

**Zeitschrift:** Bulletin de la Société vaudoise des ingénieurs et des architectes  
**Band:** 4 (1878)  
**Heft:** 3

**Artikel:** Notice historique, statistique et descriptive sur les chemins de fer de la Suisse occidentale au point de vue spécial de la construction  
**Autor:** Meyer, J.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-5904>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 06.10.2024

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

## BULLETIN

DE LA SOCIÉTÉ VAUDOISE

## DES INGÉNIEURS ET DES ARCHITECTES

PARAISANT 4 FOIS PAR AN

Prix de l'abonnement annuel : pour la SUISSE, 3 fr.; pour l'ÉTRANGER, 3 fr. 50 cent.

Pour les abonnements et la rédaction, s'adresser à M. Georges Bridel éditeur, place de la Louve, à Lausanne.

**Sommaire.** — Notice historique, statistique et descriptive sur les chemins de fer de la Suisse occidentale au point de vue spécial de la construction, par J. Meyer, ingénieur en chef de la construction des chemins de fer de la Suisse occidentale. (*Fin.*) — Archéologie, par M. Gateuil, architecte. — Coups de bélier dans les conduites, par M. J. Michaud, ingénieur. — Société vaudoise des ingénieurs et des architectes.

## NOTICE

HISTORIQUE, STATISTIQUE ET DESCRIPTIVE

sur

## LES CHEMINS DE FER DE LA SUISSE OCCIDENTALE

AU POINT DE VUE SPÉCIAL DE LA CONSTRUCTION

(Suite et fin.)

## C. Lignes acquises ou construites par la Compagnie de la Suisse Occidentale depuis la fusion.

## I. LIGNE DE JOUGNE A ECLÉPENS.

a) *Concession.* — Nous avons vu plus haut, dans la note relative à la Compagnie de l'Ouest, que la ligne de Jougne à Massongex, où elle devait se raccorder avec celle se dirigeant vers le Simplon, avait été concédée à cette compagnie en 1856, mais celle-ci ne put construire la section allant de la frontière française, près Jougne, à la ligne Morges-Lausanne-Yverdon.

A la suite d'études provoquées par le gouvernement vaudois, la concession de cette section fut transférée, par décret du Grand Conseil en date du 26 septembre 1866, à une autre société constituée sous le nom de Compagnie du chemin de fer de Jougne à Eclépens.

b) *Capital social.* — Le capital social de cette nouvelle compagnie était formé :

1° Par une subvention de l'Etat de Vaud de	Fr. 3 200 000
2° Par une subvention des communes et particuliers de . . . . .	» 495 000
3° Par 8200 actions du capital nominal de 500 fr. . . . .	» 4 100 000
4° Par 16 400 obligations du capital nominal de 250 fr. . . . .	» 4 100 000
Total,	Fr. 11 895 000

dont l'emploi se répartissait comme suit :

a) Dépenses proprement dites de construc.	Fr. 8 200 000
b) Pertes sur les titres, intérêts des capitaux et frais généraux . . . . .	» 3 695 000
Somme égale,	Fr. 11 895 000

c) *Administration et contrôle.* — Les travaux furent ouverts le 23 mars 1867; mais, à la suite de circonstances particulières, l'un des membres fondateurs de la compagnie, M. Alazard, qui était en même temps entrepreneur à forfait de la construction, devint tout à fait prépondérant dans l'administration de la compagnie, dont il eut en mains tous les pouvoirs et toutes les ressources, avec l'obligation de remplir les engagements contractés par elle. Dans ces conditions, la surveillance de la construction incombait à l'Etat de Vaud, qui institua à cet effet un contrôle permanent.

La Compagnie de Jougne fut représentée par son ingénieur en chef, M. Tourneux, à Paris, et ses ingénieurs résidents, M. Cusak-Roney d'abord, et ensuite M. Louis Delarageaz.

Les opérations techniques de l'entreprise Alazard furent plus spécialement dirigées par MM. Bonus, chef de bureau et Sirech, chef de section; les travaux furent exécutés en partie par des sous-entrepreneurs indépendants, en partie en régie intéressée et même en régie simple.

