

Murs ancrés dans le secteur Lanciau-Crau Coulet

Autor(en): **Amsler, P.**

Objektyp: **Article**

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

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

Heft 10: **L'autoroute du Léman et ses ouvrages**

PDF erstellt am: **17.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-71670>

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.

ment, les quatre puits sont reliés par des tubes qui furent forés depuis le fond de la fouille. L'eau ainsi collectée est évacuée vers le système général d'assainissement.

Culées

Les culées sont situées hors du glissement, à l'ouest sur de la molasse en faible pente, à l'est sur les flancs du Flonzaley, directement avant les portails des tunnels.

Afin de ne pas modifier l'équilibre des couches superficielles du terrain, chaque culée est fondée en profondeur sur quatre pieux pleins. Ces pieux ont été exécutés à la main par tranches de 1,50 m, de la manière suivante : on excave un trou circulaire de 1,50 m de profondeur puis on bétonne contre terre, en guise de blindage, 20 cm de béton non armé. On passe alors à l'excavation de l'étape suivante, que l'on blinde et ainsi de suite, jusqu'à ce que l'on rencontre une roche de qualité suffisante pour assurer la fondation du pieux. On remplit alors l'intérieur du puits avec du béton, armé dans la partie supérieure.

En modifiant légèrement les dimensions nécessitées par des considérations purement statiques on a créé, dans la culée aval côté Vevey, un véritable bâtiment mis à la disposition des services techniques des tunnels du Flonzaley. La culée abrite ainsi une sous-station, les tableaux de commande de l'électricité et de la ventilation, un groupe diesel et des batteries de secours.

Estacades de la Cornallaz

Superstructure

La section de la superstructure se compose de deux poutres d'épaisseur et de hauteur constantes, sans dalle de compression sur appuis et sans entretoises en travées.

Pour ne pas changer le sens des moments principaux dans la dalle chaussée, celle-ci n'est pas liée aux entretoises. Cette conception épurée de la superstructure permet de simplifier au maximum les travaux de coffrage et de ferrailage. Le porte-à-faux du tablier est un peu grand pour un pont à deux poutres. Mais pour des raisons esthétiques nous avons tenu à garder le même porte-à-faux que celui des ponts et des culées de la Cornallaz.

Précontrainte

La précontrainte longitudinale est continue. Elle est composée de deux fois trois câbles Freyssinet de 199 t. Avec la section choisie, dont l'axe neutre est très près de la fibre supérieure, un tracé parabolique classique des câbles est très peu favorable. Il entraîne en effet des moments parasites importants.

On pourrait compenser ces moments par une élévation des appuis intermédiaires, mais cette opération est délicate et son efficacité est aléatoire. Nous avons, par la mise au net spécialement à cet effet d'un programme électronique d'optimisation de la position des câbles, déterminé un tracé tout à fait particulier, qui n'entraîne que peu de moments parasites. La forme du câblage, liée aux ressources du dimensionnement en précontrainte partielle, a permis de réaliser une précontrainte efficace et économique.

Appuis

L'appui du tablier est réalisé par des cadres fondés sur des pieux pleins d'un diamètre de 2,0 m. Ces pieux ont été réalisés de la même manière que ceux des culées des ponts. Pour la plupart d'entre eux la roche saine n'a pas été trouvée, les pieux sont « flottants » dans des marnes désagrégées et fortement fissurées. Un espace libre de 20 cm a été aménagé à côté des appareils d'appui. Cette marge devrait permettre en cas de mouvement d'une fondation de riper le tablier sans qu'il ne sorte des cadres d'appuis.

Culées

Les culées côté Vevey constituent les points fixes des estacades. Afin d'éviter une succession de joints désagréable pour l'usager, les dalles chaussée sont bétonnées en continuité avec les dalles des culées, sans joints.

Adresse de l'auteur :

J.-P. Vuillemin, ingénieur EPFL
Realini & Bader, ingénieurs civils SA
1203 Genève

Murs ancrés dans le secteur Lanciau-Crau Coulet

par P. AMSLER, ingénieur au Bureau J.-C. Ott, ingénieur conseil, Genève

1. Situation

Entre les ponts de la Bahyse et les ponts de la Cornallaz (km 16.900 à km 18.100), tronçon où elle longe à l'amont les voies CFF de la ligne Lausanne-Berne, l'autoroute N 9 est accrochée à flanc de coteau dans un terrain dont l'instabilité permanente est bien connue depuis fort longtemps : glissement des Luges près d'Epesses, toujours en mouvement, éboulement du vallon de la Cornallaz en 1951.

Les constructeurs de la ligne de chemins de fer en firent déjà l'expérience. Depuis, les CFF ont procédé à de nombreux travaux d'entretien et de renforcement des murs.

La plupart des ouvrages construits dans le secteur ont subi au cours des temps des déformations importantes, (tassements des voies et des ouvrages d'art, déjettement et fissuration des murs de soutènement et des murs de vignes etc...).

Au début de notre étude, nous savions donc déjà que le tronçon d'autoroute à étudier allait poser des problèmes de stabilité délicats, que la présence des voies CFF à l'aval allait encore compliquer.

