

Tunnel sous la rade: liaison Port-Noir - Frontenex

Autor(en): **Bouchardy, Jean-Luc**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Ingénieurs et architectes suisses**

Band (Jahr): **122 (1996)**

Heft 12

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-78846>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Tunnel sous la rade: liaison Port-Noir – Frontenex

Par Jean-Luc Bouchardy, ingénieur civil EPFLISIA, pilote du groupement de mandataires Bureau d'ingénieurs P. Erbeia et J.-L. Bouchardy, rue Vautier 3, 1227 Carouge

Dans le cas d'une traversée de la rade par tunnel, dite « moyenne traversée » – de même que si l'on opte pour la construction d'un pont – l'intégration de l'ouvrage principal dans le réseau des circulations urbaines nécessite la réalisation d'ouvrages souterrains complémentaires.

Un premier tracé abandonné

En 1994, lors de la première phase des études, un projet de liaison entre le Port-Noir et le plateau de Frontenex avait été élaboré en respectant les contraintes alors fixées par le règlement (points de connexion, enveloppe du tracé, etc.). Implanté à l'ouest du nant de Traînant, ce projet présentait toutefois un certain nombre d'inconvénients: en surface, il se heurtait notamment à la proximité de plusieurs constructions situées sur le tracé et, en profondeur, à la présence de la nappe souterraine. D'autre part, le raccordement au réseau des circulations de Frontenex ne pouvait être réalisé qu'avec la mise en place de deux giratoires.

Nouveau projet

Lorsqu'en avril 1995, le Conseil d'Etat a décidé de retenir deux projets devant être soumis au peuple, dont une « moyenne traversée » en tunnel entre l'avenue de France et le Port-Noir, avec remontée jusqu'au plateau de Frontenex, les groupements de mandataires concernés ont alors proposé un nouveau projet tenant compte des remarques faites par le jury à l'issue de la première phase des études.

La solution ainsi retenue consiste à prolonger le tunnel traversant la rade sous le quai Gustave-Ador, entre le Port-Noir et Genève-Plage, à régler les circulations en surface par l'implantation d'un giratoire à la place de Traînant et à relier le plateau de Frontenex en passant à l'est du nant de Traînant pour terminer l'ouvrage à Frontenex par un giratoire situé à l'extrémité sud du vallon du Traînant.

Description de l'ouvrage

L'ouvrage Port-Noir – Frontenex s'inscrit directement à la suite du tunnel de traversée de la rade. La tranchée couverte amorcée sous le quai Gustave-Ador est prolongée jusqu'à la hauteur de Genève-Plage et se poursuit par un tunnel creusé dans le coteau de Cologny jusqu'au plateau de Frontenex. Deux trémies complètent la partie inférieure de l'ouvrage. Situées après le giratoire en direction de Vézenaz, elles permettent les liaisons quai Gustave-Ador – Frontenex et Frontenex – Vézenaz. A Frontenex, le tunnel est conçu de manière à pouvoir être prolongé en direction de Sous-Moulin. Deux trémies assurent le raccordement du tunnel au réseau routier existant par l'intermédiaire d'un grand giratoire.

L'ouvrage, d'une longueur totale de 1090 m comprend:

- une tranchée couverte inférieure de 240 m située sous le quai Gustave-Ador,
- deux trémies inférieures,
- un tunnel de 660 m creusé dans le coteau de Cologny,
- deux voies d'accès supérieures composées d'une tranchée couverte sur 125 m suivie d'une trémie sur 65 m,
- un giratoire de 60 m de diamètre.

Tranchée couverte inférieure

La tranchée couverte inférieure est constituée de deux tubes, séparés par une paroi. Chaque tube, de section rectangulaire, comprend une voie de circulation de 3,50 m de largeur et une voie d'arrêt d'urgence, avec un gabarit de 4,50 m de hauteur libre. Le profil est complété de chaque côté par un trottoir de service de 1,50 m. Les espaces latéraux et supérieurs sont réservés à l'éclairage, à la ventilation et à la signalisation.

Tunnel

Le tunnel est composé de deux tubes. Chaque tube, à section en fer à cheval, comprend deux voies de circulation de 3,75 m de lar-

geur, avec un gabarit de 4,50 m de hauteur libre et de chaque côté, un trottoir de service de 1,50 m. Les espaces latéraux et en calotte sont réservés à l'éclairage, à la ventilation et à la signalisation. La pente longitudinale à l'axe des tubes est de 5,75 %. La géométrie de l'ouvrage permet une vitesse de 80 km/h.

