

Direction des travaux du tronçon Vennes-Chexbres

Autor(en): **Bonzon, J.-P. / Duvernay, J.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin technique de la Suisse romande**

Band (Jahr): **99 (1973)**

Heft 9: **L'autoroute du Léman et ses ouvrages**

PDF erstellt am: **24.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-71655>

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.

Direction des travaux du tronçon Vennes-Chexbres

par J.-P. BONZON et J. DUVERNAY, ingénieurs, chefs de la section des travaux au Bureau de construction des autoroutes

La présence de quatre tunnels doubles dans le tronçon Vennes-Chexbres de l'autoroute du Léman a justifié une organisation spéciale de la direction des travaux. Celle-ci est la suivante :

A. Lots de l'autoroute et de ses annexes (à l'exclusion des tunnels)

Chef de section J.-P. Bonzon, ingénieur ; directions locales assurées par le personnel du Bureau de construction des autoroutes.

B. Lots des tunnels

Chef de section J. Duvernay, ingénieur ; directions locales assurées par les bureaux d'ingénieurs, auteurs des projets (SGI et CETP).

Les problèmes rencontrés par la direction des travaux sont évoqués ci-dessous par les chefs de section respectifs.

A. Lots de l'autoroute et de ses annexes

1. Subdivision du tronçon

Sur ce tronçon de la N 9, du kilomètre 8,5 (Vennes) au kilomètre 20 (jonction de Chexbres), on distingue trois secteurs différents. Nous les examinerons dans le sens Chexbres-Vennes, conformément aux étapes principales d'exécution des travaux.

Le premier secteur, compris entre le tunnel du Flonzaley et celui de Chauderon, est long de 5 km. Il permet de franchir les coteaux les plus escarpés de Lavaux. Son tracé, qui longe la voie CFF Lausanne-Berne, à la limite supérieure de la zone viticole, se caractérise par la présence de nombreux ouvrages d'art : ponts, estacades et tunnels.

Le deuxième secteur comprend les chantiers situés entre le Chauderon, au-dessus de Grandvaux, et le passage en tunnel sous le village de Belmont. Sa longueur est de 4,5 km. Il comprend les places de repos, sises sur le plateau de Jordillon, le passage du profond ravin de la Lutrive, la demi-jonction du Lendar et le complexe routier de Belmont.

Le dernier secteur, entre Belmont et Vennes (2,5 km), est celui des grands ouvrages : ponts sur la Paudèze, ponts sur la Chandelard, important remblai sur le voûtage du Flon Morand.

2. Approvisionnement des chantiers

La totalité des matériaux est fournie et transportée à pied d'œuvre par le Centre de la Veyre, située au-dessus de Vevey (lot n° 600). L'Etat disposant à cet endroit d'importantes réserves de gravier pour la fabrication des bétons et des mélanges bitumineux, ainsi que pour la préparation des graves filtrantes et de fondation, il a été prévu que le maître de l'œuvre préparerait et livrerait lui-même les matériaux nécessaires à tous les adjudicataires. Ainsi donc, les bétons fabriqués à la Veyre ont été amenés jusqu'au tunnel du Chauderon, les graves et les mélanges bitumineux jusqu'à Belmont puis, dès que le passage sur la Paudèze sera possible, ils le seront jusqu'à Vennes.

Ceci explique l'importance de l'aménagement d'une liaison routière destinée à acheminer les matériaux d'un bout à l'autre de ce tronçon d'autoroute.

3. Secteur Flonzaley-Chauderon

En l'absence de toute liaison longitudinale, il s'avéra indispensable de construire une piste de chantier continue entre la gare de Puidoux et la route cantonale Cully-Forel à Grandvaux. De largeur variable, située le plus souvent à l'amont de l'autoroute, elle fut conçue de manière à suivre au plus près le relief du terrain.