Dans le secteur en question, l'autoroute coupe une suite de vallons et de crêts formés par une série d'éperons molassiques. Le tracé et le profil en long de l'autoroute, arrêtés par le bureau de construction des autoroutes en fonction d'ouvrages de raccordements et pour des raisons de topographie générale, nécessitent la création d'une succession quasi ininterrompue d'ouvrages d'art. La figure 1 donne un aperçu de ces ouvrages sur le tronçon étudié. Les murs de soutènement ancrés décrits plus particulièrement dans cet article sont numérotés de 1 à 6 dans l'ordre croissant du kilométrage.

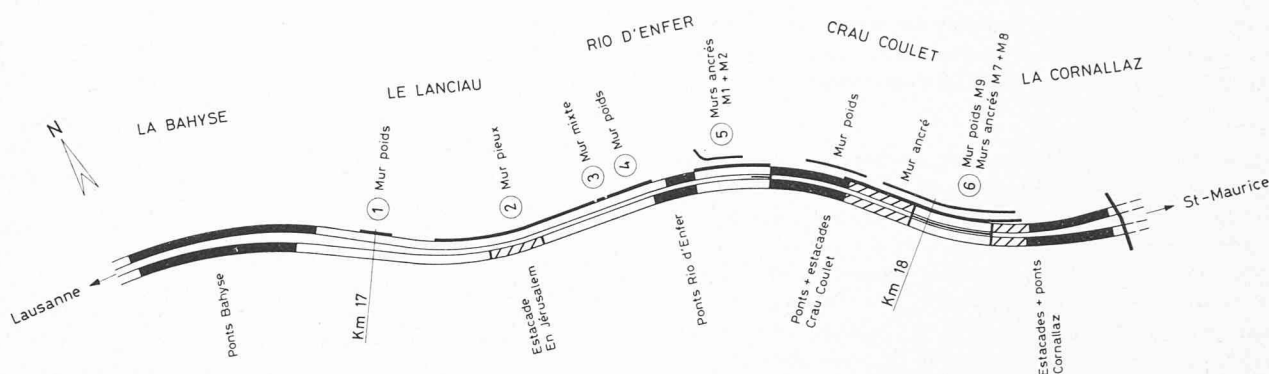


Fig. 1. — Situation générale.

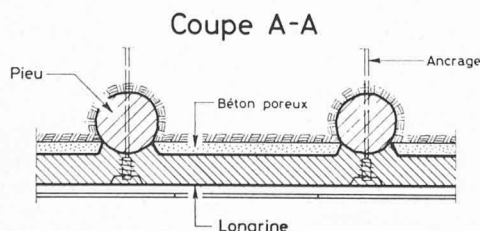
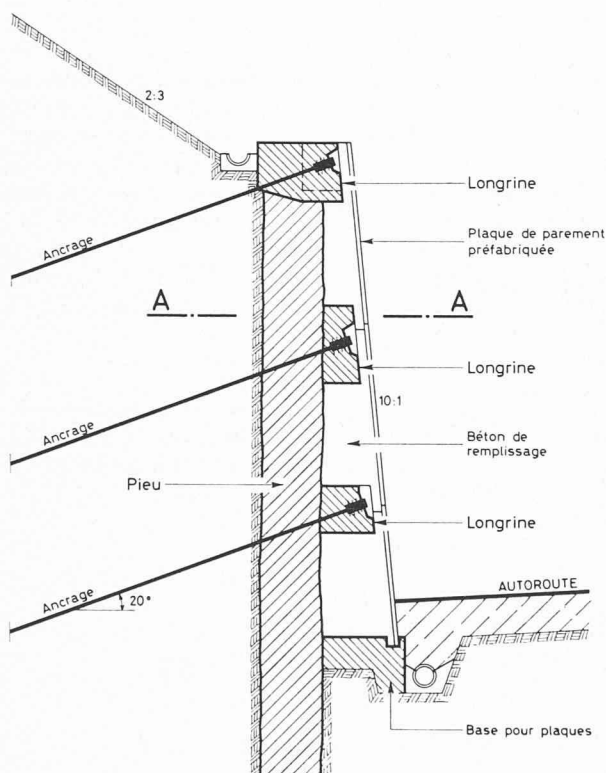


Fig. 2. — Mur « pieux ». Coupes.

Les coupures des points hauts du terrain créent de hauts talus dans la pente instable qu'il s'agit d'assurer par des murs de soutènement importants. Cette situation, déjà délicate en soi, est encore aggravée par le fait que les deux pistes n'ont pas pu être dénivelées comme on l'aurait souhaité, en raison de la présence d'un passage de détournement. En effet, le secteur en question étant situé entre les deux

tunnels de la Criblette et du Flonzaley, il était nécessaire d'assurer au Lanciau un passage d'une piste à l'autre, indispensable en cas d'obstruction accidentelle d'un tunnel.

2. Conditions géologiques et étude géotechnique

Une importante campagne de sondage (34 sondages à rotation au total) effectuée pendant les trois années qui ont précédé les travaux, a permis d'obtenir des indications très précises sur la composition des terrains formant le versant. Cette campagne entreprise en collaboration avec le professeur A. Bersier et ses collaborateurs, a également fourni les matériaux nécessaires pour des essais géotechniques permettant d'une part la classification des sols et d'autre part la détermination de leurs caractéristiques de résistance au cisaillement. Le tableau I récapitule les principales caractéristiques.