Le contrôle de l'Etat était exercé par M. l'ingénieur cantonal des ponts et chaussées, Gonin, sous les ordres immédiats du département des Travaux publics et par l'intermédiaire des ingénieurs, MM. Liardet et Perey, résidant sur place.

d) *Tracé.* — La ligne d'Eclépens à Jougne se détache de la ligne Morges-Lausanne-Yverdon entre les stations de Cossonay et d'Eclépens, elle suit d'abord la vallée de la Venoge et le flanc méridional du Mauremont, dernier contre-fort du Jura; franchit, par deux petits tunnels, le col de La Sarraz; traverse le Nozon, puis s'élève, en se développant par de nombreux circuits, sur les plateaux mamelonnés d'Arnex et de Croy. De là, le tracé contourne la base du Mont-Buffet, en suivant la rive droite de l'Orbe, qu'il franchit près de son confluent avec la Jougnenaz; il s'infléchit ensuite au sud en remontant la rive gauche pour former la gare de Vallorbes, où un rebroussement lui permet de revenir au nord et d'atteindre la frontière française, point où il se raccorde avec le tronçon français construit par la Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée et qui en forme le prolongement jusqu'à Pontarlier.

La longueur totale de la ligne sur territoire suisse est de 29 341<sup>m</sup>90.

e) *Profil normal.* — Les terrains ont été acquis et les ouvrages d'art exécutés pour deux voies; mais les terrassements sont faits pour une voie seulement. Le profil normal a une largeur de 5<sup>m</sup>40 au niveau de la plate-forme, non compris deux fossés

de 0<sup>m</sup>75 de largeur en tranchée. Le rail est à 0<sup>m</sup>50 au-dessus de la plate-forme et affleure le ballast. Les talus sont prévus à 1 sur 1 1/2 pour les remblais, 1/4 pour les tranchées en terre, 1/4 pour celles en rocher.

f) *Alignements, courbes et déclivités.* — Les courbes ont au moins 400 mètres de rayon entre Eclépens et Vallorbes (sauf quelques rares dérogations) et 300 mètres entre Vallorbes et la frontière; elles sont séparées par des alignements minimaux de 50 et de 80 mètres et se répartissent comme suit :

		En ‰ de la long <sup>r</sup> totale.	
Longueur des alignements . . . . .	12 206 <sup>m</sup>	41,6	
Longueur des courbes de 1200 mètres et au-dessus . . . . .	167		
Longueur des courbes de moins de 1200 jusqu'à 900 mètres . . . . .	33		
Longueur des courbes de moins de 900 jusqu'à 600 mètres . . . . .	2839		
Longueur des courbes de moins de 600 jusqu'à 300 mètres . . . . .	14 097		
		17 136 <sup>m</sup>	58,4
		29 342 <sup>m</sup>	100 <sup>m</sup>
Somme des degrés de tous les angles au centre des courbes . . . . .	1251°		
Rayon moyen pour toutes les courbes . . . . .	787 mètres.		
» de toute la ligne . . . . .	1347 »		
Rayon minimal . . . . .	300 »		

e) *Rampes.* — La rampe maximale du cahier des charges (20 ‰) règne sur environ 15 kilomètres et n'a été dépassée nulle part; il n'y a pas de contre-pente et la hauteur totale rachetée est de 411<sup>m</sup>78, entre les cotes absolues, de 448<sup>m</sup>35 et de 860<sup>m</sup>13 au-dessus du niveau de la mer.

