé en main de l'ouvrage pour un montant forfaitaire de 10,4 milliards de Francs T.T.C.

C'est le chantier de travaux publics le plus important actuellement en Europe. Pour réaliser ce projet, les entreprises associées de Socatop (3) ont réuni leurs moyens humains, techniques et financiers.

La première tranche du contrat de travaux est la liaison en tunnel Rueil-Malmaison-A.13 de 4,5 km qui sera creusé de Rueil vers l'autoroute A.13. Les quatre puits de secours et de ventilation associés seront réalisés en parallèle. Nous évoquerons principalement cette partie dont les travaux sont commencés depuis peu (le tunnelier a débuté la foration fin novembre 2000). Dans un deuxième temps, lorsque le percement sera effectué à Vaucresson, le tunnelier sera démantelé pour être remonté sur une plate-forme préparée à cet effet sur l'échangeur de Pont-Colbert, près de Versailles. Il repartira de là en sens inverse pour forer et construire les 5,5 km qui le séparent de l'A.13.

Le tunnels Est - la ventilation Principe d'une unité d'air frais



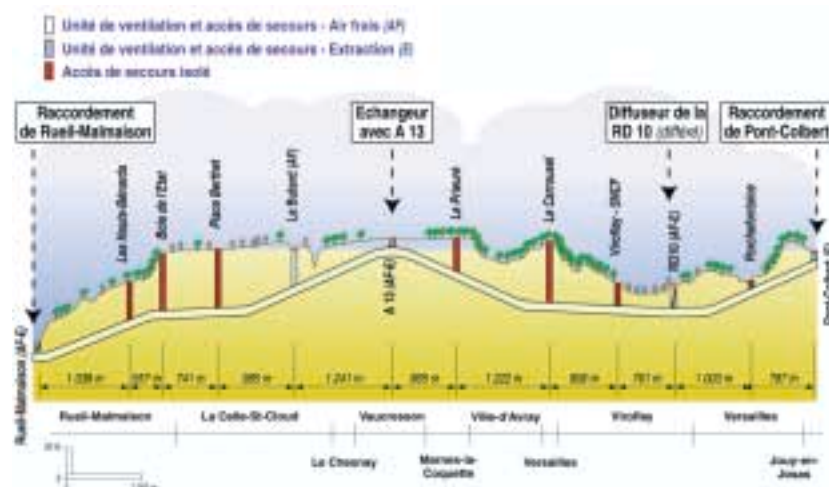
Car non seulement le tunnelier fore, extrait les déblais par une vis d'Archimède, les évacue, mais il a la particularité de poser le revêtement en continu à l'avancement. C'est toujours «une formule 1 à six roues» qui est construite spécialement pour chaque projet, en fonction de la géologie locale.

Le tunnel ouest se fera ensuite. Les dates de mise en service prévues sont 2004 pour Rueil-Vaucresson, 2006 pour le bouclage jusqu'à Versailles, et 2008 pour le tronçon Rueil - Bailly (A.12).

En 1997, pendant que la société Herrenknecht fabriquait le tunnelier en Allemagne, et que les archéologues terminaient leurs fouilles au pied de la colline de la Jonchère à Rueil, les terrassiers préparaient l'emplacement de la future unité de ventilation, et la construction du berceau de la «taupe» à l'abri d'une paroi moulée de 35 m de hauteur. C'est en effet dans ce site du paléolithique où nos ancêtres traquaient les chevaux sauvages, les cerfs et les sangliers, que l'on a posé et assemblé les morceaux métalliques du monstre de 1400 tonnes. Pour reconstituer ce cylindre de 12 m de long et de 11,60 m de diamètre, les pièces du puzzle d'un poids de 40 à 145 t ont été acheminées par voie d'eau : Rhin et Seine jusqu'au port de Gennevilliers, puis A.86 existante jusqu'au chantier. C'est également par la Seine, en bordure de laquelle se trouve le chantier à Rueil, que les voussoirs en béton armé arrivent.

