

Tranchée couverte de Chèvres

Autor(en): **Duchène, Jean-Yves**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Ingénieurs et architectes suisses**

Band (Jahr): **119 (1993)**

Heft 14

PDF erstellt am: **21.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-78059>

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.

Tranchée couverte de Chèvres

Par Jean-Yves Duchêne,
ing. civil diplômé,
R. Perreten
& P. Milleret SA,
rue Jacques-Grosselin 21
1227 Carouge

La tranchée couverte de Chèvres (OA 502), longue de 400 m, est située sur la rive gauche du Rhône, suivant immédiatement le pont d'Aigues-Vertes et précédant la tranchée du bois des Mouilles (fig. 1).

La justification de cet ouvrage tient essentiellement à la proximité du village de Chèvres qui abrite une institution pour handicapés. Il procure également une réduction sensible des nuisances sonores à l'égard de la maison de retraite de Loëx.

Enfin, il permet, les travaux achevés, de restituer à l'agriculture une surface de l'ordre de trois hectares.

Géologie

L'ouvrage prend place dans le complexe morainique de la glaciation du Würm. Sous les couches végétales et arables, on rencontre successivement une phase limono-argileuse d'épaisseur variable, puis une phase limoneuse à cailloux très compacte. C'est essentiellement dans cette couche que l'ouvrage a été fondé.

La réutilisation, dans une large mesure, des matériaux de déblai pour le remblai au-dessus de l'ouvrage, a nécessité une surveillance de la qualité des terrains et une organisation du chantier permettant une gestion rationnelle de ceux-ci, en liaison, le plus souvent, avec les autres chantiers autoroutiers. Ainsi, les difficultés inhérentes au stockage des matériaux ar-

gileux ont été mises en évidence. En effet, sans protection, et en cas de conditions météo défavorables, la teneur en eau de ces matériaux remaniés les rend impropres à une réutilisation sous la forme de remblais compactés. On verra plus loin que la qualité du remblai, et donc son compactage, était une des composantes de la statique de l'ouvrage.

Description technique

L'ouvrage se compose de deux tubes séparés par une paroi médiane continue, dont chacun comprend deux voies de circulation, une bande d'arrêt d'urgence et les trottoirs de service. Deux passages de secours relient les deux tubes. Le tracé présente une légère courbe et le profil en long accuse une pente constante de 1,33% en direction du Rhône.

Chaque tube est large de 13,45 m, la hauteur sous voûte est de 7,60 m, les voûtes ont un rayon intérieur de 7,40 m et une épaisseur de 30 cm; quant à l'épaisseur des terres de recouvrement, après reconstitution du terrain naturel, elle varie entre 2 et 7 m.

Grâce au recours à la technique des parois moulées, la largeur de la fouille a pu être limitée à 45 m. Cette technique a également permis de faire l'économie d'un important ancrage de talus ou d'étais provisoires.

Au cours des travaux préparatoires, on a décapé la couche de terre végé-

tale puis opéré un pré-terrassement jusqu'au niveau de l'extrémité supérieure des futures parois, soit 8 à 12 m sous le terrain environnant.

Pour réaliser les deux parois extérieures moulées mixtes, deux tranchées de 9 m de profondeur furent creusées à l'aide d'un grappin plongeant dans le sol entre deux murets de guidage préalablement coulés sur place, tandis que les flancs de la tranchée étaient maintenus par de la bentonite. La partie inférieure (fiche) de la paroi a été coulée sur place, sa partie supérieure étant constituée d'éléments préfabriqués présentant un profil en «E». Le vide entre le profil en béton et le flanc extérieur de la tranchée a été comblé par injection de béton rhéoplastique.

Par la suite, une semelle centrale, moins enfouie que la fondation des parois extérieures, ainsi que la paroi médiane, qui prend appui sur elle, furent construites. Puis, après une seconde étape de terrassement, les voûtes furent bétonnées sur place par étapes de 15 m. Après les travaux d'étanchéité, on a procédé à un remblaiement partiel avec des matériaux devant assurer une parfaite répartition des charges. Enfin, l'excavation fut complétée «en taupé» et les chaussées construites avec les équipements nécessaires.

