

# LA COUVERTURE DU BOULEVARD PÉRIPHÉRIQUE À LA PORTE DE VANVES À PARIS

**Carine BERNÈDE, Eric PASSIEUX**

Mairie de Paris – Direction de la voirie et des déplacements

**Michel MOUSSARD, Malik ABADA, Karim ZIDOUH, Dimitri FRANK**

Arcadis ESG

**Frédéric BURTON**

SEGIC Ingénierie

**Edith DEL DIN**

Cabinet Alain Spielmann

## 1. CONTEXTE DE L'OPÉRATION

Le Boulevard Périphérique (BP) a été construit entre 1957 et 1973 sur les terrains de l'enceinte de Thiers, construite elle-même entre 1841 et 1844, dont l'emprise allait à peu de choses près des Boulevard de Maréchaux au BP actuel. Cette voirie urbaine exceptionnelle, de 35 km de longueur, constitue à quelques exceptions près à la fois la limite et la césure entre Paris et sa proche banlieue. Le trafic est considérable : 1 100 000 véhicules l'empruntent chaque jour pour un parcours moyen de 7,50 km, ce qui représente une moyenne journalière de 120 000 véhicules dans chaque direction.

Cet ouvrage est au centre de multiples enjeux et débats, qu'il s'agisse de son rôle structurant pour les déplacements des franciliens, ou des nuisances qu'il génère en termes de pollution sonore et atmosphérique. De plus, la coupure physique qu'il représente entre Paris et les communes limitrophes suscite un ressentiment grandissant de la part des riverains.

Dès 1982 la Ville de Paris en liaison avec la DREIF a établi un programme de protections phoniques aux abords de cette infrastructure, qui s'est poursuivi par la mise en œuvre d'écrans antibruit et d'isollements de façades d'immeubles avoisinants entre 1983 et 1994.

Dans le cadre du Contrat de Plan Etat – Région Ile de France 2000 – 2006, la Ville de Paris et ses partenaires (Etat et Région) ont considéré que le principe de « couverture – dalle » constituait une opportunité pour créer une continuité urbaine, au-delà des objectifs de protection phonique, dans les secteurs où le BP est en tranchée. Dans une première phase, la Ville de Paris n'envisage la couverture du BP que sur les sections en tranchées, celles-ci devant être suffisamment profondes pour éviter un creusement et un reprofilage de la chaussée, ce qui impliquerait de grandes difficultés de réalisation et des investissements extrêmement élevés.

Parmi ces tronçons où la couverture a été considérée possible techniquement et financièrement, certains ont été jugés prioritaires compte tenu :

- de l'environnement immédiat (logements, équipements scolaires ...),
- de l'absence de protections phoniques à la source,
- de la configuration plus ou moins favorable du site.

Ainsi les sites retenus dans le cadre du Contrat de Plan Etat – Région Ile de France 2000-2006 ont été :

- Porte de Vanves au niveau des 14èmes et 15èmes arrondissement et des communes de Vanves et de Malakoff (Figure 1),
- Porte des Ternes – Porte de Champerret,
- Porte des Lilas.



Figure 1 : Projet de couverture à la Porte de Vanves

## 2. LES ENJEUX

### Réduction des nuisances sonores :

La réalisation d'un ouvrage de couverture constitue la seule réponse véritablement efficace pour la protection des immeubles situés à proximité de l'infrastructure, lorsque celle-ci est en tranchée.

Les niveaux actuels dépassent souvent largement 70 décibels, de jour comme de nuit.

La mise en œuvre de la couverture du BP permettra de diminuer sensiblement le niveau acoustique : de 3 à 9 dB(A) en moyenne, avec pour certains immeubles des gains supérieurs à 10 dB(A) ramenant ainsi les niveaux en-deçà du seuil réglementaire de 65 dB(A), pour la majorité des façades exposées (Figure 2).

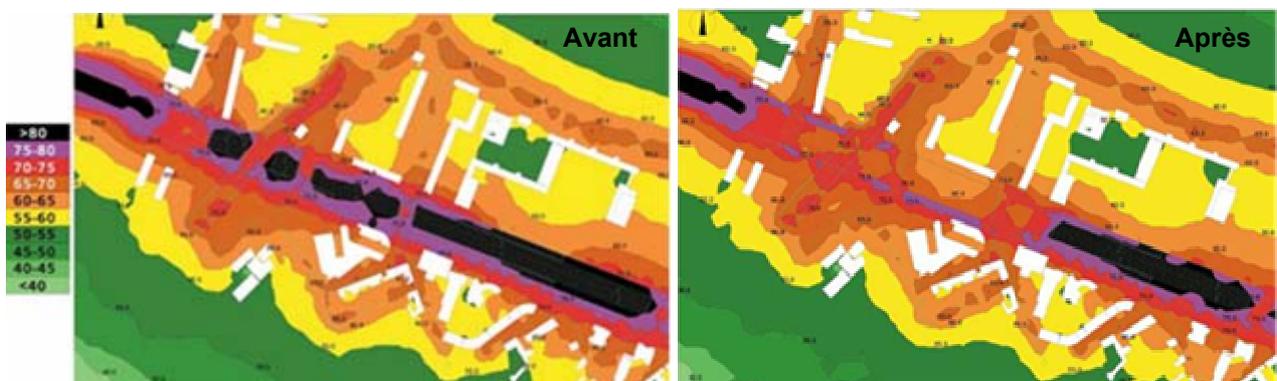


Figure 2 : Niveaux de bruit (dB)

### Rétablissement de la continuité urbaine entre Paris et les communes limitrophes

La couverture du BP vise à suturer les quartiers de Paris et des communes limitrophes, en créant un espace de partage se substituant aux espaces de séparation. La dalle de couverture pourra être le lieu privilégié d'implantation de nouveaux espaces publics, accessibles tant pour les parisiens que pour les riverains des communes limitrophes. Les espaces créés permettront également de réorganiser le partage de l'espace public et de créer des continuités transversales de qualité pour les modes doux de déplacement. Le programme s'inscrit dans la logique de renforcement ou de constitution de la « ceinture verte » de Paris, qui dans certains secteurs est absente (Figure 3).