Trémies

Les trémies d'entrée comprennent une piste de circulation de 3,50 m de largeur et un bouteroue de 0,50 m de chaque côté. Les trémies de sortie comprennent une piste de circulation de 3,50 m de largeur, une voie d'arrêt d'urgence de 2,50 m et un bouteroue de 0,50 m de chaque côté.

Giratoire

Le giratoire de Frontenex permet par son diamètre de 60 m l'inscription de trois pistes circulaires. Il assure ainsi le raccordement de la traversée de la rade à la route de Vandœuvres, à la route de la Grabelle et à la route de Frontenex.

Insertion dans le site

A l'exception des trémies d'accès, du giratoire de Frontenex et de la cheminée de ventilation, la totalité de l'ouvrage est enterrée. Les trémies seront traitées de manière à assurer une insertion discrète dans le site, tant le long du quai Gustave-Ador qu'au plateau de Frontenex. La cheminée de ventilation, construite en bordure de la forêt du nant de Traînant sera presque totalement cachée par la végétation des alentours.

Géologie et hydrogéologie

Dans toute la zone située sous le quai Gustave-Ador, la construction sera réalisée dans les remblais, les dépôts lacustres ou le retrait würmien, au-dessus de l'alluvion ancienne. La nappe profonde, en charge au sein de l'alluvion ancienne, ne sera pas touchée par le tunnel. Toutefois, elle sera protégée sur toute la longueur de la tranchée couverte du quai Gustave-Ador par une paroi moulée

