

Couverture du périphérique : un chantier d'envergure à la Porte de Vanves

Résorber les nuisances sonores, améliorer la qualité de l'air et optimiser la sécurité dans les tunnels. Tels sont les objectifs qui ont conduit la Mairie de Paris à couvrir le boulevard périphérique dans le secteur de la porte de Vanves.

Ce chantier d'envergure, qui se situe dans le site prioritaire Plaisance - Porte de Vanves du grand projet de renouvellement urbain de la couronne de Paris, a été réalisé dans un environnement urbain extrêmement dense avec le souci permanent de concilier la sécurité des travailleurs, la nécessité de perturber le moins possible la circulation du boulevard périphérique et ses 100 000 usagers quotidiens dans chaque sens, l'interface avec la circulation sur les voiries de surface et la nécessité de limiter les nuisances sonores en phase travaux en raison de la proximité des riverains (logements, école).

■ Présentation du projet

Le projet de couverture du boulevard périphérique dans le secteur de la porte de Vanves s'étend sur 410 m de long entre le pont de la porte Brancion et 40 m après le pont de la porte de Vanves. Il consiste à couvrir les deux sens du boulevard périphérique ainsi que les deux bretelles d'entrée et de sortie adjacentes. La longueur du tunnel étant supérieure à 300 m, celui-ci entre dans le champ d'application de l'instruction technique de la circulaire interministérielle d'août 2000 visant à éviter des catastrophes comme celle survenue dans le tunnel du Mont-Blanc en 1999. Ainsi, deux tunnels indépendants sont créés possédant chacun deux issues de secours, une niche de sécurité et un garage pompiers.

L'ensemble du souterrain est doté d'équipements de sécurité afin de pouvoir réagir dès le moindre incident (gestion technique centralisée, détection automatique d'incident, vidéosurveillance, réseau d'appel d'urgence, accélérateurs pour la ventilation sanitaire et le désenfumage en cas d'incendie, éclairage courant et de secours...) (photo 1).

■ Des contraintes d'exploitation très fortes

En raison du trafic très dense et pour pénaliser le moins possible les usagers du boulevard périphérique (BP), les services de la Préfecture de Police ont imposé un pro-



gramme très strict de restriction de circulation favorisant le plus possible le maintien des 2 x 3 voies de circulation dans ce secteur. Ce programme fixait des « fenêtres » pendant lesquelles des neutralisations de voies étaient possibles en fonction des évolutions du volume du trafic :

- possibilité de réduction du BP à 2 x 2 voies de nuit de 21 heures à 6 heures, quatre nuits par semaine ;
- possibilité de réduction du BP à 2 x 2 voies jour et nuit pendant les mois de juillet-août ainsi que pendant les vacances scolaires d'hiver et de printemps 2007 ;
- possibilité de fermeture du BP, quatre nuits par sens et par mois.

La possibilité de pouvoir neutraliser une voie dans chaque sens, chaque nuit, mais de devoir la remettre en circulation le matin, a imposé le choix de mise en place de GBA béton « transposables » qui assurent la protection du chantier. Celles-ci sont soulevées par un camion surélevé enjambant les blocs béton, translattées sur la largeur de la voie à neutraliser, puis repositées. Cette opération mécanisée a permis de transposer 2 x 1 km de GBA en une heure chaque soir vers 21 h30 et chaque matin vers 4h30 (photo 2).