Fabriqués près de Lyon, dans l'usine de préfabrication utilisée pour la construction des tunnels sous Caluire pour le Boulevard Périphérique Nord de Lyon, ces éléments de 10 tonnes fabriqués avec des tolérances de 2 mm, sont chargés sur des trains pour être repris par péniches à Gennevilliers. Stockés sur notre site, puis acheminés jusqu'au tunnelier par groupe de huit, il seront montés dans la jupe du tunnelier pour former un anneau du tunnel de 2 m de longueur. Car non seulement le tunnelier fore, extrait les déblais par une vis d'Archimède, les évacue, mais il a la particularité de poser le revêtement en continu à l'avancement. C'est toujours «une formule 1 à six roues» qui est construite spécialement pour chaque projet, en fonction de la géologie locale. Dans les terrains présentant une bonne cohésion, la machine idéale est un tunnelier «à pression de terre», capable d'évacuer les déblais sur un convoyeur à bande. Alors que dans les terrains instables ou noyés tels que les sables de Fontainebleau, c'est un tunnelier «à pression de boue» qu'il faut, pour assurer la stabilité du front devant la machine, par injection d'une boue bentonitique maintenue sous pression par l'inter-

Le tunnels Est - Profil en long et implantation des émergences



médiaire d'une bulle d'air comprimé. Dans ce cas, on évacuera les déblais par tuyauteries et par pompe.

Ici, les sondages géologiques effectués tous les 500 à 1000 m le long du tracé ont révélé une superposition de couches caractéristiques du Bassin Parisien, tantôt dures, calcaires et marno-calcaires, tantôt argileuses telles les marnes à huîtres, ou supergypseuses, argile verte ou plastique. C'est donc pour la première fois un tunnelier mixte qui a été conçu. Pour s'adapter aux différentes couches traversées, il peut passer du mode «pression de terre» au mode «pression de boue», et ajuster le confinement du terrain devant la roue de coupe pour éviter tout tassement en surface.

La vigilance des topographes

Sur de tels ouvrages linéaires, le topographe a un rôle important à jouer, car l'espace en souterrain est compté. En effet, une augmentation d'un centimètre seulement dans le dimensionnement du rayon du tunnel n'entraîne-t-elle pas une augmentation de section de 0,364 m² pour le tunnel «VL»? soit 3822 m³ de déblais supplémentaires, de béton, d'armatures, un tunnelier et des moules à voussoirs plus grands, des études supplémentaires, etc... c'est-à-dire peut-être 3,5 pour mille du coût global du tunnel ! Soit, méfions-nous des extrapolations, mais on comprend bien que le cm coûte cher, et que de ce fait, les dimensions de l'ouvrage

ont été calculées au plus juste, avec des tolérances très fines (± 5 mm sur certaines structures internes).

Ce qui conduit le topographe à élaborer les méthodes les mieux adaptées, non seulement pour ses activités propres, mais pour chacune des phases de la construction :

- Guider la machine au plus près de sa route théorique - la «ligne rouge» - de façon à construire le revêtement dans des tolérances géométriques imposées, et à ce que les gabarits, calés sur cette ligne, puissent passer sans se frotter au revêtement... (On sait que la machine ne peut pas reculer, puisqu'elle s'appuie pour avancer sur les anneaux qu'elle met en place),
 - Implanter en surface les ouvrages prévus sur le tracé, et dont les équipements sont liés fonctionnellement avec le tunnel,
 - «Surveiller» toutes les déformations d'ouvrages et du bâti existant en surface, afin de prévenir les désordres éventuels qui pourraient être provoqués par le creusement,
 - Enfin, assurer, après plusieurs kilomètres de foration, un percement «dans le mille», c'est-à-dire au centre de la réservation laissée pour l'arrivée du tunnelier. Le «jeu» prévu dans le tympan correspond souvent à la tolérance de construction imposée tout au long du tracé. Elle est souvent très petite au regard de sa longueur ($\pm 0,10$ m / 4500 m, soit $2,2 \cdot 10^{-5}$).
- Pour le topographe, la tâche est éprouvante, parfois angoissante, d'autant qu'à l'optimisation des dimensions d'ouvrages, on optimise

également le personnel. Disposant de moyens de plus en plus automatisés, il dialogue plus souvent avec ses automatismes qu'avec l'équipe - elle aussi réduite - qui travaille sur le chantier, ce qui l'oblige à une vigilance de tous les instants.