Figure 3 : Perspective du projet d'aménagement

### Requalification urbaine et dynamisation des quartiers concernés

La réalisation de ces ouvrages incite naturellement à une réflexion d'ensemble sur les quartiers avoisinants pour y améliorer le cadre de vie : restructuration des seuils de communes, intégration des circulations douces, réaménagement qualitatif des voies en renforçant la composante végétale. Les opérations de couverture du périphérique constituent un outil, au plan local, de développement et de renouvellement urbain cohérents, solidaires et durables.

### 3. LE SITE DE LA PORTE DE VANVES AVANT LES TRAVAUX

Le projet s'étend d'Ouest en Est de la Porte Brancion à une cinquantaine de mètres au-delà de la Porte de Vanves (Figure 4). Ce tronçon du BP comprenait 3 ouvrages existants : l'ouvrage Brancion, d'une largeur de 100m, le pont de la rue Julia Bartet, de 20 m de large, et le pont de l'avenue de la Porte de Vanves, de 40m de large. Le linéaire total étant de 410 mètres, le linéaire à couvrir était ainsi de 260 mètres, en trois tronçons :

- de 100 mètres de l'ouvrage Brancion au pont de la rue Julia Bartet,
- de 120 mètres du pont de la rue Julia Bartet au pont de l'avenue de la Porte de Vanves,
- de 40 mètres au-delà du pont de l'avenue de la Porte de Vanves.

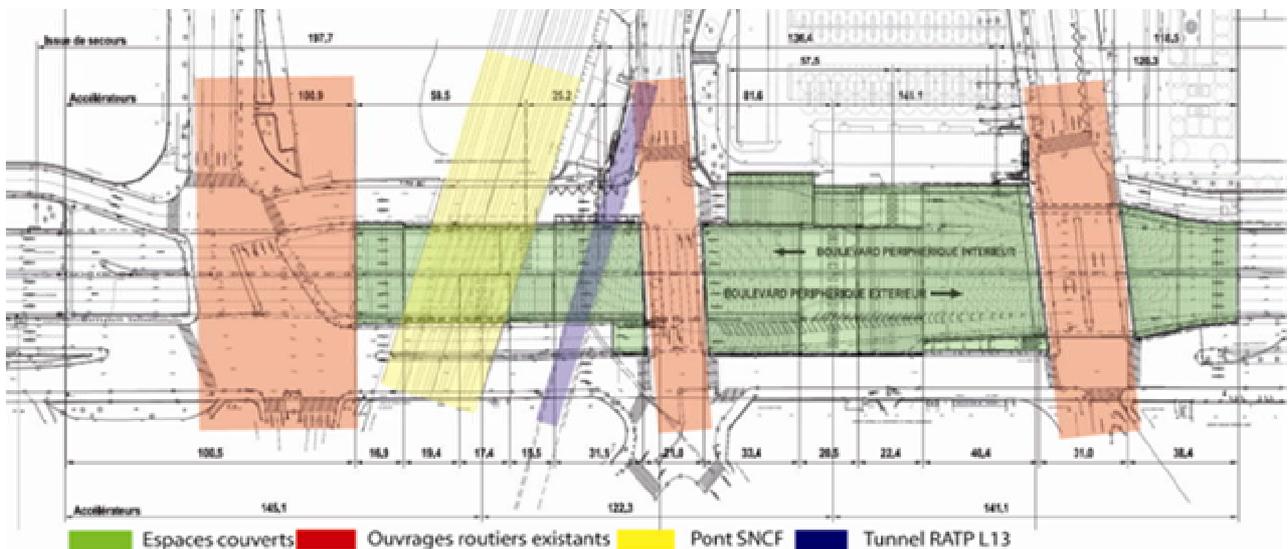


Figure 4 : Vue en plan des ouvrages existants



Sur ce tronçon le BP est exploité en 2x3 voies de 3,5 mètres de large, séparées par un TPC de 2 mètres de large environ. On y rencontre deux bretelles d'entrée coté extérieur, au niveau de la Porte Brançon puis au niveau de la Porte de Vanves, et deux bretelles de sortie coté intérieur, débouchant respectivement sur l'avenue de la Porte de Vanves et la rue Julia Bartet.



Figure 5 : Coupe transversale sur BP

L'infrastructure, en tranchée, est bordée par des murs-poids de soutènement en béton fondés superficiellement ou sur puits (Figure 5).

Du fait de sa longueur supérieure à 300 mètres l'ouvrage est considéré comme un tunnel au sens de la circulaire interministérielle du 25 août 2000, ce qui a d'importantes conséquences sur la conception de l'ouvrage et de ses équipements.

Des voiries et réseaux importants croisent le BP dans ce secteur :

- Au dessus de l'ouvrage Brançon un viaduc ferroviaire porte les voies TGV et TER issues de la Gare Montparnasse et allant vers Versailles (Figure 6),
- La ligne 13 du Métro passe à environ 3 mètres de profondeur sous la chaussée entre l'ouvrage Brançon et le pont de la rue Julia Bartet,
- Un ovoïde est implanté dans l'axe de la chaussée du boulevard intérieur. Il collecte grâce à une multitude de ramification l'ensemble des eaux de ruissellement de la chaussée du BP entre l'ouvrage de la Porte de Vanves et la station de relevage Brancion, ainsi que les bretelles d'accès et de sortie de la Porte de Vanves.

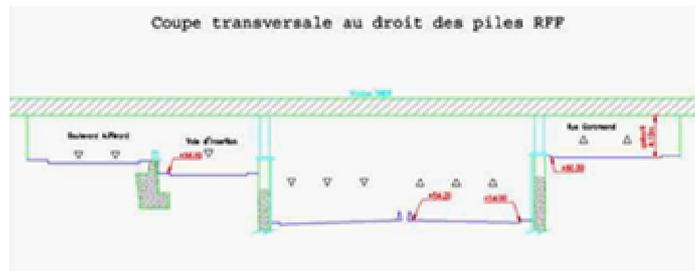


Figure 6 : Coupe transversale au droit des piles

Aux abords se situent :

- Côté Paris des immeubles de 6 à 10 étages gérés par des bailleurs sociaux, la RIVP et l'OPAC (675 logements sont directement exposés aux nuisances sonores), et deux squares ; en limite de la zone couverte, le Lycée François Villon.
- Côté Malakoff un hôtel, l'immeuble de l'INSEE, et un gymnase au droit de la limite de la couverture.
- Côté Vanves un hôtel.