Stéphane Marinutti
Directeur de chantier
Eiffage TP



Thomas Hahn
Ingénieur études
travaux
Razel

Photo 1

Vue générale du chantier -
Le boulevard périphérique
se couvre nuit après nuit

General view of the building site -
The ring road covers up each
night

Couverture du périphérique : un chantier d'envergure à la Porte de Vanves



Photo 2

Les blocs béton sont en cours de transposition afin de neutraliser les voies rapides du BP côté intérieur et extérieur

The concrete blocs are displaced in order to shut the fast lanes of the ring road on the interior and the exterior side



En dehors de cette possibilité de neutraliser une voie dans chaque sens de nuit, l'unique moyen d'intervenir sur le BP était lors des fermetures autorisées. Le calendrier des fermetures du BP est établi 2 mois à l'avance par les services de la Mairie de Paris en étroite relation avec l'ensemble des intervenants du réseau routier régional (autoroutes, A86, A104 voies sur berges...). Cette programmation figée a imposé une planification très stricte des interventions nocturnes.

■ Des emprises de chantier très réduites

Le voile du terre-plein central a été réalisé dans des conditions très difficiles pour le chantier : emprise en journée de 3,90 m de large avec possibilité d'accès uniquement à pied par l'intermédiaire de tours escaliers depuis les ouvrages existants de franchissement du BP, emprise de nuit de 9,90 m de large avec accès possible pour les véhicules après neutralisation des voies rapides des deux sens du BP.

Ces emprises très réduites ont amené le groupement à concevoir des outils spécifiques pour réaliser le voile béton du terre-plein central. Ceux-ci ont servi à assurer la sécurité du chantier tout en préservant également celle des usagers du BP, de jour comme de nuit.

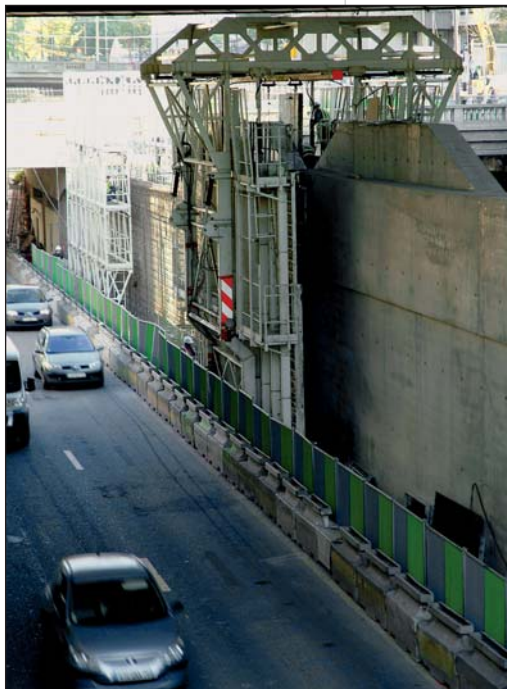


Photo 3

Portiques de coffrage et de ferrailage en activité dans l'emprise réduite du terre-plein central

The formwork and the reinforcement frames in activity on the reduced area of the median strip

La conception du portique de coffrage a permis de réaliser, en journée, un cycle quotidien de décoffrage - avancement - coffrage - bétonnage, sans utilisation de moyen de levage complémentaire. Les armatures passives ont été livrées la nuit par camion autodéchargeable, assemblées de jour à l'aide du portique de ferrailage de 12 m de long. La mise en œuvre du béton s'est faite à l'aide de camions-pompes installés sur l'un des trois ouvrages de franchissement du BP. Le gabarit routier sous ces ouvrages étant insuffisant pour autoriser le transport des portiques, ceux-ci ont été transférés de nuit, lors de fermetures autorisées, à l'aide de grues mobiles 90 t ou 160 t installées sur les ouvrages existants (photo 3).

L'accès des véhicules dans les emprises chantier de nuit était possible environ tous les 100 m par l'intermédiaire de GBA « transposables » plastique amovibles mises en place entre les blocs béton. En revanche, pour des raisons de sécurité, la sortie des véhicules ne pouvait se faire qu'en extrémité de chantier. Ce qui a exigé une logistique particulièrement rigoureuse. En effet, la présence d'une pelle de terrassement, d'un camion de livraison, d'une nacelle, d'une toupe à béton... pouvait perturber le bon déroulement de la nuit de travail. Chaque conducteur, chauffeur de camion, livreur... d'un des 21 ateliers présents la nuit devait donc savoir à quelle entrée précise il devait se rendre et dans quel ordre.