Néanmoins, les grands projets, trop rares en ce moment en France, sont une chance pour ceux qui peuvent y participer, car les niveaux de qualité requis dans tous les domaines, obligent à se surpasser. Pour atteindre avec succès ces objectifs, on sait qu'il faut mettre en place un canevas d'appui précis sur les dix kilomètres du tunnel «V.L.», où l'on construira des unités de ventilation à chacune des extrémités et au point d'échanges avec l'A.13, deux unités de ventilation intermédiaires, et des puits de secours tous les 1200 m en moyenne, soit douze ouvrages profonds. Pour des raisons de délai, les travaux démarrent toujours sur plusieurs ouvrages simultanément, et notamment aux extrémités du projet. Malheureusement pour le topographe, il est rare de pouvoir utiliser une liaison avec la surface suffisamment à temps pour fermer et contrôler un cheminement en tunnel. Ces travaux annexes, planifiés sur une durée assez longue, se terminent souvent après la sortie du tunnelier. Il est donc indispensable de réaliser des implantations précises dès le départ, car si les diamètres des tunnels sont optimisés, ceux des puits le sont également. Par exemple, l'écart maximal tolérable en plan entre la position des puits (actuellement en construction) et le tunnel qui n'est pas encore fait dans ces zones n'est que de 5 cm.

- Mettre en place des références «solides» en tunnel, en nombre suffisant pour pouvoir réaliser des che-

Le tunnels Ouest - Profil en long et implantation des émergences



Tunnelier au crépuscule

minements de contrôle indépendants, et pour disposer d'observations en surnombre pour compenser les figures fermées.

- Bien connaître la géométrie de la machine, après avoir matérialisé ses axes, et positionner des points fixes par rapport à ses axes (6 petits réflecteurs à prismes ont été fixés de chaque côté du bouclier).

Des opérations bien maîtrisées

Pour réussir un tel challenge, il est indispensable de mettre en place un système qualité efficace, capable de filtrer toutes les fautes. À partir de spécifications élaborées par la Maîtrise d'Œuvre, le secteur Travaux édite des procédures pour chaque phase de travail. La Maîtrise d'Œuvre tient ainsi le rôle de guide et de veilleur pour que le secteur Travaux puisse se consacrer pleinement à la production. Sur ce projet, cette Maîtrise d'Œuvre est dite «intégrée», puisque constituée de professionnels provenant des mêmes sociétés que celles dont est issu le personnel «Travaux», et qui forment le groupement Socatop, chargé de la conception et de la construction. La connaissance des hommes et des travaux auxquels ils ont participé sur des projets précédents, facilite le contact et le dialogue. Pour cette raison, elle est probablement plus rigoureuse qu'une Maîtrise d'Œuvre traditionnelle, car elle connaît bien les écueils à éviter. Plus qu'un contrôle extérieur, elle peut appréhender les difficultés à l'avance, les évaluer, prévenir et aider le secteur travaux : Équipée d'instruments efficaces (tachéomètre électronique pouvant travailler sans réflecteur jusqu'à 200 m, théodolite et distancemètre de précision, gyrothéodolite, niveau numérique), ses vérifications sur site complètent les opérations de l'équipe topographique du secteur

travaux.

Enfin, l'utilisation intensive de l'Intranet de la société facilite les échanges de documents entre les différents secteurs.