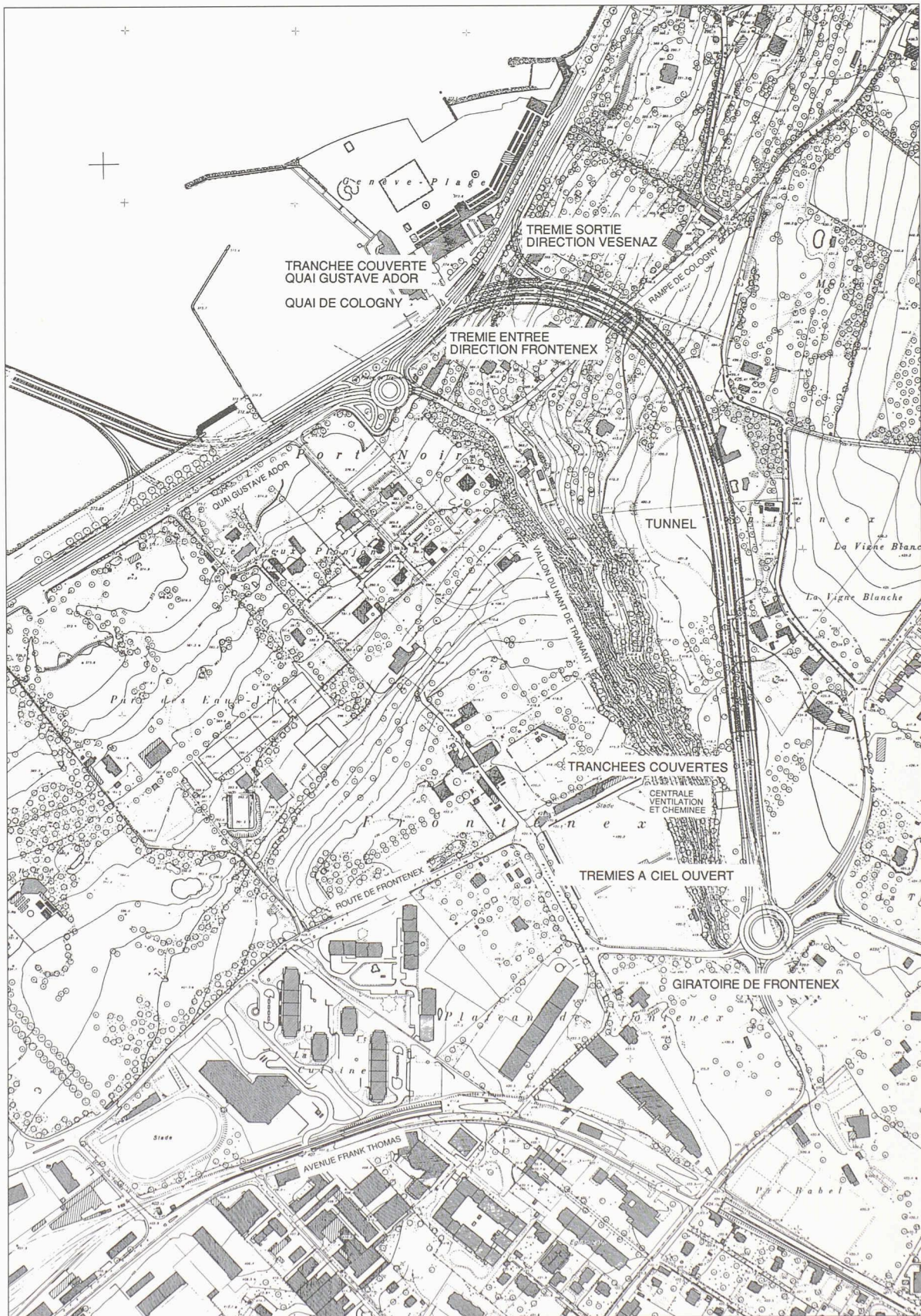


Figure 1. - Liaison Port-Noir – Frontenex : plan de situation

pénétrant jusque dans les formations imperméables (retrait rissien et moraine rissienne). Cette paroi moulée, réalisée côté sud de la tranchée couverte, offrira en outre l'avantage de confiner la nappe profonde et diminuer ainsi les pertes d'eau en direction du lac. Conformément aux directives de la future norme européenne relative à l'exécution des parois moulées, la surpression d'au moins un mètre de bentonite par rapport au niveau de l'eau sera respectée sur l'ensemble du chantier, les murets de guidage étant construits en conséquence. L'utilisation d'une boue de bentonite normale et de ciments Portland normaux n'entraîneront aucune pollution de la nappe profonde. Par ailleurs, les pertes de bentonite en direction du lac peuvent être estimées comme quasiment nulles, compte tenu de la compacité et de l'étanchéité des sols que le liquide devrait traverser. A