La molasse, composée de bancs de grès, de macigno (grès argilo-calcaire) et de marnes est recouverte de moraines et de matériaux détritiques d'altération molassique dans toute la zone considérée, à l'exception de quelques affleurements à l'aval des voies CFF. La molasse présente un pendage général moyen de $22,5^\circ$ en direction de Villeneuve, (azimut 125°). Deux systèmes de diaclases se coupant à angle droit déterminent par leur intersection des gouttières orientées vers le Sud et dont la noue est inclinée de 15° environ. Ces noues sont remplies de matériaux détritiques qui ont tendance à glisser dès qu'on enlève la butée.

Au Lanciau et au Rio d'Enfer, les terrains superficiels sont composés essentiellement de matériaux morainiques. Au Crau Coulet par contre, il s'agit de matériaux détritiques d'altération molassique.

Malgré l'avis défavorable du géologue en ce qui concernait la stabilité générale du coteau, il s'agissait pour l'ingénieur de concevoir des types de murs garantissant aussi bien pendant leur construction que plus tard durant la période d'exploitation, la stabilité de l'autoroute et des voies CFF, avec, il est vrai, dans le premier cas un coefficient de sécurité moins élevé.

Les types de murs ont été choisis compte tenu des caractéristiques et de la position des couches de moindre résistance.

Les conditions de fondations très variables justifient la grande diversité des types de murs tels qu'ils sont décrits dans les chapitres qui suivent.

Au Lanciau et au Rio d'Enfer, la surface de moindre résistance se situe au contact entre la moraine de qualité relativement bonne, et la molasse. Ce contact est composé de marnes ramollies par les eaux d'infiltration de la moraine.

TABLEAU I
Caractéristiques extrêmes des sols

		Teneur en eau naturelle w %	Poids spécifique apparent γ t/m ³	Poids spécifique des grains γ_s t/m ³	Densité sèche γ_d t/m ³	Résistance au cisaillement				Résistance au cisaillement (échantillon non drainé) s_u kg/cm ²	Résistance à l'écrasement (échantillon non fretté) q_s kg/cm ²	Module d'élasticité E kg/cm ²
						ϕ_u (en degrés)	c_u kg/cm ²	ϕ' (en degrés)	c' kg/cm ²			
Lanciau		8,0 à 15,0	2,07 à 2,30	2,74 à 2,77	1,80 à 2,13	14 à 28	0,12 à 0,65	28 à 34	0 à 0,18	0,62 à 1,89	— —	— —
Moraine argilo-sableuse												
Crau Coulet		12,0 à 26,5	2,02 à 2,29	2,68 à 2,74	1,60 à 2,05	8 à 38	0 à 1,33	16 à 43	0 à 0,55	0,72 à 2,70	0,86 à 5,20	— —
Matériaux détritiques argileux												
Molasse	Marne	15,0 à 25,0	2,35	2,65 à 2,72	1,97 à 2,09	—	—	23 à 35	0 à 0,30	—	4,40 à 4,80	— —
	Grès	—	2,65 à 2,75	2,65 à 2,75	—	—	—	20 ¹ à 59 ²	—	—	939 à 1429	71 000 à 175 000

¹ grès sur grès surface polie sèche

² idem surface naturelle avec aspérités

La molasse présentant une surface très irrégulière, le niveau de contact varie en se déplaçant le long des murs et s'abaisse par place bien en dessous du niveau des chaussées. Pour cette raison on a choisi pour le grand mur du Lanciau un type d'étaillage par pieux longs exécutés au préalable, avant les terrassements, à partir d'une plateforme située au niveau du couronnement du mur. On craignait de plus de réactiver là un ancien glissement de 1911 noté dans les archives CFF.

Au Crau Coulet, la situation était différente. La mauvaise qualité des terrains détritiques superficiels nécessitait également un type de mur assurant l'étaillage préalable de la fouille au fur et à mesure des travaux d'excavation, mais seulement jusqu'au niveau des chaussées. Là où les caractéristiques des sols le permettaient, c'est-à-dire là où l'on espérait pouvoir maintenir sans trop de boisage un front d'excavation assez raide, il a été possible d'exécuter des murs classiques, du type mur poids avec ou sans ancrage de la semelle.

L'avant-projet établi par le bureau de construction des autoroutes prévoyait à plusieurs endroits des remblais de quelques mètres de hauteur. Les études de stabilité effectuées aux endroits critiques ont montré qu'il fallait à tout prix éviter une surcharge du terrain à l'amont des voies. Ces remblais furent donc remplacés par des estacades fondées sur pieux descendant jusque dans les couches stables de la molasse. Il s'agit des estacades « En Jérusalem », celles du Crau Coulet et de la Cornallaz. Par ailleurs, les appuis des ponts situés dans les zones reconnues instables, ont été isolés du sol avoisinant par des puits chemisés permettant des mouvements de terrain indépendants des appuis.