Une toile de précision

- En surface, le canevas d'appui est matérialisé, pour la planimétrie, par des piliers en béton armé équipés de supports pour le centrage des instruments - trois par puits, cinq ou six par échangeur - Leurs coordonnées sont déterminées par G.P.S. La précision requise est de ± 4 mm. Les repères de l'I.G.N. seront utilisés pour l'orientation de la figure aux extrémités du projet.

Des opérations de contrôle seront effectuées par méthode traditionnelle : cheminements polygonaux pour relier les repères, plutôt qu'une triangulation difficile à réaliser dans cette région boisée. Quinze kilomètres de cheminements de nivellement de précision ont déjà été faits pour relier les repères du N.G.F. et ceux scellés sur les piliers sur le premier tronçon du tunnel.

Un guidage en douceur

Le guidage du tunnelier se fait à partir d'un cheminement polygonal réalisé à l'avancement à l'arrière du train suiveur, et mesuré avec un tachéomètre de précision, stationné sur des consoles métalliques vissées sur le revêtement. Pour le premier tronçon de 4,5 km, deux cheminements indépendants et croisés, dont les côtés sont de l'ordre de 250 m serviront d'appui pour guider la machine. L'orientation en début de cheminement pourra se faire à l'extérieur, dans l'emprise du chantier de Rueil, sur les points I.G.N. connus, puis la polygonale empruntera la descente qui sert d'accès aux tunnels. Des repères de nivellement scellés tous les 50 m dans le revêtement serviront

de références pour l'altimétrie. L'entrée des tunnels se trouve au pied de la paroi moulée haute de 35m qui retient la colline. C'est à cet endroit que sera construit une des unités de ventilation. Quand on pénètre à l'intérieur du tunnel, on est surpris par son important diamètre. Cet espace est rapidement comblé par les différents ateliers de construction : celui de la dalle inférieure, dont les éléments préfabriqués sur le chantier sont ajustés et réglés en altitude dans une tolérance de $\pm 3,5$ mm, avant d'être clavés, car c'est sur cette dalle de 30 cm d'épaisseur, que les différentes couches formant la chaussée de 55 mm seront appliquées. Nous rencontrerons plus loin les ateliers de construction des niches et escaliers de transfert tous les 200 m, puis enfin nous arriverons à l'arrière de ce train de 170 m de long, où la polygonale devra se faufiler pour atteindre le bouclier. Là, depuis la console la plus proche du front, un tachéomètre motorisé vidéo-asservi travaille seul, en permanence, puisque les équipes de construction font les trois postes. Il fait ses visées sur trois des six réflecteurs fixés sur l'avant de la machine, reprend parfois sa référence arrière. Pas de câble de liaison avec le train. Les lectures sont transmises par radio jusqu'à l'ordinateur situé dans la cabine du tunnelier. Traitées par le logiciel de D.&PS (5), on peut lire en temps réel sur l'écran la position de la machine par rapport au tracé : en plan, en profil en long, son P.M. (point métrique), sa tendance, son roulis, son lacet, son tangage. Toutes ces informations ainsi que bien d'autres concernant la machine, sont transmises dans les bureaux du chantier par câble.

Le tunnelier possède également son propre système de positionnement par rapport au dernier anneau posé, qui utilise la mesure automatique des elongations de vérins : En effet, le système C.A.P. (4) gère de nombreux paramètres. Il a par exemple la