■ La sécurité, vigilance de tous les instants

Dans cet environnement très contraignant, la sécurité de tous a été une préoccupation permanente. Tous les phasages de chantier, méthodes de réalisation et planings ont été étudiés afin de limiter au maximum les risques pour tous : compagnons de chantier, usagers du boulevard périphérique et des voiries de surface. Élément important, la vitesse limite sur le BP a été abaissée, en accord avec la Préfecture de Police, à 50 km/h pendant toute la durée des travaux avec une information préalable sur les panneaux à message variable et la pose de mannequins automatiques en tête de chantier.

Pour réaliser les travaux sur les murs latéraux, des protections lourdes ont été mises en place afin d'assurer la sécurité des usagers du boulevard périphérique. Ces protections, constituées de profilés métalliques scellés dans les murs de soutènement supportant des écrans en bois, ont été installées de nuit lors des fermetures. Elles ont permis de réaliser en sécurité les travaux de démolition partielle des murs existants, création de

chevêtres en béton armé et des bossages devant recevoir les poutres, pose des poutres et calage des appareils d'appui (photo 4).

Avec ces protections lourdes le groupement a pu s'affranchir des contraintes du BP et ainsi travailler en journée. Néanmoins, la présence des deux sens de circulation, des bretelles d'entrée et de sortie ainsi que des trois ponts enjambant le BP dans le secteur de la couverture a conduit à créer des micro-chantiers en surface.

Chaque zone de travaux a donc dû être gérée comme un chantier à part entière : organiser les accès en fonction des différents phasages et des emprises évolutives, gérer la circulation des piétons, des vélos, des autobus, gêner le moins possible la circulation automobile avec le souci permanent de la sécurité de tous. Une logistique spécifique d'approvisionnement a été mise en place depuis la dalle du pont Brancion, unique zone de stockage d'environ 1 000 m², afin de desservir l'ensemble des ateliers.

■ Des délais jalons très serrés

Le phasage général a été établi en fonction de nos méthodes d'exécution et des contraintes imposées par la Préfecture de Police, en particulier l'interdiction de travailler sur deux bretelles consécutives simultanément.

Chaque micro-chantier était donc sur le chemin critique, en particulier le local technique dont la construction ne pouvait débuter qu'après la fermeture définitive de la bretelle de sortie Vanves (maintenant commune avec la sortie Brancion).

LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maître d'ouvrage

Mairie de Paris

Maîtrise d'œuvre

Groupement Arcadis ESG (mandataire), Segic Ingénierie, Alain Spielmann

Entreprises

Groupement Razel (mandataire) - Eiffage TP - Satelec

Principaux sous-traitants

- Études d'exécution : groupement BIEP Bureau d'études Eiffage (mandataire) – Prodetis
- Sciage - Démolition : DSD – ATD
- Armatures passives : Sendin
- Préfabrication des poutres : Ronveaux
- Pose des poutres : Ponticelli
- Béton poli : S2G
- Réseaux : Eiffage Travaux Publics Réseaux
- Voirie et protection étanchéité : Eiffage Travaux Public Île-de-France Centre