Les poussées des terres calculées selon Mackenzie [1] sur une pile de pont lors d'un glissement de terrain, étaient

très grandes (ici de l'ordre de 550 tonnes pour un pieu de 2 m de diamètre et 15 m de hauteur), on a préféré céder plutôt que résister à ces poussées.

Une étude de remblai en matériaux légers tels que le Léca, a été effectuée au Crau Coulet. Pour des raisons de difficultés d'exécution, ce projet a été éliminé en faveur d'une estacade en béton armé classique.

3. Description des types de murs ancrés

3.1 Mur « pieux » (figures n^{os} 2 à 4)

Ce mur d'une longueur totale de 300 m comprend des tronçons de 4,30 m et 7,50 m de hauteur sur chaussée ; il est le plus important du Lanciau et porte le numéro 2 sur le plan général de la figure 1. Il est constitué de 76 pieux en béton armé de 1 m de diamètre, forés à l'avance à partir d'une plateforme de travail située au niveau du haut du mur. Ces pieux espacés de 4 m contribuent à retenir, comme des chevilles, les couches de moraines qui ont tendance à glisser sur la couche de contact entre la moraine et la molasse lors des travaux de terrassement. Au point le plus bas du contact de la molasse, les pieux sont foncés à 18 m de profondeur en dessous de l'autoroute. Ils sont arrasés à 1,40 m sous l'autoroute dans les zones où le contact entre la moraine et la molasse se trouve en dessus de la piste de roulement. Trois longrines horizontales en béton armé, construites successivement devant les pieux lors de chaque étape d'excavation, forment avec ceux-ci une grille qui reprend les poussées des terres.

[1] Les numéros entre parenthèses se réfèrent à la bibliographie en fin d'article.

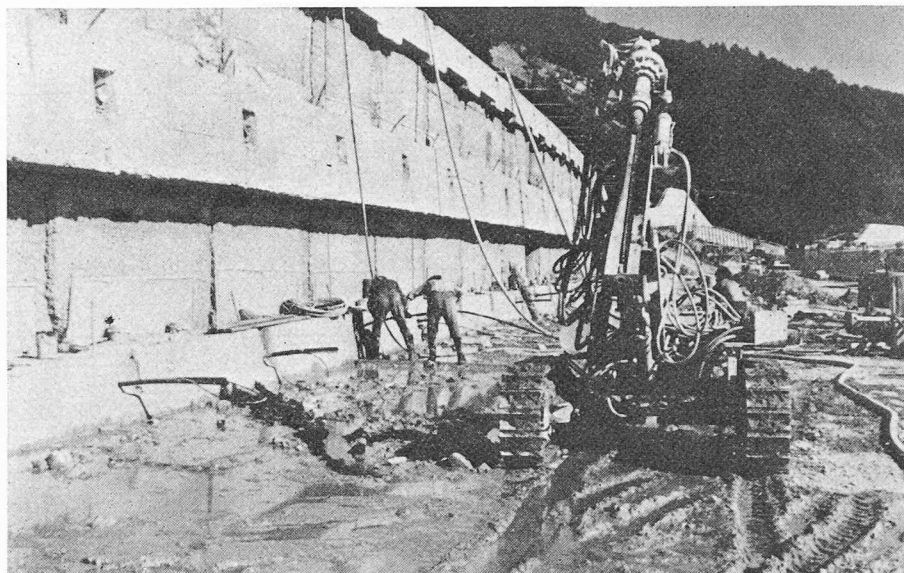


Fig. 3. — Mur « pieux ». Vue générale.

Chaque intersection de pieu et de longrine est munie d'un ancrage oblique scellé à grande profondeur dans les couches gréseuses de la molasse. Les forces d'ancrage ont été dimensionnées à la poussée des terres, selon Caquot et Kerisel [2]. Les caractéristiques géotechniques sont celles indiquées au tableau I. Le système est calculé comme une grille chargée aux nœuds reposant sur sol élastique. La figure 2 représente une coupe verticale du mur ainsi qu'une coupe horizontale au niveau d'une longrine.

Les photographies n^{os} 3 et 4 montrent un aspect du mur en cours de construction.

Notons dans la figure 3 les ouvertures rectangulaires entre les pieux et les longrines qui ont été obturées de béton poreux formant chemise de drainage.

Le parement du mur est constitué de plaques préfabriquées en béton armé de 5 cm d'épaisseur. Elles sont appuyées sur les trois longrines dont la surface accuse un fruit de 10 : 1. Le vide entre le béton poreux, les longrines et les plaques de parement est rempli de béton liquide coulé au travers d'ouvertures verticales ménagées dans les longrines.

L'exécution de ce nouveau type de mur ancré nous a permis de faire, en cours de travaux, des observations intéressantes :

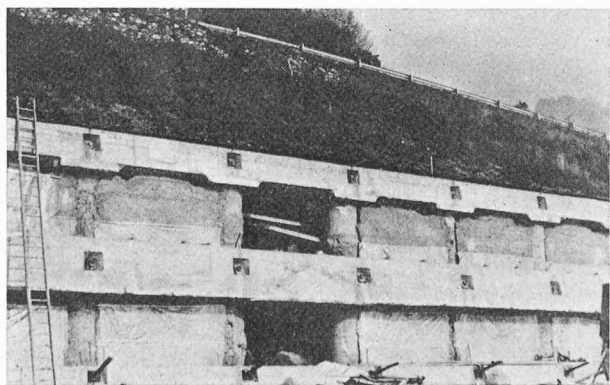


Fig. 4. — Mur « pieux ». Détail.