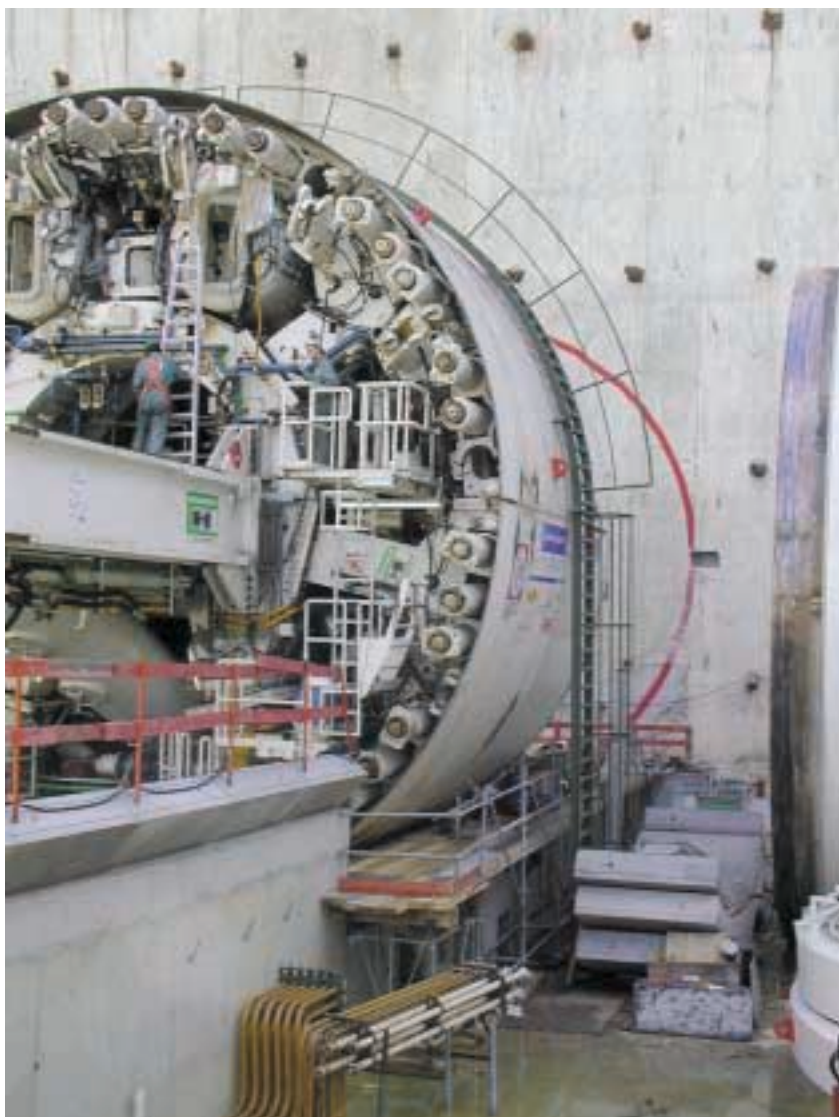
Pour le topographe, la tâche est éprouvante, parfois angoissante, d'autant qu'à l'optimisation des dimensions d'ouvrages, on optimise également le personnel. Disposant de moyens de plus en plus automatisés, il dialogue plus souvent avec ses automates qu'avec l'équipe - elle aussi réduite - qui travaille sur le chantier, ce qui l'oblige à une vigilance de tous les instants.

particularité de prendre en compte la pression des terrains devant la roue de coupe et de diriger sa trajectoire en répartissant la pression linéairement dans ses 14 groupes de 3 vérins de poussée – pour progresser en souplesse, sans casser les voussoirs sur lesquels il s'appuie pour avancer. Avec 15 252 t de poussée totale, il vaut mieux doser sa force... Une des deux imprimantes connectées à l'ordinateur situé dans les bureaux de chantier édite automatiquement un «rapport géomètre» parmi d'autres documents relatifs aux pressions, vitesses de la roue de coupe, etc... C'est ainsi que nous pouvons suivre en temps réel la progression de la machine. Le système de suivi automatique cité précédemment a été également utilisé pour enregistrer les variations altimétriques des anneaux dès leur pose, et pour ausculter la paroi moulée et le bâti de poussée utilisé pendant le démarrage du tunnelier.

L'imprécision due à la conduite du tunnelier est limitée à 55 mm. En fonction de l'attitude que la machine a dans l'espace, le système CAP définit une trajectoire de rattrapage, à laquelle est associée une suite d'anneaux capables d'être montés dans la jupe du tunnelier pour suivre la trajectoire calculée et revenir progressivement vers la route théorique.