Les travaux ont commencé en octobre 1968. A la fin de l'été 1969, le passage était déjà possible, malgré de nombreuses difficultés dues au travail à l'avancement, aux intempéries et à la mauvaise qualité du terrain, marnes et molasses altérées en surface, humides et partiellement en glissement.

Notons que la liaison Puidoux-Grandvaux a été étudiée de telle sorte qu'elle puisse être maintenue après les travaux, assurant un nouveau raccordement par le haut entre Grandvaux et Chexbres.

Par ailleurs, grâce à une participation financière du canton et des communes intéressées, elle a été élargie dans le tronçon le plus accidenté.

C'est dès que fut résolu le délicat problème des accès que les chantiers des grands ouvrages ont pu démarrer, non sans quelques décalages dus aux programmes et aux restrictions des crédits alloués par la Confédération.

Dès le début 1969, les travaux de la galerie de drainage de la Cornallaz, à la sortie ouest des tunnels du Flonzaley, ont été entrepris et ont duré plus d'un an. Il s'agissait de trouver en profondeur la limite inférieure du glissement et de drainer, pour la stabiliser, la zone de contact entre la masse glissante et la roche en place. Celle-ci ne fut atteinte qu'à une profondeur comprise entre 16 m à l'extrémité aval et 7 m à l'amont.

A la fin de la même année, d'autres chantiers virent le jour : les tunnels de Chauderon, ceux de la Criblette, les ponts de la Cornallaz, ceux de Bahyse, l'estacade et le passage pour piétons au Lanciau. Ces ouvrages, de même que ceux qui commencèrent en 1970, ont une caractéristique commune : leur hauteur au-dessus du sol est en général faible. Leur rôle en effet est de créer les plates-formes de l'autoroute sans modifier l'équilibre du terrain en place et de réduire les mouvements de terre. La stabilité précaire du coteau ne permet pas de constituer de grands remblais avec talus ou murs de soutènement. De même, à l'amont, la butée réalisée par les matériaux excavés a dû être compensée par l'ancrage systématique des murs.

Au début de 1971, le solde des travaux a commencé dans la région du Crau-Coulet et de la Criblette, puis, dans le courant de l'année, les chantiers de murs ancrés, ainsi que les derniers terrassements de l'autoroute et la pose des canalisations.

4. Secteur Chauderon-Belmont

Ce parcours est moins accidenté que le précédent. Il est desservi en totalité par une route cantonale longeant les chantiers et, au point de vue des accès, il n'a pas posé les mêmes problèmes que le secteur précédent. Toutefois, la mauvaise qualité du terrain a encore causé de sérieuses appréhensions chez les auteurs des projets et chez les constructeurs, qui ont eu de nombreux problèmes à résoudre pour maintenir et entretenir le réseau existant

des routes et chemins desservant cette banlieue du grand Lausanne.

Pour cette raison, il a été nécessaire de renforcer le revêtement existant sur la base des mesures de déflexion faites sur tous les tronçons qui allaient être maintenus lors de l'aménagement définitif du secteur. Les travaux, comme pour le tronçon précédent, ont donc débuté par l'aménagement d'accès correspondant aux transports qui allaient les emprunter. Ce premier chantier a duré d'avril à septembre 1970.

Dès le début de 1971, l'ensemble des travaux a pu commencer sur tout le secteur, non sans quelques surprises d'ailleurs.

Ainsi, des trois variantes mises en soumission pour l'ouvrage des Daillettes, celle adjugée n'a pu être exécutée, à cause d'un glissement survenu lors des premiers travaux. C'est la variante comprenant un ouvrage, pour la piste aval, et un mur ancré, pour l'amont, qui a été réalisée.

Les terrassements du complexe des places de repos de Jordillon, dont les matériaux étaient mis en remblai sur le voûtage du Daley, ont été stoppés pendant près d'un an. En effet, après la mise en place des premiers remblais, on a constaté un glissement en profondeur, à plus de 10 m du terrain naturel, qu'il a fallu bloquer au préalable par un ouvrage (voir l'article sur le remblayage du Daley).