Lors de l'exécution des pieux par le procédé « Hochstrasser-Weise », les couches gréseuses résistantes de la molasse ont dû être trépanées à proximité de pieux voisins terminés dont le béton était en cours de prise. Les ébranlements provoqués par le trépan de 2 t ont été mesurés sur les pieux voisins du chantier de trépanage. A 12 m de distance, les vitesses d'ébranlement étaient de 29 mm/sec en surface et voisines de 10 mm/sec entre 12 et 16 m de profondeur lorsqu'on trépanait une couche de 5 m de profondeur. Ces valeurs sont inférieures aux 3,3 inches par seconde (84 mm/sec) indiqués par Stagg et Zienkiewicz comme limite inférieure de dégâts aux structures [3].

Sur la base de ces résultats il fut décidé, d'entente avec la Direction des travaux, d'exécuter les pieux en ordre discontinu en exécutant en première étape un pieu sur trois, ceci pour respecter la distance de douze mètres évoquée précédemment. Les pieux intermédiaires furent exécutés ensuite dans le même ordre.

Lors du bétonnage du vide derrière les plaques de parements, la hauteur des étapes de bétonnage a dû être limitée à 1 m pour éviter une sollicitation trop grande des plaques à la flexion malgré le renforcement des armatures. Pendant le bétonnage, les plaques étaient fixées provisoirement aux longrines en bas et en haut à l'aide de serre-joints. Ce type de mur permet l'usage maximum des engins mécaniques et ne met à contribution aucun boiseur-mineur spécialisé dont la présence se fait rare.

Un dispositif de mesures de déformation a été placé sur le mur. Ce dispositif comprend cinq bases de clinomètres Huggenberger, des repères pour mesures de déplacements horizontaux ainsi qu'un tube vertical en matière plastique implanté derrière le mur jusqu'à 26 m de profondeur devant permettre la mesure de la déformée du mur. Les mesures effectuées jusqu'à aujourd'hui s'étendent sur un intervalle de temps trop court pour être représentatives du comportement du mur.

3.2 Murs poids à semelles ancrées

Les murs n^{os} 1 et 4 de la figure 1 sont de ce type. Il s'agit de deux murs situés dans les matériaux morainiques de surface, au Lanciau. D'une hauteur maximale de 7,50 m

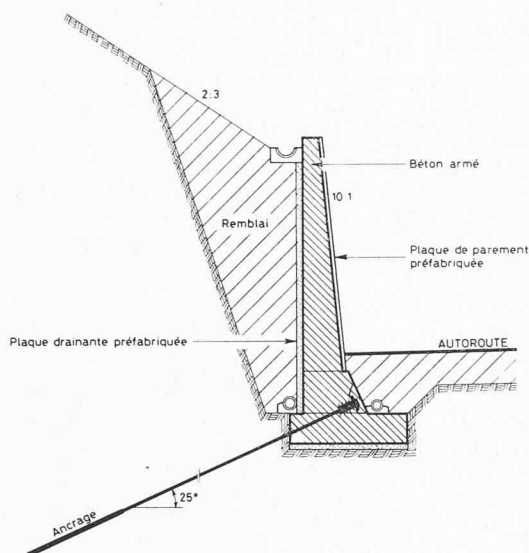


Fig. 5. — Murs poids à semelle ancrée. Coupe.

sur chaussée, ces murs ont été exécutés par blocs de 7,28 m de longueur goujonnés entre eux. Le parement et la face arrière sont exécutés avec des plaques préfabriquées en béton armé du système « Prémur ».

Au mur poids 1, la semelle a été pourvue d'ancrages déjà au stade du projet. Le mur M3 projeté par le bureau Roubakine et Monod a dû être ancré au niveau de la semelle pendant les travaux, dès l'apparition de fissures dans le terrain à l'amont du mur. Le mur poids 4 a lui été en partie ancré pour diminuer les dimensions de la fondation. Les tirants utilisés sont du type « ancrages en rocher », les mêmes que ceux utilisés au mur poids. La force d'ancrage est en moyenne de 50 à 75 t par m de mur. La coupe type du mur est donnée à la figure 5.

La photographie figure 6 montre le mur n° 1 en cours d'exécution.

3.3 Murs à contreforts ancrés

Les projets de murs dans la région de Crau Coulet ont été élaborés d'une part par le bureau Roubakine et Monod (Murs M3 à M6 à l'amont des ponts et estacades au Crau Coulet), et d'autre part par notre bureau (Murs M1, M2, M7 à M9). Le principe des contreforts ne diffère pas d'un bureau à l'autre, seul le mur de placage devant les contreforts a été conçu de façon légèrement différente par les deux bureaux.

A l'exception du mur M3 de faibles dimensions et du mur médian M9, entre les pistes de l'autoroute, murs du type poids classiques, tous les murs situés entre les ponts du Rio d'Enfer et les ponts de la Cornallaz, ont été exécutés selon le principe des contreforts ancrés. Il s'agit d'une application du type de mur décrit en 1967 par P. Lüthi [5].