L'ensemble des contraintes de topographie, d'environnement et d'exploitation du BP ont fait de ce projet un véritable défi pour tous les acteurs, Maître d'Ouvrage, Maître d'œuvre et Entreprise.

#### 4. PRINCIPALES ÉTAPES DU PROJET :

- Etudes de conception :
  - AVP : octobre 2002 à mai 2003
  - PRO : novembre 2003 à mai 2004
- Présentation dossier de sécurité (au niveau AVP) au Comité d'Évaluation de la Sécurité des Tunnels Routiers (CESTR) : février 2004
- Enquête publique : mai - juin 2004

- Réalisation des travaux préliminaires de dévoiement des réseaux : septembre 2005 à mars 2006
- Réalisation des travaux principaux : juin 2006 à janvier 2008
- Présentation du dossier de sécurité définitif à la Commission Nationale d'Evaluation de la Sécurité des Ouvrages Routiers (CNESOR) : Novembre 2007
- Autorisation de mise en service de l'ouvrage : Février 2008

## 5. CONCEPTION DE LA COUVERTURE

A l'issue d'un appel d'offres ouvert, la conception de la couverture a été confiée à un Groupement de Maîtrise d'Œuvre constitué entre :

- ARCADIS, Mandataire, chargé du génie civil,
- SEGIC Ingénierie, chargé des équipements,
- Alain Spielmann, Architecte.

Le programme et les objectifs étaient clairs : créer une couverture complète du boulevard périphérique sur 410 m de longueur, en lui donnant la capacité de recevoir des équipements publics (espaces vert, aire de jeux, petits bâtiments à usages collectifs) sans modifier la géométrie des chaussées du BP ni des ouvrages adjacents et en maintenant le trafic pendant la durée des travaux, tout en respectant des contraintes sévères d'exploitation (Figure 7).



*Figure 7 : Pose des poutres de nuit*

Les éléments déterminants vis à vis de la conception sont :

- La longueur de la couverture : excédant 300 mètres, l'ouvrage est considéré comme un tunnel routier, et doit être conforme aux règles définies par la circulaire ministérielle du 25 août 2000 relative à la sécurité dans les tunnels du réseau routier national, qui impose la mise en place d'une ventilation mécanique dont les objectifs sont le désenfumage en cas d'incendie et la dilution des polluants ( gaz et poussières) en service normal, ainsi que des issues de secours est des garages pour les véhicules de secours.
- La présence de la ligne 13 du métro qui traverse le BP en biais, avec une couverture de l'ordre de 9 m, à l'ouest de l'avenue Julia Bartet, parallèlement à la voie RFF Paris-Versailles,
- Le raccordement à niveau aux voies existantes, pour assurer la continuité des aménagements urbains,
- La réutilisation des murs latéraux existants,
- La prise en compte des charges et des sujétions liées aux aménagements de surface,
- La prise en compte d'une possibilité d'extension de la couverture vers l'est,
- L'intégration au projet de l'ensemble des équipements liés à l'exploitation : signalisation, éclairage, sécurité (en particulier vis à vis des risques d'incendie),
- L'implantation d'un local technique à proximité de la couverture,
- Le contexte géologique et géotechnique. La stratigraphie au droit du projet de couverture se décompose comme suit, à partir d'un site à l'altimétrie très variable (chaussée du Périphérique entre les cotes 54 et 62 NGF Orthométriques et voies supérieures latérales entre les cotes 61 et 66 NGF) :



- des remblais superficiels d'épaisseur extrêmement variable (de 0 jusqu'à plus de 10 m), eu égard à la présence locale d'anciennes exploitations à ciel ouvert de la formation du Calcaire Grossier, aujourd'hui remblayées,
- le Marno-Calcaire du Lutétien (MC) qui a fait l'objet d'exploitations par carrières souterraines à l'Ouest du Pont de la Porte de Vanves, lesquelles ont semble-t-il été correctement injectées au moyen de coulis d'injection,
- les Argiles du Sparnacien (Sp) à partir des cotes 40 à 42 NGF.

Les quatre grandes composantes suivantes ont été menées en parallèle pour tenir compte des fortes interactions entre l'architecture, le génie civil et les équipements :

- L'étude et le choix de la ventilation,
- La conception structurelle de la couverture et de ses appuis,
- L'étude des équipements de signalisation et sécurité,
- La conception architecturale.

### Etude et choix du système de désenfumage et ventilation sanitaire :

Les chaussées extérieure et intérieure du Boulevard Périphérique ainsi couvertes deviennent des tunnels au sens de la législation en vigueur (Circulaire Interministérielle du 25 août 2000 applicable au réseau routier national de l'Etat mais que le Maître d'Ouvrage a décidé d'appliquer). Ceci impose en particulier la création de deux tubes séparés pour permettre l'extraction de l'air vicié.

L'étude d'avant projet de la ventilation a conduit à comparer une ventilation longitudinale et une ventilation transversale:

- La ventilation de type transversal ne peut être réalisée en raison des murs de soutènement qui bordent la chaussée du Boulevard Périphérique et des gabarits sous ouvrages existants qui ne libèrent pas l'espace nécessaire à l'implantation des gaines de ventilation latérales et transversales,
- La ventilation longitudinale est la plus apte à répondre aux besoins, s'agissant d'une couverture de longueur modérée.

La ventilation longitudinale nécessite la mise en place d'accélérateurs de façon à créer une ventilation sanitaire pour les usagers pendant les heures de la journée où le trafic est congestionné. Comme le Boulevard Périphérique est bordé de murs, les accélérateurs nécessaires au mouvement de l'air ne peuvent être installés qu'en plafond dans des bossages qui créent une cassure sur la ligne de couverture. Deux bossages sont réalisés par sens de circulation, à l'intérieur desquels sont disposés cinq accélérateurs. Les bretelles d'entrée sur le BPE et de sortie sur le BPI comportent également un bossage muni de quatre voire cinq accélérateurs chacun. Tous les accélérateurs sont réversibles.