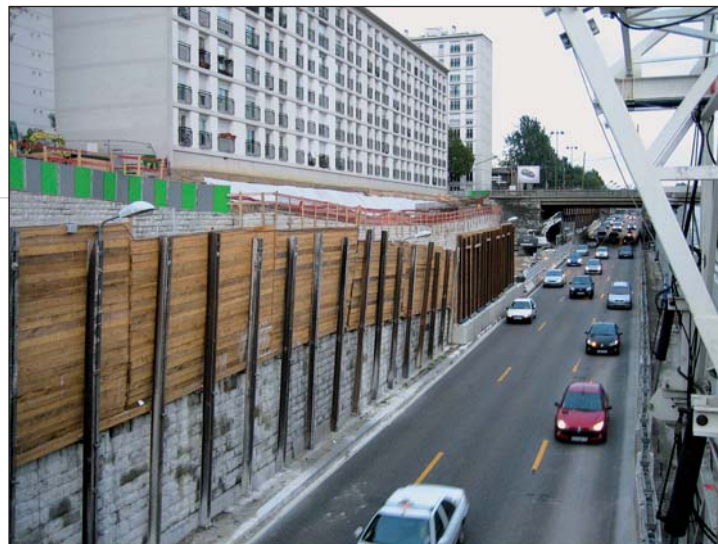


Photo 4

Protections lourdes mises en place afin d'isoler le chantier des usagers du BP

Positioned heavy protections to separate the building site from the users of the ring road



Photo 5

Grue à tour pour local technique

Pillar crane for the technical building

C'est ainsi que le génie civil du local technique – imposant bâtiment totalement enterré de deux niveaux abritant l'ensemble des armoires électriques et électroniques – a dû être réalisé en 3,5 mois.

Situé entre le mur de soutènement du BP et une voie pompiers desservant l'immeuble voisin, celui-ci a été réalisé à l'abri d'une paroi berlinoise de 30 m de long, 8 m de large et 10 m de profondeur. Afin de respecter ce délai très serré, le groupement a choisi l'option d'installer une grue à tour sur la dalle nouvellement créée au-dessus du BP, équipée d'un limiteur de zone interdisant aux charges de survoler les voies circulées du BP et les voiries de surface (photo 5).

■ Une couverture composée de poutres préfabriquées en béton précontraint par fil adhérent

Compte tenu du nombre limité de fermetures nocturnes, il a fallu adapter le projet en proposant de réaliser des poutres précontraintes par fil adhérent en double T inversé. L'intérêt était d'uniformiser le type de poutres et d'en diminuer le nombre afin de fiabiliser le planning de pose.

Celles-ci sont encastrées sur le voile du terre-plein



Couverture du périphérique : un chantier d'envergure à la Porte de Vanves

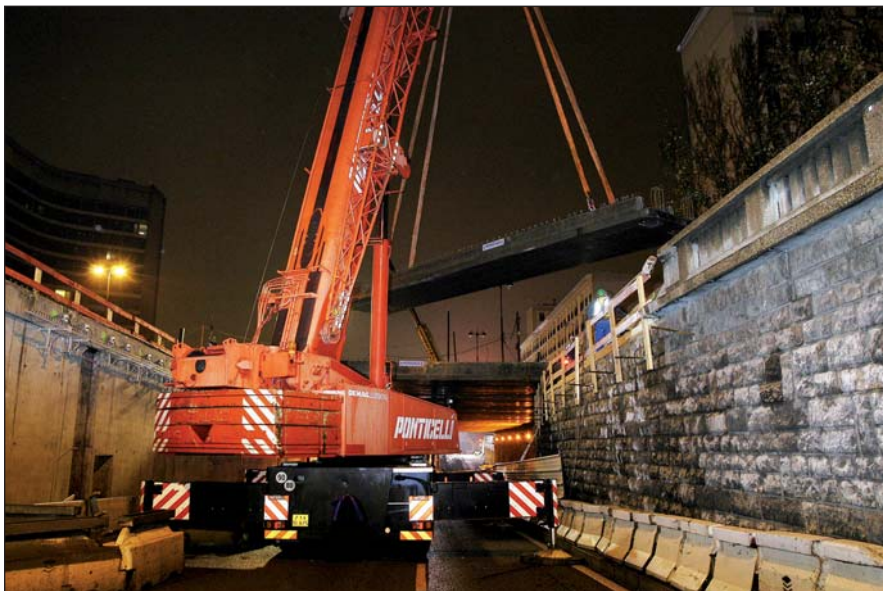


Photo 6

Pose d'une poutre de nuit
Lay-out of the beams by night



central et simplement appuyées sur des appareils d'appui en néoprène fretté sur les murs latéraux. Un hourdis de compression de 20 cm d'épaisseur assure la répartition transversale des efforts. La couverture pouvant recevoir jusqu'à 1,50 m de terre sur une portée allant jusqu'à 25 m, les moments d'encastrement ont entraîné un ferrailage très important en tête du voile central.