Le principe consiste à étayer le talus au fur et à mesure des excavations au moyen de contreforts espacés de 4 m, de section rectangulaire et ancrés dans la molasse. Le principe utilisé ici diffère du type original par le fait que les contreforts sont construits par éléments discontinus, pouvant se déformer librement lors de la mise en tension des ancrages, ceci sans introduire d'efforts secondaires dus aux déformations qui sont loin d'être négligeables. Après la mise en tension des ancrages et dès que les contreforts ont trouvé leur assise définitive, on supprime les joints de clavage en les bétonnant.

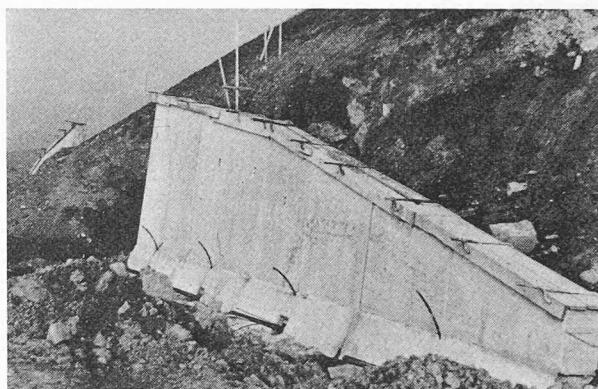


Fig. 6. — Murs poids à semelle ancrée. Vue partielle.

En dernière étape, après le scellement des câbles, les contreforts sont recouverts d'un mur de placage continu lié à ces derniers.

La figure 7 donne une coupe verticale du mur dans l'axe d'un contrefort.

La photographie de la figure 8 montre le mur M7 en construction.

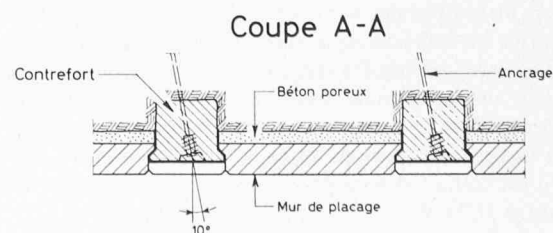
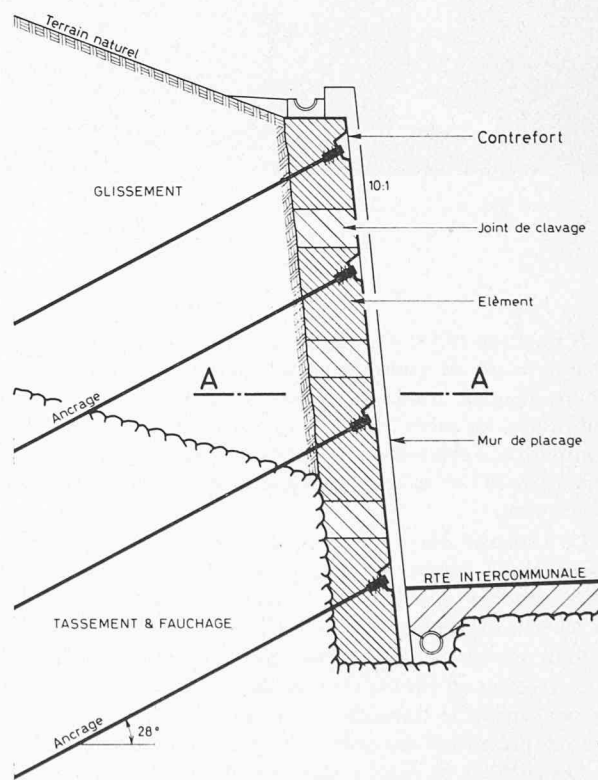


Fig. 7. — Murs à contreforts ancrés. Coupes.

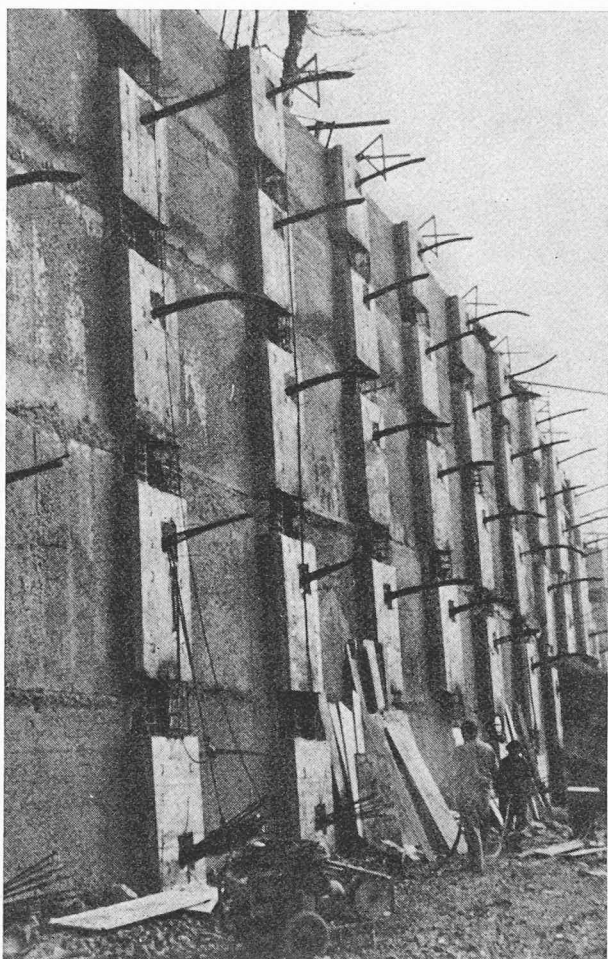


Fig. 8. — Murs à contreforts ancrés. Vue générale.