partir de la place de Traînant et jusqu'à sa pénétration dans le coteau de Cologny, la construction sera toujours réalisée dans les remblais, le retrait würmien et la moraine würmienne, sans toucher l'alluvion ancienne aquifère. En effet, au vu des sondages effectués récemment (janvier 1996), l'épaisseur de cette dernière diminue progressivement jusqu'à disparaître totalement, marquant ainsi la limite de la nappe profonde à cet endroit.

Ces nouvelles données sur la stratigraphie du sol confirment le bien-fondé de la solution proposée en avril 1995 et permettent de renoncer aux mesures de protection de la nappe profonde, envisagées jusqu'alors sur une centaine de mètres. En pénétrant dans le coteau de Cologny, la construction entre en contact avec le retrait rissien, la moraine rissienne, puis l'alluvion ancienne (hors nappe profonde) avant de retrouver la moraine würmienne.

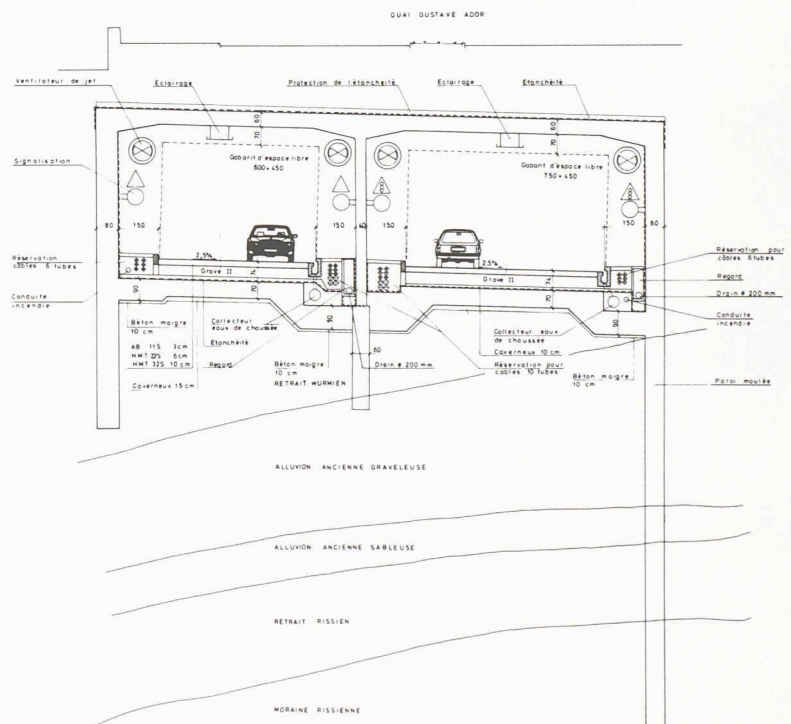
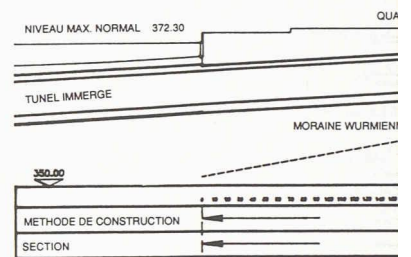