La zone de l'ouvrage étant traversée par l'oléoduc qui relie le port de Fos-

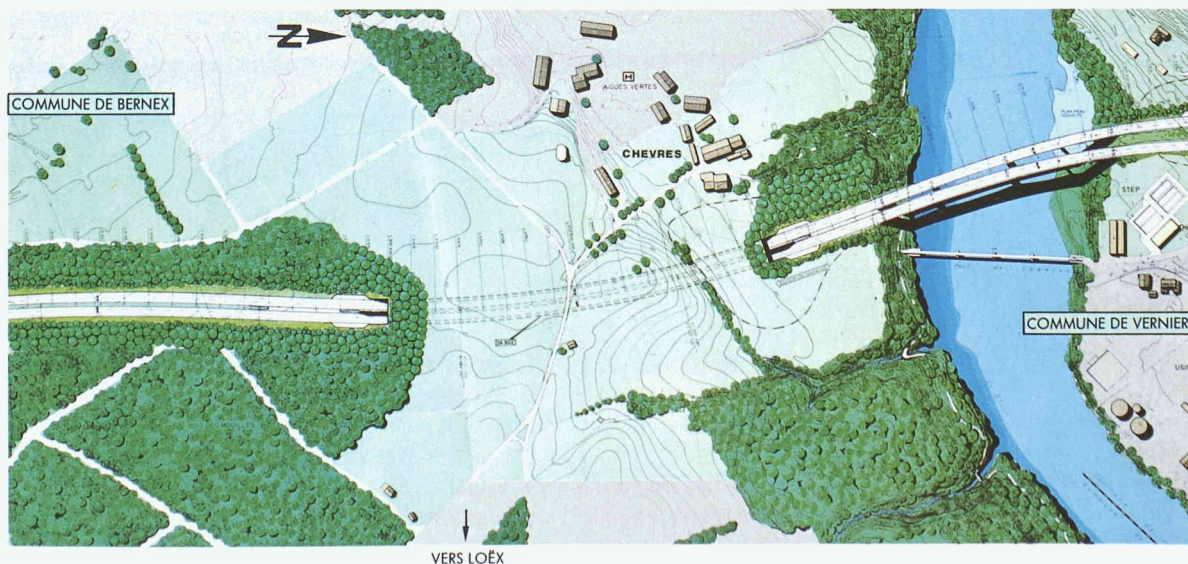


Fig. 1. – Maquette représentant la situation de la tranchée couverte de Chèvres avec, à droite, le pont d'Aigues-Vertes

sur-Mer (près de Marseille) aux dépôts pétroliers de Vernier, la construction d'un pont soutenant l'oléoduc s'est avérée nécessaire. Ce pont poutre repose sur trois piliers prenant appui sur les parois de la tranchée couverte. Recouvert de plus d'un mètre de remblai, l'ouvrage terminé est invisible.

La terre végétale et la sous-couche arable décapées ont été stockées durant les travaux et ce sont 25 000 m² de terre cultivable entamée qui ont ainsi été restitués à l'agriculture.

La construction de la tranchée couverte de Chèvres a duré de 1986 à 1988 et l'ouvrage a coûté 24 millions de francs.

Etudes préliminaires et choix constructifs

L'épaisseur de la couverture de terre (7 m) sur l'ouvrage a rapidement orienté les concepteurs vers une solution en double voûte circulaire. L'importance des emprises nécessaires pour procéder à la réalisation de voûtes en fouille ouverte, mais aussi un souci de mettre la construction à la portée du plus grand nombre d'entreprises de la place, ont, lors d'une première phase de l'étude, amené les auteurs du projet à proposer une solution de type cadre. Les éléments porteurs verticaux étaient dans ce cas constitués de parois moulées dont la fiche assurait le transfert des charges au terrain d'assise. La structure porteuse horizontale était composée de poutres préfabriquées jointives, précontraintes par fils adhérents uniquement, et solidarisiées entre elles par un sur-béton de 30 cm d'épaisseur. La grande simplicité du système, l'absence de continuités coûteuses à réaliser, le choix d'une précontrainte ne nécessitant pas de technique spécialisée à interventions multiples ainsi que d'autres facteurs ont conduit à un ouvrage très bon marché dont le délai de réalisation se trouvait écourté et dont la construction pouvait être maîtrisée facilement par les entreprises locales.

Nous nous plaignons à constater maintenant que cette conception était «en avance d'une norme». En effet, ce qui, aujourd'hui, sous l'éclairage des nou-

velles normes de structure, est acceptable, ne l'était pas encore en 1985. Le souci des experts d'éliminer des zones à plastification contrôlée, de redonner à l'ouvrage un monolithisme et une hyperstaticité rassurante, mais jamais nécessaire, les a, en effet, conduits à imposer aux auteurs du projet un certain nombre d'adaptations dont essentiellement une précontrainte par câbles, renchérisant très fortement le projet.