Les rampes et paliers se répartissent comme suit :

		En ‰ de la long <sup>r</sup> totale.	
Longueur des paliers . . . . .	3644 <sup>m</sup>	12,41	
Longueur des rampes de 5 ‰ et au-dessous . . . . .	3397 <sup>m</sup>		
Longueur des rampes de 5 à 10 ‰ . . . . .	1556 <sup>m</sup>		
Longueur des rampes de 10 à 20 ‰ . . . . .	19 725 <sup>m</sup>		
Longueur des rampes au-dessus de 20 ‰ . . . . .	1020 <sup>m</sup>		
		25 698 <sup>m</sup>	87,59
		29 342 <sup>m</sup>	100 <sup>m</sup>
Rampe moyenne 16,02 ‰, rampe maximale 20,20 ‰.			
Inclinaison moyenne de toute la ligne 14,08 ‰.			

f) *Terrassements.* — Le cube total des déblais a été de 970 000<sup>m</sup>3 environ, soit 33 000<sup>m</sup>3 par kilomètre, ce qui fait un profil moyen de 66<sup>m</sup>3. Les grandes tranchées sont surtout percées dans les moraines glaciaires du terrain erratique présentant une grande dureté, quelques-unes dans les graviers, sables et limons et dans l'argile ou la marne; le cube de rocher (calcaire) est relativement peu considérable (100 000<sup>m</sup>3 au plus). De graves mouvements du sous-sol, tant en remblai qu'en déblai, ont suscité de grandes difficultés et exigé des travaux d'assainissement considérables.

g) *Ouvrages d'art.* — Ils ont tous été exécutés pour deux voies et, sauf les tunnels, le viaduc de l'Orbe et quelques murs de soutènement assez considérables, ce sont tous des ouvrages courants n'offrant aucune particularité.

Ils ont exigé 30 000<sup>m</sup>3 de fouilles, 10 000<sup>m</sup>3 de maçonnerie sèche et 26 000<sup>m</sup>3 de maçonnerie à mortier et se décomposent comme suit :

Tunnels . . . . .	4
Grands ponts sur cours d'eau au-dessus de 9 mètres d'ouverture : entièrement en pierre (un de 16 mètres) . . . . .	1
en fer (pont sur l'Orbe) . . . . .	1
Petits ponts sur cours d'eau de 9 mètres à 2 <sup>m</sup> 0 d'ouverture : entièrement en pierre . . . . .	3
en fer ou bois . . . . .	0
Coulisses et aqueducs . . . . .	102
Passages à niveau . . . . .	52
» sur rails . . . . .	3
» sous rails . . . . .	13

*Tunnels.* — Les renseignements les concernant sont consignés dans le tableau ci-après, dont les prix ne sont qu'approximatifs; le profil transversal offre un plein cintre de 7<sup>m</sup>60 (8<sup>m</sup>00 pour le tunnel du Nauchau), s'appuyant sur deux piédroits sans fruit.

TUNNELS	Longueur	Déblai	Maçonnerie	Coût total	Coût par mètre courant.
	Mètres	M. cubes	M. cubes	Francs	Francs
de La Sarraz . . . . .	148,20	6800	1012	107000	728 80
du Moulin Bornu . . . . .	101,25	4900	700	76000	750 60
des Combes . . . . .	99,70	5200	2140	185900	838 09
du Nauchau . . . . .	123,10	6500			
Totaux . . . . .	472,25	23400	3852	368900	780 09
Soit par mètre courant		50	8,2		780 —

*Viaduc de Vallorbes.* — Cet ouvrage est composé d'une partie métallique de 119 mètres de longueur et de deux culées en maçonnerie percées l'une d'une et l'autre de deux voûtes en plein cintre de 7<sup>m</sup>60 de largeur, donnant comme longueur totale 160<sup>m</sup>90.

La hauteur du rail au-dessus du lit est de 59<sup>m</sup> et les grandes piles ont comme hauteur : fondations . . . 6<sup>m</sup>60 }  
 socle . . . . . 8<sup>m</sup>40 } 53<sup>m</sup>00  
 fût . . . . . 37<sup>m</sup>00 }  
 couronnement . . 1<sup>m</sup>00 }

Les deux grandes piles sont à section rectangulaire (7<sup>m</sup>90/2,50 au sommet) avec fruit de 7 ‰ transversalement et 3 ‰ dans le sens longitudinal; en outre, elles présentent, sous chaque poutre, un contre-fort tronçonné descendant jusqu'aux fondations, et sont coupées par des assises de libages de 0<sup>m</sup>50 d'épaisseur, espacés de 7<sup>m</sup>00.