Figure 2. - Tranchée couverte sous le quai Gustave-Ador: coupe type

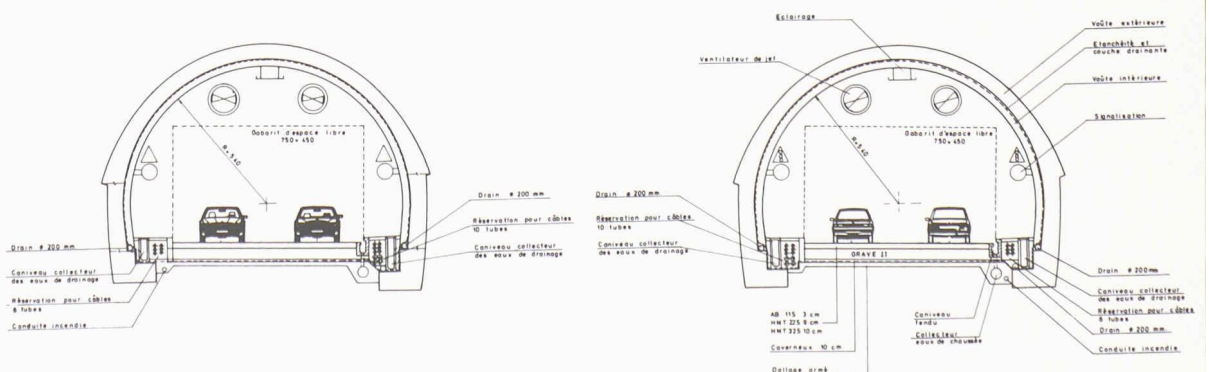


Figure 3. - Tunnel sous le coteau de Cologny: coupe type

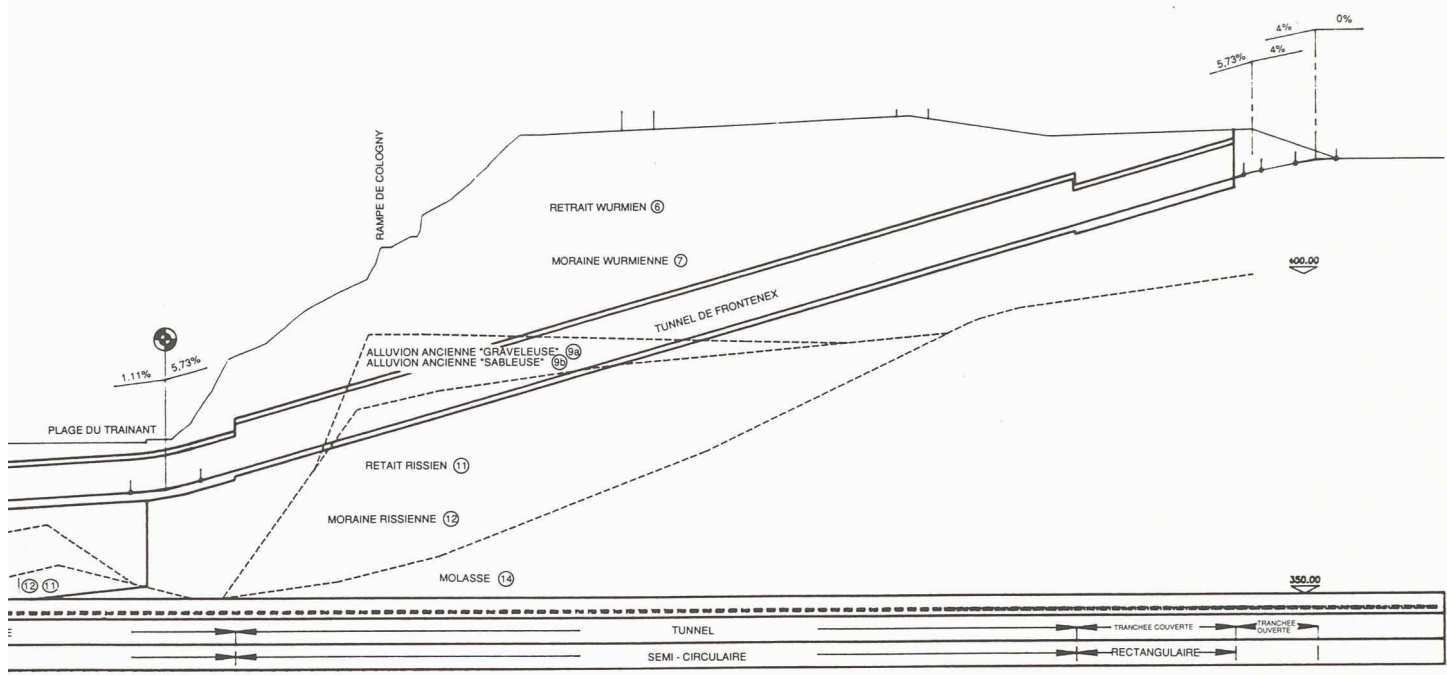


Figure 4. - Liaison Port-Noir - Frontenex : profil en long

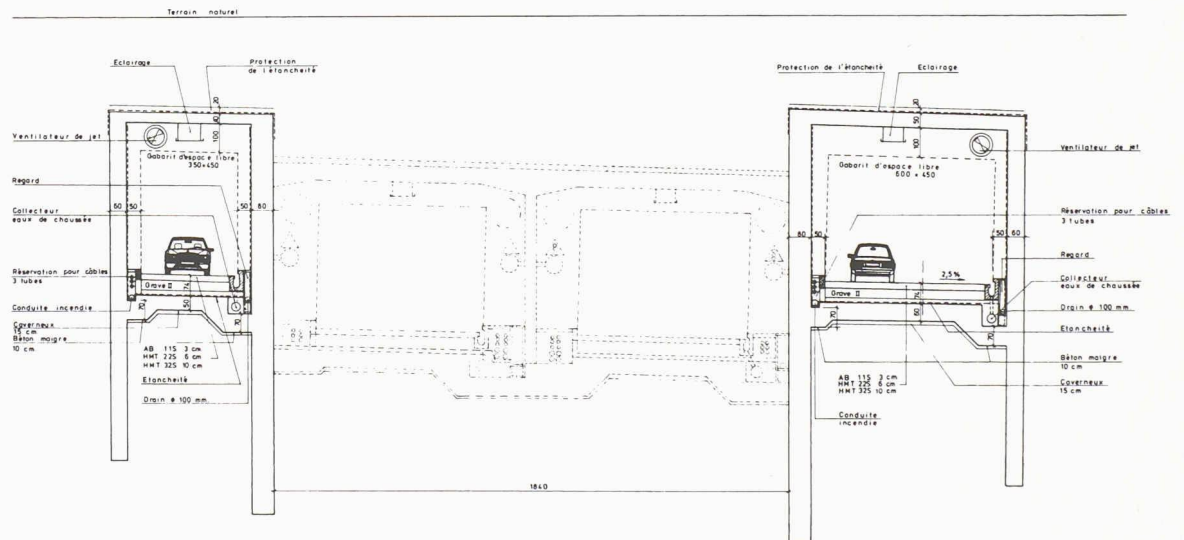


Figure 5. - Tranchée couverte sous le plateau de Frontenex : coupe type

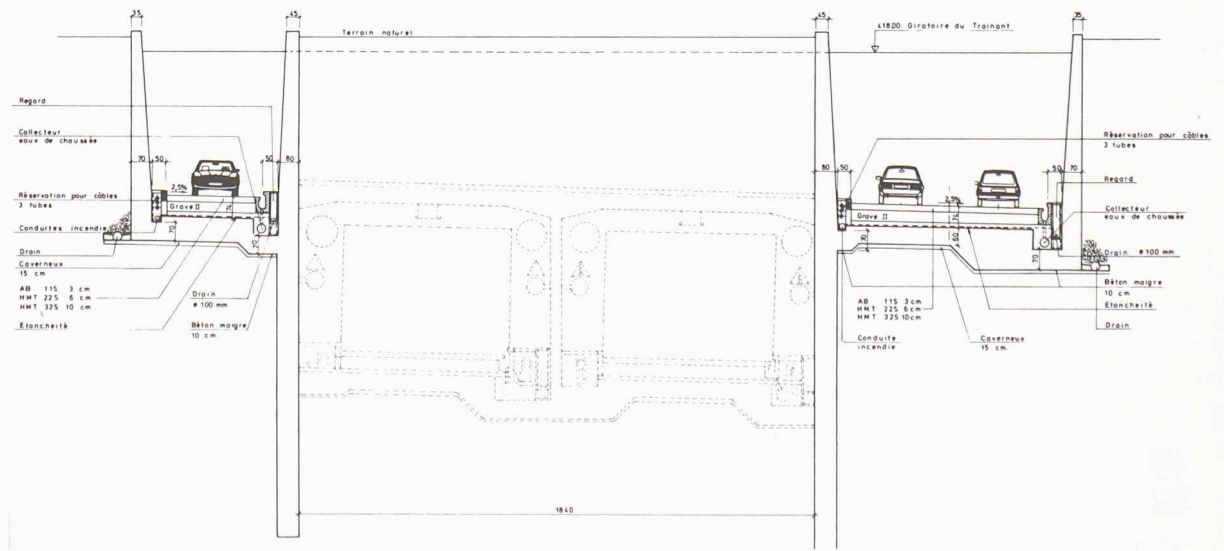


Figure 6. - Trémies à ciel ouvert au plateau de Frontenex : coupe type

Techniques de construction

Tranchée couverte inférieure

L'exécution de la tranchée couverte inférieure est prévue au moyen de parois moulées, d'un radier et d'une dalle de couverture, dont le niveau supérieur respecte les minima imposés pour le passage des services (eau, gaz, électricité, etc.). La paroi moulée côté sud sera ancrée dans le substrat imperméable de manière à protéger la nappe profonde et à permettre le bétonnage du radier à l'abri des sous-pressions, tandis que la paroi moulée centrale sera préfabriquée dans sa partie supérieure. La dalle de couverture sera bétonnée sur le terrain en place par demi-largeur, afin de maintenir le trafic sur l'autre demi-largeur (trois voies) du quai Gustave-Ador.