Pour poser les poutres dans de bonnes conditions, des manchons doubles ont été mis en place dans le voile central afin d'éviter toute interférence entre les différents aciers en attente. Côté appuis latéraux, les poutres sont posées en provisoire sur des décintreurs permettant de réaliser les entretoises de rive puis le calage des appareils d'appui avant la mise sur appui définitif.

Les poutres, préfabriquées en Belgique, ont été acheminées par camion en flux tendu, les convois exceptionnels arrivant jusqu'au Bourget de jour puis empruntant les boulevards des Maréchaux depuis la porte de la Chapelle jusqu'à la porte de Vanves à partir de 21 heures.

La pose des 420 poutres, les plus lourdes pesant 35 t, a nécessité l'utilisation de grues mobiles de capacité 200 t. Au temps de pose d'une poutre (environ 20 minutes) s'ajoutant le temps de mise en place et de repli de la grue mobile sur le BP, de 10 à 14 poutres ont été posées par intervention (photo 6).

Le gabarit réduit sous le pont SNCF a nécessité une méthodologie particulière de pose. En effet, la hauteur entre la sous-face du tablier SNCF et la couverture au droit des niches pour les accélérateurs est inférieure à 2 m. L'utilisation d'une grue mobile adaptée à cette hauteur et la conception d'un palonnier particulier permettant de réduire la longueur des élingues et d'attacher les poutres sans perte inutile de hauteur, ont

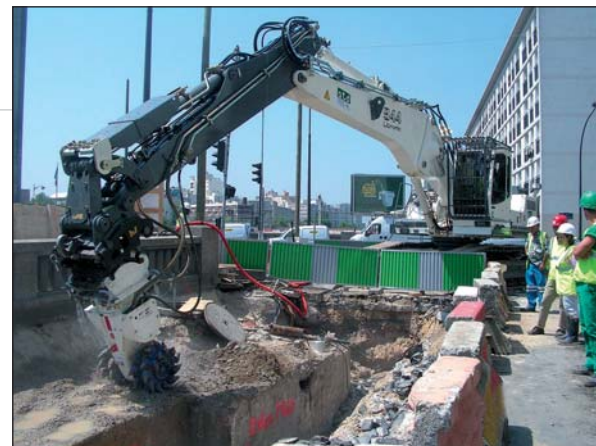


Photo 7

Démolition par la méthode du fraisage
Milling by the hydraulic transverse cutting units

permis de poser huit poutres en moyenne par nuit et ont ainsi évité le recours à des Kamags.

La couverture devant répondre à la norme « tunnel », l'ensemble des éléments structurels doivent être au niveau N2 de protection au feu (1300 °C pendant 2 heures). Les 14000 m² de couverture ont donc été protégés par des plaques coupe-feu mises en place à l'aide de chevilles mécaniques en inox.

Pour tenir compte des différences altimétriques éventuelles entre les différentes poutres et de l'existant, et répondre à l'exigence architecturale de livrer une sous-face homogène plane, les plaques sont posées sur une bande dite couvre-joint permettant de varier l'épaisseur de la couche finale et donc d'égaliser d'éventuelles dénivellations. La protection des appareils d'appui s'est faite en complétant le système coupe-feu par une triple épaisseur de laine de roche de densité > 500 kg/m³ et en fixant les plaques avec des vis démontables afin d'assurer une température limite inférieure à 100 °C et l'intervention ultérieure sur les appuis.