Dans la zone de glissement de la « Fontaine aux singes » (vers La Croix-sur-Lutry), c'est le système des pieux ancrés qui a été adopté pour maintenir le terrain à l'amont de l'autoroute et le remblai à l'aval de celle-ci. Il faut relever que le temps particulièrement sec de ces deux dernières années a facilité l'exécution des travaux, dans certaines phases critiques de la construction, sur l'ensemble des chantiers entre Chexbres et Vennes.

Plus loin, dans la tranchée du Converney (à la limite de Lutry et de Belmont), le projet fut remis en question lors des premiers terrassements, après découverte de plans de glissement de nature à inspirer des craintes pour la stabilité générale des terrains à l'amont de l'autoroute. La construction du passage supérieur de la route cantonale a été retardée, ainsi que les terrassements de cette zone, en attendant les premiers contrôles et l'étude d'un projet visant à stabiliser les masses en présence. Ce dernier chantier n'a été adjugé qu'en décembre 1972.

A partir de Belmont, nous sortons de la zone d'influence du Service des eaux de la Ville de Lausanne. En effet, une partie de l'alimentation du réseau lausannois provient des sources du Pays-d'Enhaut, du Pont de Pierre et du lac de Bret. Les trois canalisations qui conduisent ces eaux à Lausanne sont à écoulement libre ; elles ont un diamètre de 300 à 600 mm et longent, avec hélas trop de constance, l'axe de l'autoroute. Entre Chardonne et Belmont, de nombreuses déviations ont été nécessaires, ainsi que la construction de deux nouvelles chambres de jauge remplaçant celles qui se trouvaient sur le tracé. Ce problème, qui paraît mineur à première vue, a conditionné de nombreux programmes de travaux sur près de dix chantiers différents.

5. Secteur Belmont-Vennes

Ce dernier tronçon a vu les premiers chantiers s'ouvrir, après que les adjudications en avaient été retardées d'un an, au début de 1971. Il s'agissait des terrassements et canalisations entre Vennes et le Flon Morand et de la construction de la route et du passage supérieur de la Grangette. Ces deux chantiers ont été achevés dans le courant de 1972.

Les deux ouvrages importants, les ponts de la Chandelard et de la Paudèze, sont décrits par ailleurs et nous n'y

revenons pas. Signalons par contre que le passage sur la Paudèze est nécessaire pour entreprendre les travaux de superstructure de l'autoroute en direction de Vennes, les fournitures provenant du Centre de la Veyre.

A part les ouvrages, le problème le plus important rencontré sur ce tronçon a été posé par la construction du remblai du Flon Morand. Après avoir vuôté ce ruisseau, travail rendu très difficile par l'instabilité des deux versants de ce ravin, il s'agissait de mettre en remblai environ 200 000 m³, tant pour la correction de la RC 701 que pour l'autoroute. Une part provenait de la rive droite du ruisseau, l'autre de la rive gauche après qu'un passage avait été réalisé sur un des ponts de la Chandelard.

Malheureusement, les premiers matériaux mis en place se sont révélés trop humides pour être compactés. Après divers essais et tentatives d'assainissement de la zone à excaver, nous avons dû stabiliser à la chaux l'ensemble de ces matériaux dont la teneur en eau au déblai variait de 14 à 21 %. Grâce à l'apport sur le remblai d'environ 2,5 % de chaux, la mise en place de 52 000 m³ de matériaux n'a pratiquement plus posé de problèmes.

Nous avons ainsi parcouru l'ensemble du prochain tronçon de l'autoroute du Léman et, aujourd'hui, le temps des incidents et des surprises s'achève ; les deux prochaines années seront consacrées aux travaux de superstructure de l'autoroute, sans oublier les innombrables finitions qui devront faire disparaître le chaos des chantiers.

B. Lots des tunnels

La topographie particulièrement accidentée du secteur Vennes-Chexbres est caractérisée par une succession de sillons pratiquement perpendiculaires au lac.