Après la pose d'une étanchéité, l'ouvrage sera remblayé jusqu'au niveau des chaussées et le terrassement sera exécuté en taupage entre les parois moulées, bloquées en tête par la dalle de couverture. Quant au radier, il sera bétonné par étapes successives, au fur et à mesure de l'avancement du terrassement, exécuté simultanément dans les deux tubes. Enfin, après la pose d'une étanchéité à l'intérieur de l'ouvrage, sur le radier et sur les murs, les chaussées et les trottoirs de service seront exécutés avec mise en place des divers équipements.

Tunnel

En ce qui concerne le tunnel, l'excavation démarrera sur le plateau de Frontenex, des possibilités d'implantation de chantier pouvant aisément y être trouvées sans menacer l'environnement. Le choix de la méthode d'exécution demeure encore ouvert: il est en effet prévu d'exécuter les travaux en sections partielles, soit au bouclier à lances, soit par «jetting». Dans le cas de l'utilisation du bouclier à lances, les deux tubes seront forés l'un après l'autre, le premier tube étant excavé à la descente et le deuxième tube en remontant après avoir tourné la machine au

point bas. La voûte de la calotte sera réalisée à l'abri de lances jointives, foncées par vérinage séquentiel à l'avancement. La voûte extérieure sera bétonnée, puis il sera procédé à la creuse et au bétonnage des piédroits en sous-œuvre. Le stross sera éliminé en dernier, permettant la construction du radier.