Les principales conséquences de ce choix de mode de ventilation sont donc :

- La création de bossages pour les ventilateurs,
- La réalisation d'un voile anti recyclage, évitant le passage des fumées d'un tube à l'autre, implanté dans le terre-plein central à chaque tête de la couverture,
- Une dégradation ponctuelle de la qualité de l'air en sortie de tunnel

### Traitement de l'air vicié :

Une étude spécifique a été réalisée pour analyser les possibilités de traitement de l'air vicié en sortie de tunnel.

Il est apparu qu'il n'existait pas de possibilité de traiter les polluants gazeux (notamment les NOx). Inversement concernant le traitement des poussières, des installations industrielles similaires ont été réalisées à l'étranger (au Japon notamment) mais pour des tunnels routiers de longueurs bien supérieures à celle de celui de la Porte de Vanves. Le coût et l'encombrement (silos de 20 mètres de diamètre et de 20 mètres de hauteur !) de telles installations sont très élevés, pour un rendement très modeste, et qui ira en diminuant encore au fur et à mesure des mises en application successives des normes européennes relatives à la motorisation des véhicules. Enfin, les résidus eux-mêmes qui sont alors récupérés dans des boues nécessitent un traitement spécifique qui s'avère là encore complexe et consommateur d'énergie. Il n'est donc pas apparu opportun de retenir un tel système pour un tunnel d'une telle longueur.

Une étude de dispersion des polluants dans l'atmosphère a été réalisée pour estimer l'impact sur l'environnement (Figure 8). Cette étude a fait apparaître que les concentrations de pollution diminuaient partout sauf bien entendu aux extrémités de la couverture, mais que la dilution des gaz viciés s'opérait relativement rapidement et que les concentrations n'augmentaient sensiblement qu'au droit des chaussées du périphérique (dans la tranchée découverte), et peu au niveau des abords.

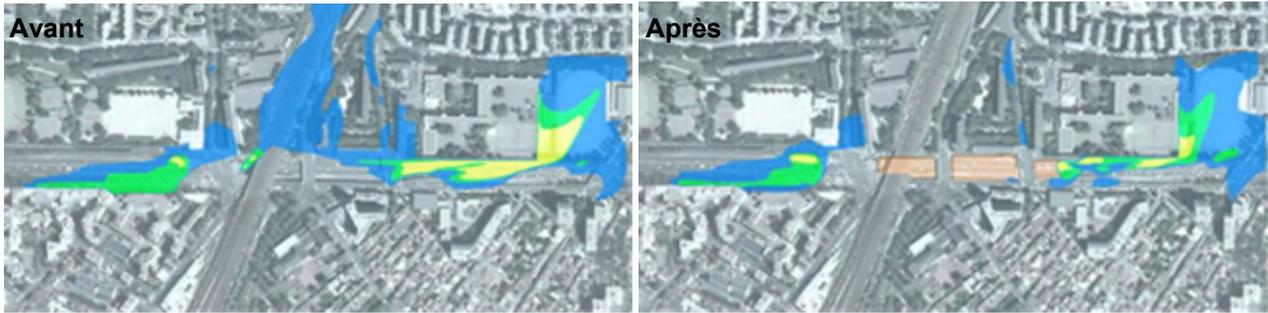


Figure 8 : Simulation de dilution des NOx dans l'air

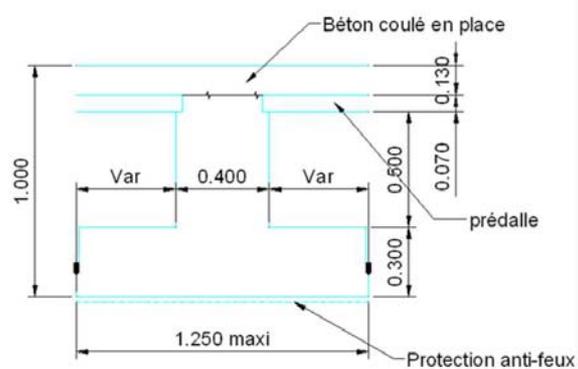
### Conception structurelle de la dalle de couverture et de ses appuis

La dalle de couverture doit être conçue pour supporter des charges élevées (jusqu'à 1,50 m de terre en plus des charges d'exploitation), avec une épaisseur de structure aussi réduite que possible afin de faciliter son raccordement aux ouvrages et voies latéraux ; sa sous-face et sa surface doivent être aussi planes et régulières que possible, pour faciliter l'écoulement de l'air et pour permettre une bonne mise en œuvre de l'étanchéité ainsi qu'un drainage simple et efficace.

La réponse simple et immédiate à ces exigences est une dalle pleine en béton, armé ou précontraint suivant les portées ; toutefois cette solution, du fait de son poids élevé, est incompatible avec la capacité des appuis latéraux existants, à l'exception des zones situées au-dessus des niches recevant les ventilateurs, pour lesquelles elle s'impose en raison de la complexité des formes.

Par ailleurs, le maintien de la circulation pendant la réalisation de l'ouvrage (Figure 11) conduit à utiliser une méthode de construction basée sur l'emploi de poutres préfabriquées.

Après avoir passé en revue les différents types de poutres actuellement disponibles, nous avons retenu une solution basée sur l'utilisation de poutres en T renversé jointives (Figure 9), complétées par une dalle de compression coulée en place (Figure 10), qui répond à tous les critères énoncés ci-dessus dans les meilleures conditions économiques : continuité et planéité de l'intrados et de l'extrados. On obtient ainsi une dalle « caissonnée » qui prend appui au centre sur le piédroit de séparation des deux tubes et latéralement sur les murs existants (Figures 12 à 14).