Il s'agit en fait d'une reprise en sous-œuvre continue de chaque étape de contreforts par rapport à la précédente. D'une hauteur totale de 18 m en dessus de la chaussée autoroute, les murs M1 et M2 présentent neuf niveaux de contreforts superposés. La même situation se présente aux murs M7 et M8 où huit rangées de contreforts ont été construites.

Le tonnage des ancrages a été déterminé sur la base d'une étude d'équilibre tenant compte des poussées des terres obtenues par la méthode des coins. La figure 9 donne le schéma de rupture tel qu'il a été admis.

Pour permettre les calculs, on a schématisé la molasse en admettant qu'elle était composée de 25 % de grès fissurés verticalement ne transmettant aucun effort et de 75 % de marnes présentant des caractéristiques indiquées au tableau I. Les surfaces de rupture dans les marnes ont été admises parallèles à la surface du terrain. Le coin considéré est donc dans un état d'équilibre limite de Rankine. La pression de gonflement des marnes déterminée par essais, a été prise en considération dans la partie supérieure du mur. Les ancrages ont été dimensionnés de façon à ce que le facteur de sécurité ne descende jamais en dessous de 1,05 pendant la reprise en sous-œuvre des rangées inférieures de contreforts ni en dessous de 1,24 au stade définitif en admettant des contraintes dans les tirants correspondant à $0,70 \beta_z$.

Selon la méthode Wittke [6] [7], les ancrages des contreforts des murs M7 et M8 ont été inclinés à 10° dans le plan

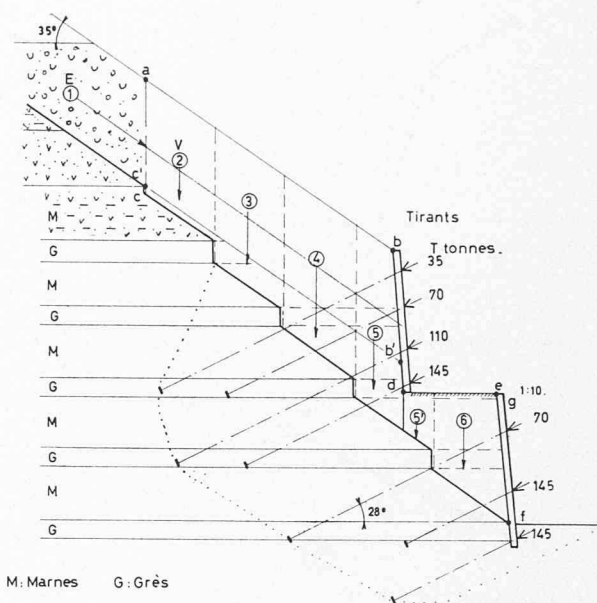


Fig. 9. — Murs à contreforts ancrés. Schéma de rupture.

horizontal pour augmenter leur efficacité compte tenu des systèmes de fissuration de la molasse.

Pour deux raisons, le procédé choisi s'est révélé moins bien adapté au terrain que le mur « pieux » du Lanciau :

1. Le manque de continuité dans la reprise des efforts verticaux des ancrages obliques dû aux joints de clavage entre les éléments. En effet, à plusieurs reprises, les blocs ont subi de légers tassements lors de la mise en tension des ancrages, tassements liés à une perte de tension dans les ancrages du fait de leur obliquité. Pour parer à cet inconvénient, il a été nécessaire de placer en cours de travaux des étais provisoires en bois dans les joints de clavage, entre les blocs, pour reporter les efforts verticaux des éléments supérieurs sur les éléments inférieurs.

2. L'insertion partielle des contreforts dans la molasse a nécessité un travail manuel important de découpe des bancs gréseux. Cette solution avait été demandée par le maître de l'ouvrage pour obtenir un parement de mur plan, sans contreforts saillants.

Ces deux problèmes devront être revus lors d'une nouvelle application du procédé.

De façon générale, le principe des contreforts ancrés a pu être maintenu comme prévu dans toute la zone considérée. A un seul endroit au mur M7, une amorce de glissement du talus sur une longueur de 20 m environ, nous a contraints, en cours d'exécution, à modifier la trame régulière de 4 m en ajoutant quelques contreforts supplémentaires.

Un dispositif de mesures de déformation analogue à celui du mur pieux a été prévu sur les murs à contreforts. Il permettra d'observer le comportement des murs après l'achèvement des travaux.