■ Une couverture intégrée dans des ouvrages existants

La couverture s'inscrit dans un ensemble d'ouvrages existants qu'il a fallu intégrer dans les études et les méthodes d'exécution. Ces ouvrages ont dû être adaptés afin de répondre aux impératifs géométriques et statiques de la couverture.

Le BP se situe dans une zone encaissée bordée par des murs soutenant les voiries de surface. Ces murs sont des murs poids construits lors de la réalisation du BP dans les années 1970. Afin de pouvoir supporter les charges nouvelles apportées par la couverture, le projet prévoit de réaliser des chevêtres en béton armé sur les

murs existants, préalablement démolis en partie haute. Il fallait donc garantir l'intégrité des murs existants conservés. Le marché prévoyait une méthode traditionnelle consistant à réaliser un découpage préalable au câble diamanté puis une démolition au BRH.

Afin de réduire les nuisances sonores et de vibration, d'améliorer les conditions d'exécution en termes de sécurité pour les usagers du boulevard périphérique et de son personnel, et de réduire les durées d'exécution, le groupement s'est orienté vers une solution plus innovante. Les murs ont préalablement été sciés de nuit sur 20 cm de profondeur au niveau futur des chevêtres à l'aide d'une scie à disque diamanté, puis fraisés. Cette technique consiste à monter sur une pelle hydraulique une tête de fraise adaptable hydraulique. Cette tête est constituée d'un tambour rotatif tournant à environ 70 tours par minute qui porte des outils disposés en spirale permettant de réduire l'usure, de limiter la profondeur de coupe et d'abaisser les vibrations et les nuisances sonores. Cet outil, très performant dans des ouvrages en béton faiblement armé, a permis de démolir jusqu'à 10 m³ de béton par heure (photo 7).

Le projet s'étend entre trois ouvrages existants. Afin d'intégrer ces ouvrages dans la couverture, les corniches ont été démontées au fur et à mesure, par sciage au disque diamanté lors de fermetures nocturnes d'un des deux sens du boulevard périphérique. Pour le pont de la porte de Vanves, ouvrage précontraint dans le sens transversal, le sciage a nécessité une attention particulière afin de ne pas endommager les têtes d'ancrage; un remplissage entre ouvrage existant et première poutre a été réalisé avec scellements dans le tablier.

■ Un véritable projet architectural pour un tunnel audacieux

La conception de la couverture montre la volonté de l'architecte d'intégrer un maximum d'éléments existants dans le projet global de la couverture.

On y trouve par exemple, les trois ponts existants de franchissement du BP ainsi que les ponts SNCF qui sont véritablement épousés par la couverture, les pierres de parement des murs latéraux que l'on retrouve dans toutes les niches de sécurité et aires de stationnement ou encore les transitions douces entre la couverture nouvelle et les ouvrages existants (chanfreins, panneaux caches...).

Ce traitement architectural constitue une véritable plus-value de ce tunnel en milieu urbain. Le respect de ces consignes a guidé le groupement dans le choix des matériaux et les méthodes d'exécution.



Photo 8

Habillages architecturaux du tunnel

Architectural facings of the tunnel

Les nouveaux murs en béton armé sont habillés par des éléments en béton poli préfabriqués. Le groupement a proposé, en étroite collaboration avec l'architecte, de réaliser des panneaux toute hauteur posés sur des consoles en acier galvanisé et retenus en tête par des cornières. La livraison et la pose de ces panneaux se sont effectuées exclusivement de nuit, sous balisage ou fermeture du BP.

Pour les murs latéraux, le bord inférieur des panneaux n'étant pas caché par les glissières en béton, un cache en tôle laquée homogénéise la ligne visuelle inférieure et constitue ainsi le pendant à la ligne visuelle supérieure qu'est la console d'éclairage.