Les plus hautes crêtes sont traversées par les tunnels :

- du *Flonzaley* entre la Plaine du Verney et la Cornalaz, longueur 730 m environ ;
- de la *Criblette* (280 m) } tous deux au-dessus de
- du *Chauderon* (170 m) } Grandvaux ;
- de *Belmont* (350 m), sous le village même.

Les caractéristiques précises de ces ouvrages étant mentionnées dans le commentaire des auteurs de projet, nous ne nous attardons ici que sur cinq problèmes communs aux quatre tunnels et spécifiques à la Direction des Travaux.

1. Programme des travaux

L'expérience a montré que les tunnels sont les ouvrages les plus sensibles à des difficultés surgissant en cours d'exécution. Un éboulement ou une venue d'eau qui, en surface, n'affecte qu'une partie du chantier, paralyse presque systématiquement le front d'attaque en souterrain et a des conséquences importantes, en particulier sur le programme des travaux.

Aussi la décision fut-elle prise, pour le tronçon Vennes-Chexbres, d'attaquer les quatre tunnels le plus rapidement possible, c'est-à-dire au fur et à mesure de l'avancement de la piste de chantier permettant l'accès et le ravitaillement.

Le Flonzaley débuta à fin juin 1969, car l'accès était déjà assuré par un chemin construit pour le tronçon Vevey-Chexbres dans la plaine du Verney. La Criblette et le Chauderon démarrèrent respectivement en octobre et en août 1969, dès que la piste de chantier partant de Puidoux fut disponible. Pour des raisons de crédits, les travaux des

tunnels de Belmont ne purent être entrepris qu'au début de 1971.

L'état d'avancement, en ce début de 1973, montre que l'on avait vu juste ; en effet, les travaux de génie civil du Flonzaley, de la Criblette et du Chauderon sont achevés, ceux de Belmont le seront vers Pâques 1973. Si l'on ajoute le temps nécessaire au montage des équipements électromécaniques, ces quatre tunnels seront opérationnels en automne 1973, soit douze mois avant l'ouverture au trafic du tronçon Vennes-Chexbres.

Pareille marge de sécurité n'est nullement excessive si l'on tient compte des incidents qui ont provoqué un retard de plusieurs mois, au maximum quinze, sur les prévisions initiales.

D'autre part, c'est par ces percées que seront acheminés les matériaux nécessaires aux lots de fondation et de revêtement de tout le tronçon d'autoroute.

2. Problème des portails

Toutes les difficultés sérieuses rencontrées sur ces quatre chantiers sont localisées aux portails.

Flonzaley : La traversée du remblai CFF et de la moraine sous les voies Lausanne-Berne fut particulièrement difficile bien que la section ait été fractionnée en deux galeries de base permettant le bétonnage du piédroit avant l'attaque de la calotte, l'excavation de chacune de ces parties d'ouvrage étant soutenue par un système de lances métalliques formant un bouclier semi-rigide. Lors de l'exécution de la première calotte, alors que les quatre galeries de base étaient terminées avec déjà un certain retard, il a fallu se rendre à l'évidence que non seulement on n'avancait pas, mais surtout que l'on courait le risque d'un très grave éboulement.

La décision fut prise de stopper l'avancement et d'injecter toute la moraine sus-jacente au moyen d'un gel de silicate avant de reprendre l'excavation. Cette mesure se révéla très efficace et les calottes purent se terminer dans de bonnes conditions, mais avec plusieurs mois de retard.

Criblette et Chauderon : Il n'y a pas eu d'incident notable lors des travaux en souterrain en raison de la faible couverture meuble et de la solution très sûre adoptée pour l'excavation en rocher et que nous traiterons au point 3. Par contre, les murs ancrés des tranchées d'accès s'exécutèrent dans des conditions très difficiles, glissement en rocher à la Criblette, présence d'eau et de terrains meubles fluants à Chauderon.