Figures 9 et 12 : Poutre en T renversé



Figure 10 : Mise en place du ferrillage du hourdis



Figure 11 : Portiques de ferrillage et coffrage du mur en TPC

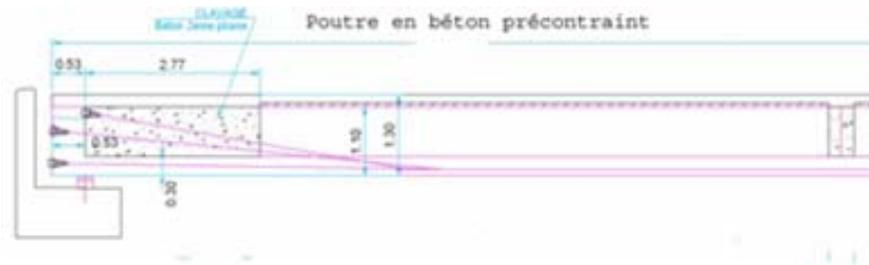


Figure 13 : Poutre en béton précontraint

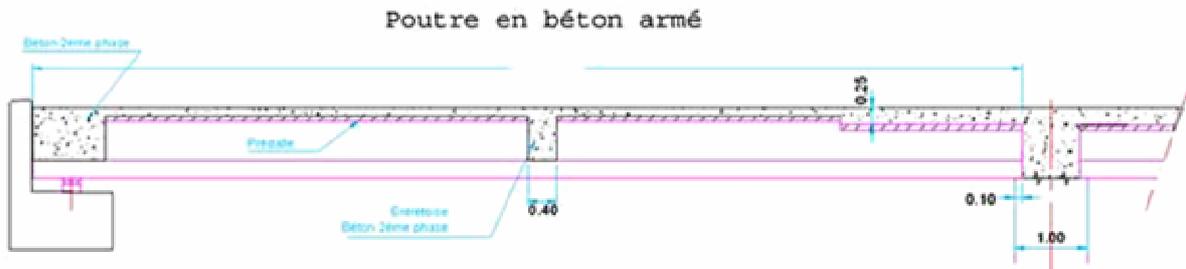


Figure 14 : Poutre en béton armé

Le piédroit central est un voile en béton armé, coulé en place puis recouvert par des panneaux préfabriqués dont la face extérieure est polie, pour en garantir l'aspect et en faciliter la maintenance.

Suivant la nature du sous-sol, ce piédroit est fondé soit sur des semelles superficielles soit sur des pieux. Au droit de la ligne n°13 du Métro, il se transforme en poutre-voile pour franchir cet obstacle, en prenant appui de part et d'autre sur des puits (Figure 15).

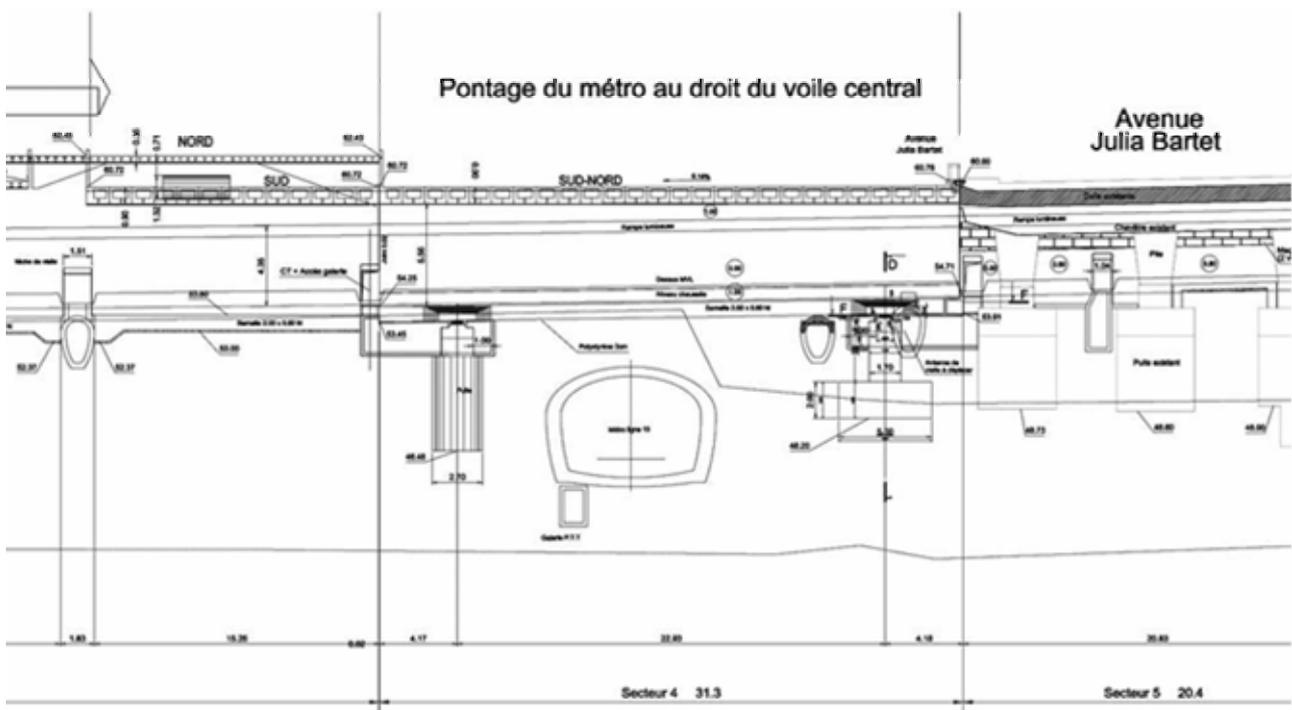


Figure 15: Pontage du métro au droit du voile central

Les murs latéraux sont des murs poids, en béton armé ou non-armé, fondés sur des semelles superficielles ou sur des puits, ou une combinaison des deux.

Pour permettre l'appui de la couverture, ils sont systématiquement arasés et un couronnement en béton armé est reconstitué (Figures 16 et 17).

Pour ne pas remettre en cause leur intégrité ni leur stabilité, la charge apportée par la couverture est systématiquement excentrée vers l'arrière. Compte tenu de cette disposition, les murs restent stables et les contraintes sur le sol admissibles.





L'issue de secours Bartet nord est réalisé en deux parties (Figure 20) :

- A ciel ouvert, à l'abri d'un blindage, au nord de l'ovoïde,
- En travaux souterrains pour la partie sud pour s'affranchir du passage sous l'ovoïde.

Les niches sont aménagées dans l'épaisseur au mur.