C'est donc, finalement, une variante d'entreprise qui fut retenue pour l'exécution. Contrôlée, puis acceptée par les mandataires, ceux-ci l'ont reprise à leur compte, pour la mettre au point et la dimensionner.

Cette solution avait le mérite de combiner le système des parois moulées pour la réalisation des piédroits extérieurs (limitation des emprises) et des voûtes adaptées à la reprise des charges permanentes du remblai sur l'ouvrage.

Aspects statiques

La particularité la plus intéressante de l'ouvrage est la minceur de la voûte: 30 cm de béton pour une couverture de terre dont l'épaisseur dépasse 7 m. Cette «performance» a été rendue possible par un dimensionnement de l'ouvrage tenant compte de l'interaction des éléments porteurs et du terrain de remblai.

Plus de 200 cas de charge ont été étudiés selon les hauteurs de remblai, la séquence de sa mise en œuvre, les variations de ses caractéristiques, la présence des engins d'apport et de compactage. Les calculs, conduits sur un modèle informatique, ayant démontré la sécurité de l'ouvrage et son bon comportement en stade de service, encore fallait-il garantir que la réalité soit conforme au modèle. Les calculs avaient d'ailleurs mis en évidence l'importance de la qualité des remblais (matériaux et mise en œuvre). Un contrôle draconien de ces matériaux et de leur compactage, ainsi que le recours à leur stabilisation au ciment en cas de conditions météo défavorables, ont donc été nécessaires. Cela est une nouvelle fois la démonstration (s'il en fallait encore une) que la meilleure des conceptions

ne vaut que par une exécution rigoureusement conforme aux hypothèses qui ont présidé à son élaboration.

Une autre décision des mandataires, cautionnée par les experts, a été de réaliser un ouvrage monolithique de 400 m de long, sans joint. Les choix qui ont été faits concernant les quantités d'armature à mettre en œuvre pour répartir la fissuration due au retrait, se sont avérés satisfaisants, sauf en ce qui concerne les naissances des voûtes sur les couronnements des parois moulées (voir plus loin).

Méthodes de construction

La figure 2 permet de comprendre comment les phases de construction ont été adaptées à la statique propre de l'ouvrage. On insistera cependant sur la distinction à faire entre les trois phases de remblai:

- remblai participant à la statique de la voûte (matériaux de qualité compactés) jusqu'à un mètre au-dessus de la clef des voûtes,
- remblai «ordinaire» permettant de reconstituer le niveau du terrain jusqu'à 1,50 m au-dessous de la surface finie,
- remblai «agricole» avec reconstitution des épaisseurs de la sous-couche arable et de la couche de terre végétale.

La méthode de construction des piédroits extérieurs des voûtes est également originale. Des parois moulées étaient nécessaires pour assurer la butée des voûtes et le transfert (par l'intermédiaire de la fiche) des charges verticales, tout en limitant les emprises du chantier. Le choix de parois moulées préfabriquées permettait par ailleurs d'obtenir à peu de frais une surface finie. Le poids des éléments à mettre en œuvre était par contre prohibitif. Sur proposition de l'entreprise, l'allègement des éléments a été obtenu, d'une part, en bétonnant la fiche sur place autour de l'armature en attente dans la partie préfabriquée et, d'autre part, en adoptant un profil en «E».

L'armature étant concentrée dans les branches du «E», les vides ménagés étaient suffisants pour assurer le bétonnage correct de la fiche et de la

face contre terre. Le vide entre l'élément préfabriqué et le terrain (côté future face vue) était rempli d'un mortier aux caractéristiques adaptées à sa fonction provisoire.

Équipements

Des équipements de génie civil ont pour fonction de collecter et d'acheminer les eaux des chaussées et celles provenant d'infiltrations. A cet effet, un caniveau est placé au point bas de chaque chaussée et deux autres sont disposés au pied des parois. Ces caniveaux, ainsi que des drains disposés tous les 60 m, se raccordent au collecteur principal, situé sous la bande d'arrêt du tube «Jura». Celui-ci est dimensionné pour recevoir les eaux de tout le bassin versant de l'autoroute compris entre la jonction de Bernex et le Rhône.