Belmont : Un éboulement est survenu à la tête est du tunnel amont en raison de la présence d'anciennes galeries de mine de charbon, dont l'écroulement lors de l'excavation des piédroits entraîna l'effondrement de 30 m de calotte et de la couverture très faible à cet endroit (environ 5 m¹), ainsi que d'une maison inhabitée. Là également, on a recouru à l'injection de la masse éboulée au moyen d'un coulis de ciment avec adjonction de limon puis d'argile. Ce traitement qui bloqua le front pendant quatre mois se révéla très efficace et la traversée de l'éboulis injecté se fit à raison de 1 m¹/jour sans difficulté notable.

3. Méthode d'excavation en rocher

Le retard dû à la moraine de Flonzaley permit un essai préalable à la Criblette et au Chauderon d'une nouvelle méthode de soutènement de la roche au moyen d'une voûte en béton coulée immédiatement après l'avancement et coffrée au moyen de tôles perforées, soutenues par des cintres de montage qui sont déplacés au fur et à mesure de l'avancement et du durcissement du béton. Ce procédé

« Bernold » présente l'incontestable avantage de mettre en place un soutènement définitif et très économique immédiatement derrière l'avancement. Son fuseau d'application est relativement bien défini, en effet, car

- l'excavation doit tenir le temps de réaliser la voûte en béton, soit 5-6 heures après le tir ; une roche « bouillante » ou excessivement altérable ne pourra donc pas être traitée par cette méthode ;
- à l'opposé, pour une roche de très bonne tenue, peu altérable, le procédé n'est plus économique, parce que surdimensionné.

Les roches rencontrées dans nos quatre tunnels se situaient fort bien entre ces deux limites, plutôt vers celle de qualité inférieure, spécialement à Belmont.

L'application du système Bernold, combinée avec l'attaque selon la méthode belge (calotte en première étape, puis stross et piédroits), fut un succès et généralisée avec autant de réussite au Flonzaley qu'à Belmont.

Mentionnons enfin que deux essais de foreuses à section partielle furent tentés, mais la finesse et l'hétérogénéité des bancs, ainsi que la dureté de certains grès condamnèrent l'emploi de ces machines.

4. Étanchéité

Si la méthode d'excavation fut commune, les procédés pour étancher la voûte ont été diversifiés afin d'essayer de trouver la solution optimale à ce problème aussi vieux que les tunnels routiers.

On a choisi deux types d'étanchéité fondamentalement différents, soit :

- apparente,
- ou en sandwich.

L'étanchéité apparente présente sur le procédé sandwich deux avantages fondamentaux :

- elle est en tout temps accessible donc réparable ;
- elle permet de supprimer l'anneau intérieur qui, outre son rôle esthétique, ne sert en fait qu'à porter l'étanchéité sandwich.

En revanche, elle a l'inconvénient :

- d'être soumise aux sous-pressions ;
- de suivre les mouvements de son support en béton.

Les tunnels de la Criblette et du Chauderon ont été traités avec une étanchéité apparente. Ceux du Flonzaley et de Belmont avec une étanchéité sandwich différente, respectivement une émulsion de bitume-caoutchouc projetée et une feuille PVC de 2 mm. Les premières constatations montrent que, quel que soit le système, le soin apporté à l'exécution est au moins aussi important que le matériau. Il faudra toutefois attendre un à deux hivers avant de porter un jugement définitif sur les résultats obtenus.

5. Egards dus au voisinage et restrictions de minage

Il est évident que dans une zone à densité de population aussi forte que le bassin lémanique, l'excavation de tunnels sous faible couverture ne va pas sans poser d'importants problèmes de voisinage, comme pour bon nombre de nos chantiers extérieurs d'ailleurs.

A nouveau pour les quatre tunnels, nous avons travaillé selon des méthodes identiques en les adaptant aux conditions locales.