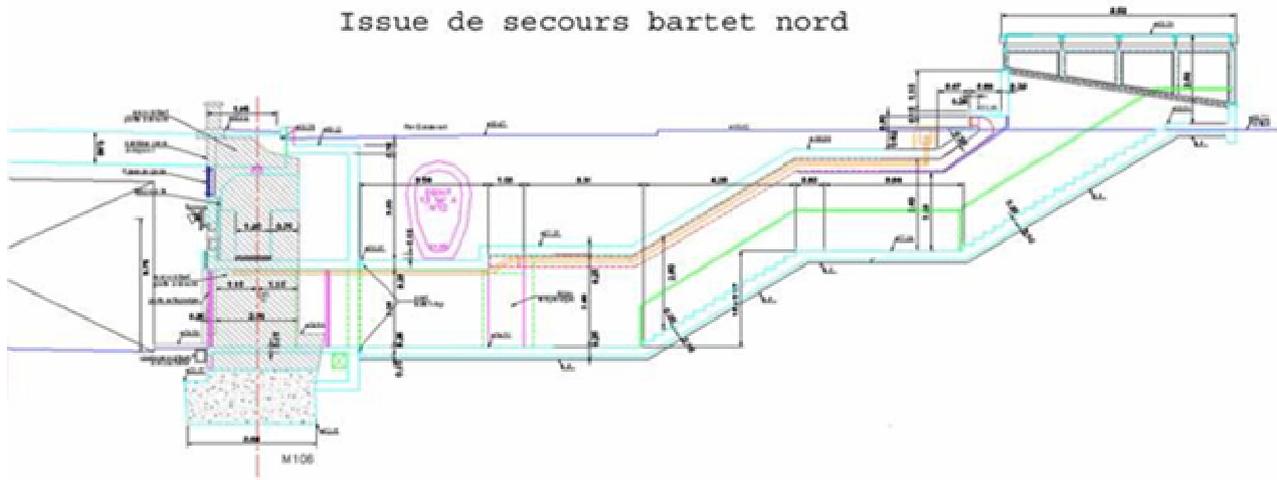


Figure 20 : Issue de secours Vanves nord

La fermeture définitive de la bretelle sortie Vanves sur le BPI a permis l'enfouissement du local technique dans les remblais contigus au mur 101 de la bretelle (Figure 21).

Il a les dimensions suivantes :

- Longueur : 31.34 m,
- Hauteur : 8.10 m,
- Largeur : entre 6.26 m et 6.70 m.

L'implantation du local en plan a été contrainte par la présence :

- A l'ouest, du front de calcaire à proximité de l'ouvrage Vanves,
- Au sud, de la semelle du mur 101,
- Au nord, du mur de soutènement du lycée.

### Etudes des équipements

Les « options guides » permettant de définir les mesures de prévention et de sauvegarde et de dimensionner les équipements prévus pour assurer la sécurité des usagers durant l'exploitation de l'ouvrage ont été définies à l'examen des contraintes de génie civil, des études de trafic et de la définition des risques majeurs et de leurs conséquences.

Les contraintes principales du génie civil ont été exposées plus haut. Il s'y ajoute la géométrie des chaussées du Boulevard Périphérique : absence de bande d'arrêt d'urgence sur la totalité de l'itinéraire et trottoirs de largeur limitée.

Les données de trafic sont :

- Des moyennes horaires de l'ordre de 9 000 véhicules pour les deux sens de circulation, pouvant atteindre 12 000 véhicules aux heures de pointe,
- Des moyennes journalières d'environ 200 000 véhicules pour les deux sens de circulation,
- Un pourcentage de poids lourds de 10 %,
- L'interdiction à la circulation des Transports de Matières Dangereuses (TMD),
- Un état fréquemment congestionné.

Il s'agit donc d'un trafic très important, souvent congestionné, en regard duquel les contraintes d'exploitation sont fortes et influent sur la quantité et le dimensionnement des différents équipements d'exploitation et de sécurité.

Les risques majeurs, dont la gravité peut être augmentée du fait de la couverture des chaussées, sont :

- Un feu important, aggravé du fait d'une circulation congestionnée,
- Un accident provoquant des dégâts matériels importants avec des blessés, aggravé du risque de sur-accident provoqué par un brutal ralentissement de la vitesse du trafic.

Ainsi, les axes de réflexion à mener pour diminuer les risques et les conséquences dues à la nature spécifique de l'ouvrage couvert sont :

- Les délais d'accès de secours et d'évacuation des usagers,
- Les performances, la fiabilité, et l'aspect modulaire du système de désenfumage,
- La limitation des dégâts dans l'ouvrage, pouvant entraîner une perte d'exploitation (incendie),
- La visibilité des usagers et leur guidage dans des conditions optimales à l'intérieur de la section couverte,
- La surveillance permanente de l'ouvrage par les services d'exploitation.

### Dispositions vis à vis de la sécurité des usagers et de l'accès des secours

Les dispositions de génie civil prises pour remédier partiellement à l'absence de bande d'arrêt d'urgence et à la largeur limitée des trottoirs consistent à réduire les inter-distances entre les communications directes avec l'extérieur (issues de secours) à moins de 200 mètres, de même que pour les passages piétons inter-tubes à l'usage des services de secours.

Les aménagements pour l'évacuation et la protection des usagers et l'accès des secours est assurée par les issues de secours : deux issues par sens de circulation accessibles aux usagers, aux handicapés et aux services de secours,

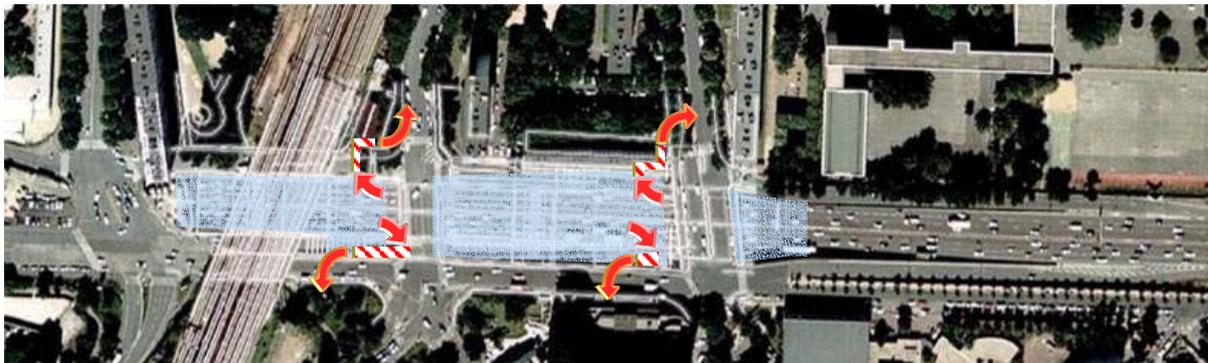


Figure 22 : Disposition des sorties de secours

Les aménagements destinés aux véhicules de secours sont les suivants :

- une aire de stationnement en aval de chaque tube,
- des interruptions du terre-plein central à l'Est et à l'Ouest, au delà des murs anti-recyclage des fumées,
- des anneaux d'ancrage sur les parois de la couverture, en quinconce, tous les 25 mètres pour assurer le tirage des véhicules accidentés.