Dans le cas d'une réalisation par «jetting», les deux tubes seront exécutés en alternance, l'excavation et le bétonnage de la voûte extérieure étant réalisés dans l'un des tubes pendant que le «jetting» est effectué dans l'autre. La voûte de la calotte sera construite à l'abri de colonnes «jettées» jointives, exécutées sur le pourtour de la section, par tronçons de 12 à 14 mètres. La cohésion apparente de l'alluvion ancienne, voire même une certaine cimentation naturelle, éliminent tout risque d'effondrement au front de taille. Les piédroits, ainsi que le stross et le radier, seront ensuite excavés puis bétonnés comme dans la méthode du bouclier à lances.

La faible quantité d'eau dans le tunnel à l'excavation sera évacuée par pompage à l'avancement.

Voies d'accès supérieures

L'exécution des tranchées couvertes supérieures est envisagée au moyen de parois moulées, d'un radier et d'une dalle de couverture. Les parois moulées intérieures seront réalisées de manière à permettre la poursuite du tunnel en

direction de Sous-Moulin. Il est prévu d'exécuter les travaux à ciel ouvert, de protéger la dalle de couverture par une étanchéité et de remettre le terrain de couverture en son état actuel.

Comme pour la tranchée couverte inférieure, les chaussées et trottoirs de service seront exécutés avec la mise en place des divers équipements, après la pose d'une étanchéité à l'intérieur de l'ouvrage, sur le radier et les murs.

Installations techniques

Alimentation électrique

L'alimentation de l'ouvrage en énergie électrique est prévue à partir de deux cabines moyenne tension situées, l'une à Frontenex, l'autre au quai Gustave-Ador. La distribution aux équipements se fera à partir de deux cabines basse tension adossées aux cabines moyenne tension. Une production d'énergie de secours, par des groupes batteries-onduleurs, installés dans les cabines basse tension assurera l'alimentation, sans coupure, de l'éclairage de balisage, de la signalisation lumineuse, ainsi que celle des équipements de télécommande, de radiocommunication, d'alarme et de sécurité.

Eclairage

Il est prévu d'éclairer l'ouvrage au moyen de luminaires tubulaires au sodium à haute pression disposés au centre avec rayonnement symétrique pour la partie médiane des tunnels et asymétrique pour les zones d'adaptation.

Groupement de mandataires

<i>Génie civil</i>	P. Erbeia et J.-L. Bouchardy, pilotes Mouchet - Dubois - Boissonnard S.A., Fol et Duchemin S.A., Amsler et Bombeli S.A., Lombardi S.A.
<i>Circulation</i>	Boss et Partenaires S.A.
<i>Architecture</i>	P.A. Renaud S.A.
<i>Urbanisme</i>	J.-P. et A. Ortis
<i>Ventilation</i>	Gitec S.A.
<i>Electricité</i>	Scherler S.A.
<i>Géomètres</i>	R. et P.-Y. Heimberg
<i>Environnement</i>	Ecotec S.A.

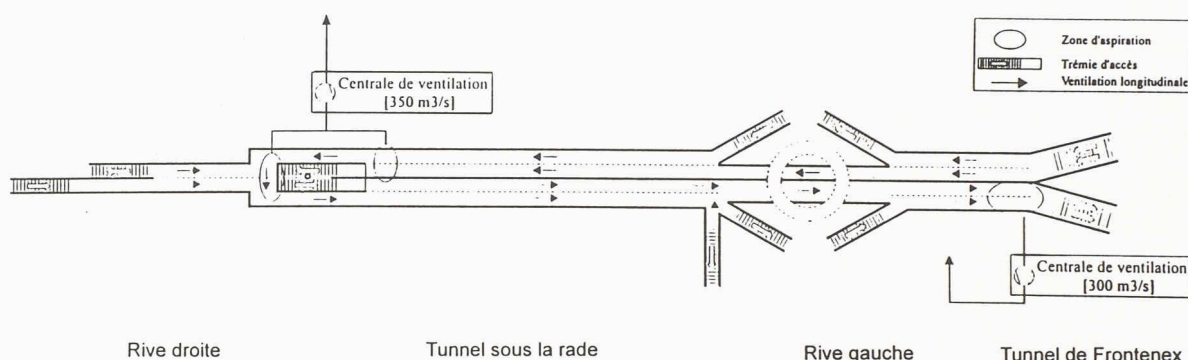


Figure 7. - Tunnel sous la rade et tunnel de Frontenex : schéma de ventilation

Ventilation

La ventilation de l'ouvrage a été étudiée en liaison avec celle de la traversée de la rade, elle est donc un élément du projet général. De type longitudinal, elle est assurée de façon naturelle par le pistonage des véhicules, l'air frais provenant des trémies d'accès au tunnel. En cas de trafic congestionné, le pistonage des véhicules est assisté par la mise en marche de ventilateurs de jet, disposés sous le plafond, au-dessus des trottoirs de service. A l'extrémité du tube montant, la centrale de ventilation rive gauche entièrement enterrée permet d'aspirer l'air pollué du

tunnel. Le point d'aspiration, situé à une distance d'environ 80 m du portail de sortie, évite une trop grande aspiration d'air frais à contre-courant.