Un ouvrage suivi de très près

Derrière le train, lorsque les anneaux bloqués au terrain par le mortier de bourrage sont stabilisés, les topographes procèdent au levé du revêtement à l'aide d'un tachéomètre électronique sans réflecteur. Un profil en travers est mesuré tous les 10 m en moyenne. Les écarts en chaque point de l'anneau entre la position réelle et la position théorique du diamètre de 10,40 m sont affichés immédiatement et enregistrés. Le programme utilisé est le «Profil». Les fichiers obtenus sont repris sous autocad afin d'obtenir la présentation souhaitée : édition des profils à l'échelle, dans un format A3 sur lequel apparaît différents renseignements et détails agrandis (rayon du plus grand cercle inscriptible dans l'anneau mesuré et position du centre par rapport à l'axe



Vue du bouclier en cours de montage.

théorique du tunnel, écarts résiduels aux angles des gabarits routiers, sections de ventilation).

Les déformations du tunnel à long terme sont également suivies, afin de vérifier que les hypothèses retenues pour le dimensionnement sont bonnes. Quelques anneaux judicieusement choisis en fonction des terrains traversés, sont instrumentés pour mesurer la convergence de l'ouvrage (une dizaine de sections sur les premiers 4,5 km). Les plots choisis et scellés à raison de 8 par auréole, sont ceux du Cete de Lyon, qui permettent à la fois une mesure classique au fil d'invar, et une mesure sans contact. En effet, les cordes pourront être mesurées à 0,2 mm près au distancemètre à fil d'invar DO1 du Cete de Lyon (résolution 0,1mm), mais également par visées

optiques à l'aide d'un tachéomètre électronique, le pointé étant fait sur cibles rétro – réfléchissantes. L'expérience montre dans ce cas que la précision obtenue sur la longueur de la corde est de $\pm 0,5$ mm – le point de mesure étant le même quelle que soit la méthode utilisée. Enfin, les zones sensibles, telles les parois de grande hauteur, sont auscultées en continu selon le programme «autosurv» de D&PS : Un tachéomètre stationné sur un pilier protégé des intempéries effectue des pointés en permanence sur une série de prismes fixés sur la paroi à moins de 200 m. Les lectures sont transmises par radio et enregistrées dans un ordinateur jour et nuit (au poste de garde du chantier). Dès que les écarts atteignent une tolérance fixée a priori, un signal est émis et permet de prévenir le topo-

graphe. Le suivi géométrique de la paroi sous forme de graphiques est mis à jour par le topographe et transmis par intranet (Lotus Notes). Le personnel concerné peut consulter le suivi de l'auscultation de la paroi à tout moment, quel que soit son lieu de travail.

L'environnement préservé pendant les travaux

Deux millions de m³ de déblais seront extraits des tunnels. Pour le premier tronçon en cours, ils sont évacués par voie fluviale, à partir du quai aménagé en Seine dans l'emprise du chantier, vers des décharges agréées. Aucun camion, aucune traversée de routes pour ce premier tronçon de tunnel.

Des protections phoniques ont été créées ponctuellement pour remédier à la gêne occasionnée par les travaux en surface aux deux extrémités, à Rueil et à Vaucresson.

Les eaux de ruissellement sont traitées dans des bassins de rétention avant rejet en Seine. La qualité des eaux, contrôlée régulièrement, est au moins équivalente à celle du milieu dans lequel elles sont rejetées.

Les emprises ont été réduites au maximum pour éviter l'abattage d'arbres. Ces espaces, souvent isolés des zones riveraines par des modelés de terre seront replantés. Les puits de secours seront noyés dans la verdure, et les quelques émergences des bâtiments techniques seront masquées par la végétation. Au total, 5000 arbres seront replantés dans la zone de l'échangeur avec l'autoroute A.13.

La sécurité bénéficiera elle aussi des dernières avancées technologiques

Dès leur conception, les tunnels ont intégré un haut niveau de sécurité.