En outre, des niches de sécurité et des niches incendie sont prévues, au nombre de quatre chacune par sens de circulation.

Les niches de sécurité sont équipées d'un poste d'appel d'urgence, d'un jeu d'extincteurs, d'un coffret de prises électriques et sont munies de portes vitrées; elles bénéficient d'un abaissement de la bordure du trottoir pour faciliter l'accès aux personnes à mobilité réduite (PMR) ; les niches incendie sont équipées d'une colonne sèche provenant des voiries de surface, l'accès principal de secours se faisant depuis les issues de secours qui servent aussi de puits d'accès au secours.

Des bouches d'incendie ont par contre été prévues au niveau des chaussées du périphérique aux deux têtes de tunnel. Les niches de sécurité et les niches incendie, les issues de secours sont signalées par un pictogramme lumineux spécifique, les issues de secours sont équipées de feux à éclats fonctionnant en cas d'incident.

### Limitation des dégâts dans l'ouvrage en cas d'incendie

Compte tenu de l'importance stratégique du Boulevard Périphérique pour la circulation en région parisienne et des difficultés qu'entraînerait sa fermeture provisoire pour des travaux de réhabilitation suite à un incendie, il a été décidé de fixer le niveau de stabilité vis-à-vis du feu de l'ensemble de la dalle à N2 au minimum, en maintenant bien entendu N3 pour les zones supportant des bâtiments.

La protection de l'intrados de la couverture a été réalisée au moyen de plaques de béton léger armé de fibres de verre (Figure 23)

Les matériels et équipements sont également résistants au feu, pour une durée de deux heures : ventilateurs, éclairage, câblages d'alimentation et de contrôle-commande associés, plots de jalonnement, portes des accès inter-tubes et des issues de secours....



*Figure 23 : Mise en place de la protection au feu*

### Eclairage et signalisation

Le niveau de qualité de l'éclairage projeté répond aux prescriptions du dossier pilote des tunnels. Pour des raisons de gabarit liées aux ouvrages existants, le mode d'éclairage à contre flux n'a pas été retenu. C'est le mode symétrique qui a été installé ici.

Les sources lumineuses (appareils simples ou bi-source) retenues pour équiper les appareils sont le sodium haute pression clair SHP pour les performances de luminance et de rendu des couleurs, implantés tous les 7 mètres environ.

Le guidage des usagers est assuré par des équipements de signalisation statique conformes à la réglementation (marquage et signalisation directionnelle) et dynamique (PMV et PMF, feux R24...) traditionnels ou adaptés aux contraintes de génie civil.

Enfin, compte tenu du retour d'expérience, il sera étudié l'opportunité de renforcer les dispositifs de fermeture du tunnel en complément de la signalisation dynamique, par des barrières équipées de dispositifs lumineux (feux R2) aux entrées de la couverture.

### Surveillance de l'ouvrage

L'ouvrage, surveillé en permanence – niveau D4 de surveillance – depuis le poste d'exploitation générale du Boulevard Périphérique (PC Berliet), est muni :

- d'un réseau d'appel d'urgence, sur une boucle locale sécurisée propre à l'ouvrage de couverture,
- d'un recueil automatique de données de trafic,
- d'une couverture complète du tunnel par caméras de vidéosurveillance,
- d'une détection automatique d'incident par un système vidéo spécifique,

### La conception architecturale

Nous intervenons sur une infrastructure de boulevard à ciel ouvert, avec une histoire, des matériaux, une identité propre. Le rappel à l'histoire, qui nous ramène à l'édification du mur d'enceinte à la limite des faubourgs en 1845, nous incite à conserver les parements de pierres

Passer de cette situation à celle plus confinée de tunnel invite à créer une ambiance particulière.

Les chaussées actuelles sont en déblais et dégagent la hauteur de gabarit nécessaire de 4.85 m par rapport au terrain naturel, pratiquement sur toute la longueur des 410 mètres qui nous intéressent ici.

Les murs de trémie et de soutènement des bretelles, d'une architecture simple et robuste, ont un parement de pierres calcaire en pleine masse (20 x 30 x 50 centimètres), en appareillage de lits horizontaux et verticaux. Les pierres sont de bonne qualité, un nettoyage leurs a rendu leur clarté pour être partie intégrante du projet nouveau.

Les culées du pont de l'avenue de la porte de Brançon, recouvertes initialement de petits carreaux de faïence ont été dissimulées sous des matériaux neufs, des plaques de béton poli monolithique de 1.40 m de large par 3.00 m de hauteur et 140 mm d'épaisseur.

## Le parti architectural

C'est avant tout l'aménagement de deux tunnels et de leurs émergences qui doit être traité. C'est donc sur une architecture de parement que la réflexion est menée.

Les murs latéraux, en pierres, trouvent leur place dans ce nouvel aménagement tant que des impératifs structurels pour la construction de la couverture ne nous obligent pas à réduire leurs surfaces.



Figure 24 : Parements du tunnel

Les murs neufs, comme le voile central, sont définis par un matériau nouveau que l'on a voulu accrocheur de lumière et facilement lavable, le béton poli. Sa couleur et sa texture sont inspirées par sa cohabitation avec la pierre. Une teinte « ton pierre » à base de ciment blanc avec des agrégats dans des couleurs beiges rehaussées d'une pointe de petits granulés plus foncés, donne le ton pour créer une ambiance douce, claire et lumineuse dans les tunnels (Figure 24).

A partir de ces choix de matériaux et de couleur se dessine la physionomie des tubes.