Outre l'éclairage, permanent et de secours, l'équipement du tunnel comprend tous les dispositifs de gestion et de sécurité (avec télétransmission) requis par ce type d'ouvrage :

- boucles de comptage du trafic
- appareils de mesure de la qualité de l'air
- opacimètres
- niches de secours avec dispositifs d'appel
- bouches d'incendie et extincteurs.

La ventilation a été prévue mais son installation est subordonnée à la preuve de nécessité, qui ne pourra être vérifiée que par l'exploitation.

Cinq ans après : enseignements et conclusions

Les conditions locales, l'évolution des techniques et bien d'autres choses encore, font que, le plus souvent, chaque ouvrage est un prototype. Ce n'est que longtemps après leur réalisation que le constat de certains désagréments amène à se poser la question : et si c'était à refaire ?

Statiquement, le comportement de l'ouvrage est très satisfaisant. La seule partie ayant subi une fissuration est l'élément massif de béton, assurant la transition entre les parois moulées et les voûtes. Cette fissuration, provoquée par le retrait du béton coulé sur place, empêchée par les parois moulées préfabriquées, devait être contrô-

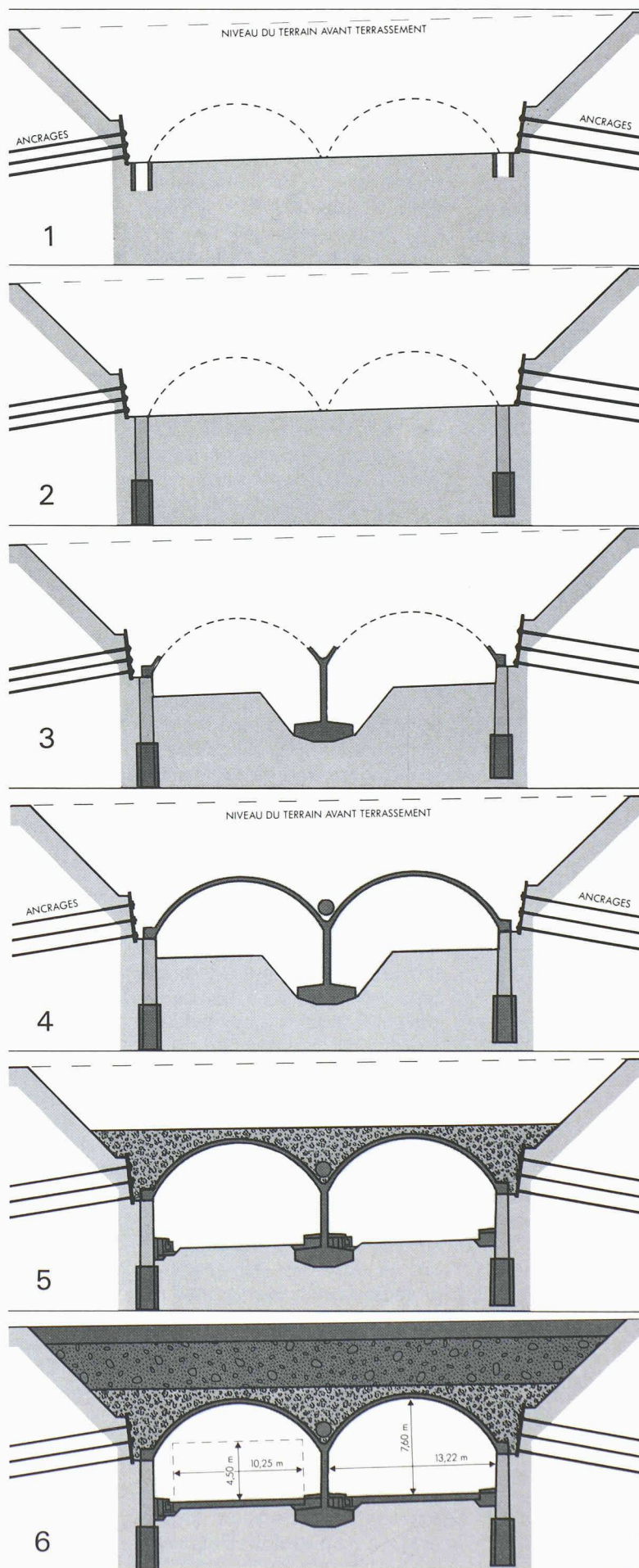


Fig. 2 (page ci-contre). – Tranchée couverte de Chèvres: étapes d'exécution;