- Le problème le plus important est celui des ébranlements causés par les minages sur les constructions avoisinant la zone des travaux. La solution a consisté à

imposer aux entreprises d'établir des plans de tir en fonction d'une vitesse maximale d'ébranlement fixée à 15 mm/sec. Cette vitesse correspond, selon l'expérience, au seuil à partir duquel des fissures peuvent commencer à apparaître dans les constructions de qualité courante. Cette limite fut abaissée à 8 mm/sec pour Belmont où la couverture est particulièrement faible et instable et la densité des habitations notablement plus élevée. A titre d'exemple, le respect de cette valeur a obligé le fractionnement de la volée dans certaines zones avec une charge maximale de moins de 0,5 kg de Volumex par numéro de détonateur.

Le contrôle de ces vitesses s'est fait au moyen de géophones placés sur les constructions à surveiller et dont les mesures étaient transmises à des enregistreurs. Les géophones étant bien entendu déplacés avec l'avancement de l'excavation pour se trouver toujours dans la zone la plus ébranlée.

- La seconde atteinte aux constructions existantes est le tassement général de consolidation du massif à la suite de l'excavation qui est d'autant plus sensible que la couverture est faible. A Belmont, les valeurs mesurées en surface au droit des tunnels atteignent jusqu'à 8 mm.
- Signalons que pour faciliter la reconnaissance des dégâts éventuels, des constats systématiques des bâti-

ments se trouvant dans une bande de 100 m de part et d'autre des tunnels ont été faits par des architectes mandatés par la direction des travaux avant le début des travaux et seront refaits en fin de chantier. La différence des deux constats donnant une appréciation plus facile de la part des dégâts imputable au chantier.

- Enfin, le dernier problème de voisinage important fut naturellement celui du bruit, puisque le travail en galerie se déroule de jour comme de nuit. Sur tous les chantiers, une interdiction des tirs de volées a été prescrite de 22 h à 6 h, ce qui a obligé bien sûr les entreprises à prévoir un programme journalier très précis pour que cette période corresponde à une phase de bétonnage. De plus, à Belmont en particulier, des mesures d'insonorisation des installations, comme tours à béton, compresseurs, ventilateurs, camions, etc., ont dû être prises pour concilier le travail nocturne avec la tranquillité des riverains.

Adresse des auteurs :

Bureau de construction des autoroutes
Caroline 7 bis
1003 Lausanne

Le voûtage du Flon Morand

par JEAN P. ALIOTH, ingénieur civil EPFL-SIA

1. Introduction

Le secteur Vennes-Paudèze de l'autoroute du Léman présente au point de vue des masses un bilan excédentaire de 240 000 m³. Cette situation a conduit le Bureau de construction des autoroutes à envisager le franchissement du Flon Morand par un remblai.

La totalité des matériaux excédentaires a pu prendre place dans la dépression du Flon Morand, située au centre de gravité de ce secteur.

Ce remblayage a permis en outre une intéressante correction de la route cantonale 701, dont le tracé était très sinueux à cet endroit.

Cette route franchissait le ruisseau sur un voûtage en maçonnerie de moellons de 65 m de longueur, comprenant d'importants ouvrages d'entrée et de sortie. Le remblayage prévu nécessita le prolongement du voûtage existant vers l'aval sur une distance de 215 m. Le nouvel ouvrage doit permettre le passage d'un débit de crue centenaire de 17 m³/sec. ; il doit être visitable sur toute sa longueur.

2. Conception

Le profil choisi résiste à des pressions considérables puisque le remblai atteint une hauteur maximale de 33 m. Il présente une cunette de 1,05 m de profondeur pour une largeur de 1,10 m permettant l'écoulement d'un débit supérieur à 4 m³/sec sans que la passerelle de visite soit submergée. Un tuyau de 40 cm de diamètre situé en dessous de celle-ci peut être utilisé comme dérivation provisoire des



(Photo Germond)

Fig. 1. — Vue de la tête aval du voûtage prise lors de l'exécution du mur d'aile ancré.