En enfermant les bruits générés par le trafic, le tunnel constitue une véritable caisse à résonances. Une amplification du niveau sonore en est la conséquence. La volonté de réduire le niveau sonore pour les riverains et d'améliorer ainsi leur cadre de vie s'est en particulier traduite par un traitement particulier des sorties du tunnel. Les murs anti-recyclage du tunnel ont été traités sur le plan acoustique par la mise en place de panneaux absorbants en CCV – matériau composite ciment verre – qui enferment des panneaux de laine de roche. La surface de ces panneaux présente des ouvertures carrées permettant de piéger les ondes sonores.

Les murs existants sont couronnés d'un chevêtre qui est en retrait par rapport à la face vue des murs de soutènement. Pour cacher les appuis, équipements techniques et descentes d'eau, des panneaux caches métalliques, de même teinte que les surfaces peintes, ont été mis en place. Ceux-ci ont été complétés par un complexe coupe-feu permettant d'isoler les piles des ponts SNCF du tunnel.

De par la dominance de couleurs claires des habillages, l'usager a une impression de grandeur, d'espace. Cet effet est encore renforcé par le traitement des surfaces au-dessus du bandeau lumineux. L'architecte a ainsi prévu une peinture sur l'ensemble de la sous-face de la couverture ainsi que sur les parements verticaux en béton et les câbles, faisant disparaître le plafond et les équipements dans le contre-jour de l'éclairage. La multitude de supports, ainsi que l'exigence de ne pas diminuer les caractéristiques de protection incendie des plaques coupe-feu, nous ont amenés à opter pour une solution de peinture à base minérale (photo 8).

Couverture du périphérique : un chantier d'envergure à la Porte de Vanves

► ■ Conclusion

Ce chantier d'une extrême complexité en matière de conditions d'exploitation, de défis techniques et esthétiques, de respect des ouvrages existants, a été réalisé en 20 mois de travaux. Il contribuera à améliorer le cadre de vie de ce quartier en pleine transformation. Il a déjà créé un pont qui va permettre de dépasser la frontière physique que représentait le boulevard périphérique et ainsi contribuer à rétablir la continuité entre la capitale et ses communes limitrophes (photo 9). ■

Photo 9

Vue générale du quartier après couverture
Quarter after covering



ABSTRACT

*Covering the ring road :
a major project at Porte
de Vanves*

S. Marinutti, Th. Hahn

In order to diminish noise pollution, to improve air quality and to maximise safety in tunnels, the city of Paris decided to cover the ring road in the range of "Porte de Vanves". This large scaled construction site, which is located in the prior site "Plaisance - Porte de Vanves" being included in the major urban renewal project of Paris's border area, has been accomplished in an extremely densely populated area with constant concerns of workers' safety, the necessity to ensure, as well as possible, the ring road traffic with its 100000 daily users in both direction, the need to manage the interfaces with the traffic on the above street network and the demand to limit noise pollution during the construction work due to the proximity of residents (dwellings, schools).

RESUMEN ESPAÑOL

*Cobertura de la vía
de circunvalación : una
importante obra en la
Puerta de Vanves*

S. Marinutti y Th. Hahn

Eliminar las contaminaciones acústicas, mejorar la calidad del aire y optimizar la seguridad en los túneles. Estos objetivos llevaron al Ayuntamiento de París a cubrir la autovía de circunvalación en el sector de la Puerta de Vanves. Esta obra importante, que se sitúa en el sitio prioritario Plaisance - Puerta de Vanves del gran proyecto de renovación urbana del cinturón de París, se ha ejecutado en un entorno urbano sumamente denso con el afán permanente de conciliar la seguridad de los trabajadores, la necesidad de perturbar lo menos posible el tráfico de la autovía de circunvalación y sus 100000 usuarios diarios en cada sentido, el interfaz con la circulación en las vías de superficie y la necesidad de limitar las contaminaciones acústicas durante la etapa de los trabajos con motivo de la proximidad del vecindario (viviendas, escuelas).