- 1 terrassement initial jusqu'à une profondeur de 8 à 12 m avec clouage des talus, construction des murs de guidage;
- 2 excavation des tranchées pour les parois moulées (profondeur de 9 m), mise en place des éléments préfabriqués composant la partie supérieure des parois, bétonnage sur place de la partie inférieure et injection de béton rhéoplastique;
- 3 terrassement intermédiaire pour abaisser le terrain de 1,6 m, creuse de la partie centrale, ferrailage, coffrage et bétonnage de la semelle et de la paroi médiane ainsi que des appuis de voûtes latéraux;
- 4 mise en place des cintres, coffrage, ferrailage et bétonnage des voûtes;
- 5 étanchéité des voûtes et remblaiement partiel, excavation finale sous les voûtes, construction des bordures et aménagements;
- 6 construction des chaussées, remblaiement définitif, reconstitution des couches de terre arable et végétale

Intervenants

Maître de l'ouvrage:	Département des travaux publics, Genève, Direction du génie civil, Service des ponts
Projet et direction des travaux:	Bureaux d'ingénieurs civils associés R. Perreten & P. Milleret SA et P. Erbeia & J.-L. Bouchardy, Genève
Etude géotechnique:	Pierre Amsler – géotechnique, fondations
Etude pour l'équipement électrique:	Société Générale pour l'Industrie, Genève
Géomètre:	Jean-Pierre Kuhn, géomètre officiel
Expert:	Houchmand Naïmi, ingénieur EPF-SIA, D ^r ès sciences
Dessin des portails:	Dominique Egger, architecte
Exécution des travaux:	Consortium des entreprises SA Conrad Zschokke, Jean Spinedi SA et Fehlmann Travaux Hydrauliques SA
Etanchéité:	Jack Geneux

275

lée par une armature spécifique. En accord avec les experts, un taux de 0,4% a été retenu correspondant au taux préconisé par la norme de 1989. On peut dire aujourd'hui que cette valeur est insuffisante, cela étant probablement dû à la grande différence d'âge entre les couches de béton juxtaposées.

Un autre point faible s'est manifesté au niveau des joints entre les panneaux de parois moulées préfabriquées. La forme de ces joints avait

été étudiée pour permettre une collecte de l'eau au fond d'une rainure verticale. Un remplissage quelquefois défectueux a nécessité des injections complémentaires pour éviter que l'eau de percolation n'entraîne des particules de terrain.

Ces deux inconvénients conjugués nous ont amenés à nous demander si une alternative à la conception retenue n'eût pas été de prévoir un doublage systématique de la paroi. Nous avons procédé, avec l'entreprise et a posteriori, donc en connaissance de cause, à l'évaluation comparative d'une telle solution. Celle-ci a fait apparaître une différence de prix de l'ordre de 400 000 francs. Il faut donc se poser la question sous la forme suivante: l'élimination de quelques fissures et traces d'humidité dans un tunnel autoroutier justifie-t-elle une dépense de cet ordre? La réponse appartient bien plus au maître d'ouvrage qu'à l'ingénieur, charge à ce dernier, toutefois, de fournir au premier les

éléments de jugement nécessaires. Cela n'est qu'un exemple. Grâce aux possibilités offertes dans ce sens par les nouvelles normes de structures, toute conception doit s'opérer avec le souci de la recherche d'un compromis entre qualité et coût, sans bien entendu affecter par ailleurs la sécurité de l'ouvrage.

Mais, et c'est un fait bien connu, toute réglementation nouvelle génère ses propres travers. En l'occurrence, c'est celui qui consiste à, par avance, soulever tous les problèmes, à transformer des éventualités en événements, des risques en certitudes. Cela conduit à se protéger même contre ce qui n'arrive jamais, ou à dépenser beaucoup pour se garder de peu. Issue d'une variante d'entreprise, gérée par des mandataires, la tranchée couverte de Chèvres est un exemple de compromis avantageux. Au moment de critiquer ses petits défauts, n'oublions pas les économies importantes qui leur correspondent.

La tranchée couverte de Chèvres en chiffres

Mouvements de terre	
déblais	195 000 m ³
remblais	75 000 m ³
Coffrages	16 000 m ²
Béton	
éléments préfabriqués	286 pièces
quantité totale de béton	16 000 m ³
Aciers	
acier II	1080 t
treillis	380 t



Fig. 3. – Tranchée couverte de Chèvres: photo du chantier avec, au premier plan, le pont d'Aigues-Vertes