Les principales caractéristiques de la centrale rive gauche sont les suivantes: débit d'aspiration 300 m³/s, hauteur de la cheminée 22 m environ, diamètre de la cheminée 5 m, vitesse d'éjection des gaz 15 m/s.

La cheminée est prévue en bordure de la forêt du nant de Traïnant, afin d'en minimiser l'impact sur le paysage. Sa hauteur est fixée de manière à dépasser légèrement la cime des arbres.

Durée et coût des travaux

La durée totale des travaux est estimée à quatre ans, soit 24 mois pour la construction de la tranchée couverte et des trémies du quai Gustave-Ador, 24 mois pour le tunnel dans le coteau de Cologny et 18 mois pour les tranchées couvertes et les trémies du plateau de Frontenex avec le giratoire et les raccordements routiers.

Le coût total des travaux est évalué à 140 millions de francs, les honoraires, divers et imprévus ont été estimés à 40 millions et le renchérissement également à 40 millions, ce qui donne un coût total pour l'ouvrage de 220 millions de francs.

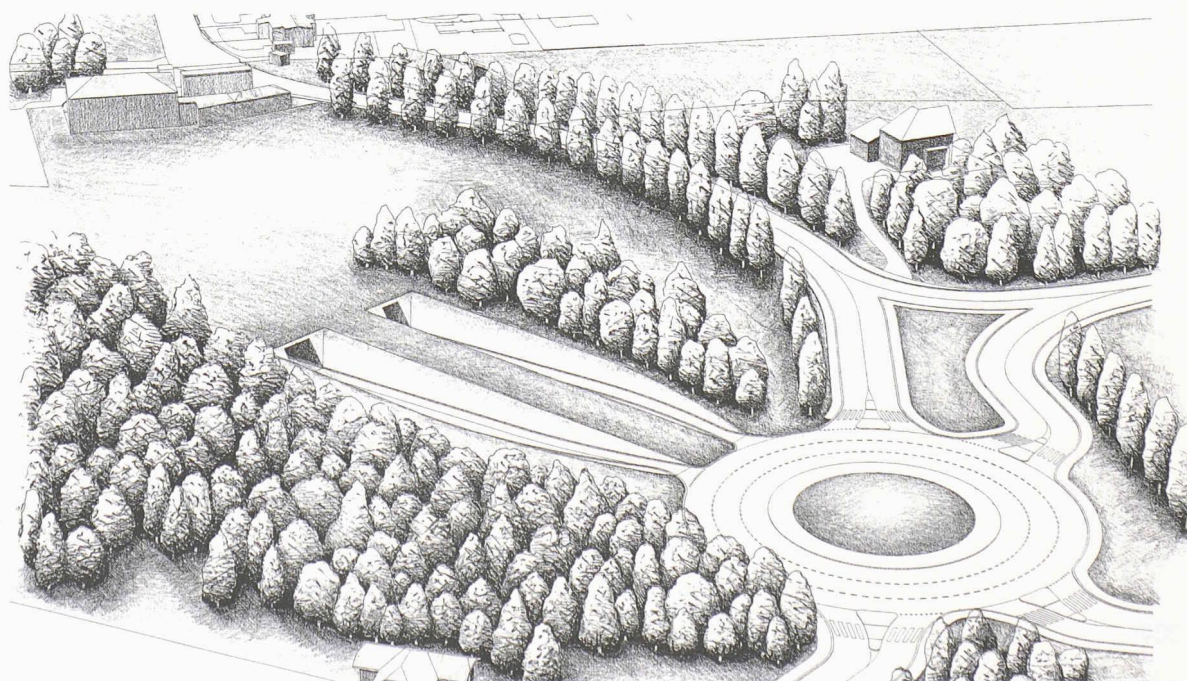


Figure 8. - Giratoire du plateau de Frontenex