Tout d'abord, la vitesse y sera limitée à 70 km/h et contrôlée.

Ensuite, le système «Diva» (Détection Immédiate de Véhicules Arrêtés) a été prévu pour localiser, identifier, et enregistrer en moins de 10 secondes tout ralentissement anormal ou arrêt d'un véhicule. Avec ses 350 caméras, il complétera les moyens de détection automatique d'incendie, d'oxyde de carbone, et les opacimètres. Le signal émis par les caméras est numérisé par un processeur qui analyse les mouvements des pixels, et fournit des alarmes pour chaque type d'incident. Mis au point avec l'Institut national de recherche sur les transports et leur sécurité (Inrets), ce système a montré dans des voiries souterraines existantes un taux de détection supérieur à 99,8%. Moins d'une minute suffira ensuite pour activer les panneaux d'information lumineux, diffuser des messages sur la bande FM des autoradios et déclencher éventuellement les signaux de neutralisation de voies.

En cas de danger, les automobilistes disposeront tous les 200 m de niches de sécurité équipées d'un matériel de lutte contre l'incendie, et d'un téléphone relié au poste de surveillance. Les refuges étanches pourront accueillir jusqu'à 50 personnes. Ils seront pressurisés et placés sous vidéo-surveillance. La liaison sera possible entre les deux niveaux de circulation du tunnel Est par un escalier de transfert. Enfin, les accès de secours disposés en surface tous les 1200 m faciliteront l'accès direct au tunnel par ascenseur et escaliers.

Le cahier des charges a d'ailleurs été défini par les pompiers, les CRS, et le Samu. Dès 1991, une commission interministérielle de sécurité réunissant soixante experts (responsables nationaux et départementaux des services de secours, et centre d'études des tunnels), a évalué la faisabilité du tunnel. Après plusieurs mois d'études, d'enquête et de rapports, cette commission a validé les choix qui ont été faits.

Suite à l'accident du tunnel sous le Mont Blanc, la circulaire interministérielle du 25 août 2000 fixant les

conditions techniques relatives à la sécurité dans les tunnels a été publiée, et le Projet a dû faire l'objet d'une nouvelle instruction. Suite à l'avis du comité d'évaluation de la sécurité dans les tunnels routiers, le Ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement a approuvé le 2 avril 2001 les dispositions liées au génie civil du premier tronçon du tunnel Est.

Un ouvrage qui pourrait devenir une référence...

L'ampleur du chantier, la proximité de la capitale, la pression des associations de riverains et de défense de l'environnement, contribueront sans nul doute à ce que ce projet devienne l'un des plus perfectionnés et des plus réussis en matière de sécurité, de qualité de construction et d'environnement. Pour s'en convaincre, s'il en était besoin, il suffit d'aller à Rueil, visiter le centre d'exposition de Cofiroute et sa maquette du tunnel Est en vraie grandeur.

D'un point de vue topographique, il est trop tôt - seulement 380 mètres de réalisés sur 17 km - pour aller dans le détail des méthodes utilisées. Au cours de ces sept années de construction, il y aura certainement matière pour qu'un topographe puisse exposer quelques méthodes spécifiques développées sur ce projet. ●

Références

- (1) Cofiroute : Compagnie Financière et Industrielle des Autoroutes
- (2) : Société de Construction de l'Autoroute de Traversée de l'Ouest Parisien
- (3) : CAMPENON BERNARD SGE, COLAS, DUMEZ GTM, EIFFAGE, GTM CONSTRUCTION, JEAN LEFEBVRE
- (4) : Conception d'Automates de Pilotage de tunnelier
- (5) : Driving & Positioning Systems

En cas de danger, les automobilistes disposeront tous les 200 m de niches de sécurité équipées d'un matériel de lutte contre l'incendie, et d'un téléphone relié au poste de surveillance. Les refuges étanches pourront accueillir jusqu'à 50 personnes. Ils seront pressurisés et placés sous vidéo-surveillance.