4. Conclusions

L'étude et la réalisation des murs ancrés dans la région du Lanciau et du Crau Coulet nous ont permis de faire les constatations d'intérêt général suivantes :

Malgré la grande densité des forages, la campagne de reconnaissance effectuée avant les travaux n'a pas permis

de déceler, dans un terrain fortement remanié tel que celui du Lavaux, tous les accidents locaux du sol. Ce n'est qu'à l'ouverture des fouilles, voire même lors de l'amorce de certains glissements locaux, que les conditions réelles du terrain ont pu être perçues.

Lors de notre étude nous nous sommes efforcés de trouver des solutions de murs adaptées aux conditions locales du terrain et nécessitant un minimum de main d'œuvre. Au mur « pieux » du Lanciau nous y sommes parvenus. Ce n'est, en revanche, que partiellement le cas pour le mur à contreforts du Crau Coulet. L'irrégularité de la surface arrière de cet ouvrage a, en effet, exigé un important travail manuel de découpage de la molasse.

5. Exécution

Les entreprises suivantes, dont nous nous plaisons à reconnaître le meilleur esprit de collaboration pour la mise au point de solutions particulières, ont construit les ouvrages décrits dans ces lignes :

Lot 421	Murs poids	
	Mur « pieux »	
	Entreprise	Cuénod et Payot S.A.
	Entreprises	Losinger S.A. pieux
		SIF Groutbor S.A. } ancrages
		Précontrainte S.A. }
Lot 415	Murs à contreforts	
	Entreprises	P. Chapuisat
		Injectobohr } ancrages
		Freyssinet S.A. }

Lot 422 Murs à contreforts

Entreprises H. Marti S.A.
SIF Groutbor
Freyssinet S.A. } ancrages

BIBLIOGRAPHIE

- [1] G. A. LEONARDS : *Les Fondations*. Dunod, Paris 1968.
- [2] A. CAQUOT et J. KERISEL : *Traité de Mécanique des sols*. Gauthier — Villars, Paris 1966.
- [3] K. G. STAGG and O. C. ZIENKIEWICZ : *Rock Mechanics in Engineering Practice*. John Wiley and Sons, Londres 1968.
- [4] J. A. TALOBRE : *La mécanique des roches*. Dunod, Paris 1967.
- [5] P. LÜTHI : *Anwendungsmöglichkeiten vorgespannter Alluvialanker*. Schweizerische Bauzeitung, 16.3.1967.
- [6] W. WITKE : *Standortsicherheitsberechnung von Felsböschungen*. Verein Deutscher Ingenieure-Zeitschrift, Düsseldorf, Juin 1968.
- [7] W. WITKE : *Influence of the Shear Strength of the Joins on the Design of Prestressed Anchors to Stabilize a Rock Slope*. Proceedings of the Geotechnical Conference. Oslo 1967, vol. 1.

Adresse de l'auteur :

P. Amsler, ingénieur au bureau J. C. Ott, Ingénieur-conseil
13, chemin Rieu
1208 Genève

Les tunnels du Flonzaley

par IVAN PFISTER, sous-directeur de la Compagnie d'Etudes de Travaux Publics SA

1. Description générale de l'ouvrage

Les tunnels du Flonzaley, situés sur le territoire de la commune de Puidoux, lient le vallon de la Cornallaz au plateau du Verney. Le tracé est en légère courbe et le profil en long faiblement incliné vers l'Est.

Les caractéristiques des tunnels sont les suivantes :

a) longueur	:	env.	700 m
b) rayon de courbure	:	tunnel amont	1600 m
		tunnel aval	2500 m
c) pente	:	tunnel amont	1,9 %
		tunnel aval	1,7 %
d) profil type	:	correspondant au gabarit pour route nationale de première classe	

Aux portails Est, les tunnels du Flonzaley passent, avec une couverture de 8 à 10 m, sous les voies CFF des lignes Vevey-Chexbres et Lausanne-Berne.

Une des principales difficultés était de réaliser l'ouvrage sans provoquer de tassement des voies de chemin de fer et des bâtiments voisins (station transformation CFF en particulier).

A la sortie Ouest, la piste de chantier Puidoux-Grandvaux coupe le versant Est du vallon de la Cornallaz à une dizaine de mètres au-dessus de la calotte.

Là également, il était de toute importance de ne pas perturber le trafic de cette route desservant les autres chantiers de la région.

2. Géologie

La croupe du Flonzaley est constituée de molasse dont les couches, peu inclinées, sont recouvertes d'une moraine d'épaisseur variable. Cette épaisseur est d'environ 20 m au portail Est et se réduit à zéro au portail Ouest.

a) Zone Est

Cette moraine, traversée sur une longueur de 60 m environ par les tunnels, est de formations très diverses. Nous trouvons : à la base une moraine de fond, faite d'argile glaiseuse et limoneuse, contenant quelques blocs, lentilles de limon et sable graveleux ; au-dessus une moraine latérale hétérogène, limoneuse et graveleuse. Toute la masse est fortement humide et renferme une nappe d'eau à quelques mètres de profondeur. Cette moraine est elle-même localement recouverte des déblais provenant de l'excavation du tunnel de chemin de fer et constituant l'infrastructure des voies.

b) Zone Ouest

A l'emplacement des portails Ouest des tunnels, le flanc de la colline du Flonzaley est formé de couches molassiques