La chaussée a un galbe de cuvette avec un point bas au niveau de la porte Brançon. Ce galbe est reconduit à une hauteur constante de 4.50 m sur le haut des murs, neufs ou existants, par une corniche de lumières qui arrête net le regard de l'automobiliste. Cet effet est renforcé par une couleur noire en plafond ainsi que sur les retombées des murs latéraux, gommant les accidents de la couverture dus aux niches des ventilateurs.

**La corniche de lumières** suit le galbe de La chaussée. Ce galbe est reconduit sur les murs, neufs ou existants. Son allure de ruban que l'on déroule a 4.00 ou 3.75 mètres de hauteur, suivant qu'il équipe les murs latéraux ou le TPC. C'est Cette corniche de lumière a une forme d'équerre adoucie qui arrête net le regard de l'automobiliste sur ce qui est volontairement mis en lumière.

**Chaque ensemble issues de secours, niche de sécurité, niche incendie**, creusées dans les murs de pierres ou de béton poli, font l'objet d'un traitement particulier pour permettre de les identifier clairement en toutes circonstances, et notamment en exploitation normale (hors accident ou incendie). Elles sont attachées au projet par la reconduction de matériaux déjà choisis par ailleurs ; des capots de béton de fibre de verre moulés marqués par un encadrement lumineux de fibre optique bleue et verte (Figure 25).

**Le voile central**, séparant les deux tubes, se prolonge d'une cinquantaine de mètre vers l'extérieur, de part et d'autre de la couverture. Le rôle de cette extension est d'éviter le « recyclage » de l'air d'un tube vers l'autre et de réduire les nuisances sonores. De ce fait ces excroissances sont traitées en surfaces absorbantes du bruit. En écho au langage architectural intérieur, ce sont des caissons conçus avec un complexe absorbant dont la façade perforée est en CCV, qui sont appliqués contre le voile anti-recyclage. Leur aspect lisse, teinté dans un ton de pierre, répond parfaitement au béton poli. Un large couronnement de dalle de béton gris coiffe ce mur et ses caissons latéraux et redescend en pointe jusqu'à la glissière de sécurité.

## Les émergences

**Les têtes** de la couverture sont le lien direct entre l'intérieur et l'extérieur de la couverture, prémices de l'ambiance intérieure, et limitent les emprises d'ouvrages (Figures 26 et 27)



Figure 26 : Tête de sortie de la bretelle Brancion BPI



Figure 27 : Murs anti-recyclage

Les bretelles d'accès et de sorties sont traitées dans le même esprit relationnel de l'intérieur vers l'extérieur.

Une bande de béton poli de hauteur variable, car adapté à la hauteur de la structure à couvrir, plaqué sur le fronton des têtes, surmonté d'un garde corps au thème végétal délimitent les accès.

Sur les frontons de Vanves, et des deux bretelles d'accès et de sortie, les garde-corps sont calés par des colonnes de béton poli de la hauteur du garde corps.

La couleur du béton poli est toujours celle de la pierre, définie en même temps que celle des panneaux d'habillage intérieurs.

Les garde-corps, composés de plats soudés, sont en métal galvanisé peint en vert.  
Des plaquettes de terre cuite vernissée finissent l'habillage de la longrine de scellement.

#### Les issues de secours

Les sorties de secours émergent en surface en quatre points : deux au niveau de la porte de Vanves, une à l'angle de la rue Julia Bartet et de l'avenue Garamond et la dernière sur la couverture à l'angle de l'avenue la rue Julia Bartet et du boulevard Adolphe Pinard. Elles sont toutes directement rattachées aux tubes du boulevard périphérique

D'une géométrie cubique de 2.10 mètres de large par 6.50 mètres sur 2.50 de haut, moitié voile béton, moitié structure métallique et tissage de métal, coiffée d'un verre acrylique translucide blanc ces édicules sont ventilés et laissent la lumière zénithale atteindre les escaliers inférieurs (Figure 28)

Un jeu de lumière or et bleu peut s'alterner pour animer un jour de fête, au bon gré du gestionnaire.

La structure métallique avec un jeu de tissage métallique inoxydable se superpose latéralement sur un socle de béton suivant une oblique. Des plaquettes d'angle de terre cuite de couleur « champagne » couronnent le voile béton.



Figure 25 : Issue de secours



Figure 28 : Edicule de sortie

#### Conclusion

Aujourd'hui le périphérique offre dans sa globalité un spectacle hétérogène tant dans le traitement de ses différentes sections, inspiré directement par leur propre contexte, que par l'emploi d'un panel varié de différentes technologies pour

l'équipement de protections acoustiques ou autres. Cette variété en fait la richesse et l'identité. C'est dans ce contexte que nous nous sommes inscrits pour créer l'ambiance propre à ce tronçon du périphérique (Figure 29).



Figure 29 : Vue intérieure

## 6. AMÉNAGEMENT DE SURFACE

Les aménagements sur l'ouvrage de couverture seront constitués principalement d'un jardin entre la rue Julia Bartet et l'avenue de la Porte de Vanves, et éventuellement d'équipements publics (Figure 30).

Par ailleurs, un réaménagement des voiries avoisinantes sera mené, notamment pour favoriser les circulations douces, pour tranquilliser l'avenue de la Porte de Vanves et pour intégrer la mise à double sens de la rue Julia Bartet, effective depuis la fermeture définitive de la bretelle de sortie du périphérique intérieur « Vanves ».

Ces aménagements sont en phase de concertation et d'études.



Figure 30 : La couverture terminée

## 7. PRINCIPALES QUANTITÉS

- 29 mois de travaux dont 20 mois pour la couverture
- Près de 10000 m<sup>2</sup> de surface couverte
- 58,4 millions d'€ TTC (coût d'investissement)
- 82 pieux de diamètre 800 à 1200mm / Lg ~ 865ml profondeur moyenne : 12 à 15ml
- 35 000 m<sup>3</sup> de déblais,
- 7 200 m<sup>3</sup> de remblais,
- 10 400m<sup>2</sup> de couverture de 80 cm d'épaisseur,
- 385 poutres en béton armé,
- Nombre de ventilateurs : 29 Unités
- 220 000 heures de travail,
- En moyenne, 50 à 70 personnes sur le chantier.