La partie métallique est formée par une travée centrale de 56 mètres de portée, d'axe en axe des piles, et de deux travées extrêmes de 25 et 38 mètres de longueur; l'inégalité qui pouvait en résulter pour la stabilité des poutres est rachetée par un massif de béton pesant 60 tonnes, logé à l'extrémité de la petite travée. Elle est formée par deux grandes poutres supportant les rails extérieurs et deux longerons supportant les rails intérieurs, reliées par des entretoises espacées de 2 mètres et un contreventement; les trottoirs sont en encorbellement.

Les grandes poutres, de 5 mètres de hauteur, et les nervures supérieures et inférieures sont reliées par des montants verticaux, espacés de 4 mètres et par un quadruple treillis en fer plat et fer en U; elles reposent librement sur des plaques de glissement en fonte, sans rouleau de friction; sur la pile Jougne elles sont fixées aux plaques.

Surface totale du pont en élévation . . . . .	5387 <sup>m²</sup>	} 1442 <sup>m²</sup>
» de la maçonnerie en élévation . . . . .	812 <sup>m²</sup>	
» du tablier métallique en élévation . . . . .	630 <sup>m²</sup>	
» des vides . . . . .	3945 <sup>m²</sup>	

Rapport des vides aux pleins  $\frac{3945}{1442} = 2,74$ .

Coût total approximatif de l'ouvrage, 440 000 fr.

Soit par mètre carré de surface totale  $\frac{440\,000 \text{ fr.}}{5387} = 81 \text{ fr. } 50$ .

Coût du tablier (avec platelage), 184 120 fr.

Soit par mètre courant de pont à deux voies, 1548 fr.

Coût du tablier par mètre carré de surface en élévation  $\frac{184\,120 \text{ fr.}}{630} = 292 \text{ fr.}$

Quantités de matériaux :

Maçonnerie de moellons . . . . .	8263 <sup>m³</sup>	} 8851 <sup>m³</sup>
» de libages et taille . . . . .	588 <sup>m³</sup>	
Parement de moellons smillés . . . . .	3900 <sup>m³</sup>	
Poids des fers, fonte et plomb, tonnes . . . . .	347	

Les travaux de maçonnerie, exécutés en régie par l'entreprise générale, ont été commencés fin 1867, poursuivis activement en 1868 et achevés en 1869 (sauf quelques détails) par la pose des couronnements et des maçonneries de la culée, rive gauche.

Le tablier, fourni par l'usine d'Aumont (Nord), a été monté sur la rive droite et lancé d'une pièce au moyen de verrins hydrauliques et de rouleaux, en août et septembre 1869.

Maximum de flèche de la grande travée sous une surcharge de 4 tonnes par mètre courant de voie, 38 m/m.

h) Voies. — Rails en fer du type Paris-Lyon-Méditerranée, de 0<sup>m</sup>130 de hauteur, allégés à 35 kilog., reposant sur traverses en mélèze, avec selles aux joints seulement.

Longueur de la voie courante . . . . .	29 301 <sup>m</sup>	} 32 529 <sup>m</sup>
» des voies accessoires . . . . .	3 228 <sup>m</sup>	

i) Gares et stations. — Trois stations intermédiaires, La Sarraz, Arnex et Croy, ayant voie d'évitement, voie de garage, bâtiment aux voyageurs, halle et quai à marchandises.

Une gare douanière et de rebroussement, Vallorbes, ayant en outre plusieurs voies de service, des halles et bureaux pour la douane, une remise de machines avec pont tournant.

Gare de raccordement, Cossonay, avec une simple aiguille en pleine voie, protégée par un poste télégraphique et des disques-sigaux au point de jonction à Daillens, près Eclépens.

k) Capital de construction. — Les documents officiels sur le prix de revient n'ayant pas été fournis par l'entreprise générale, nous ne pouvons donner qu'un chiffre approximatif qui peut cependant être considéré comme assez d'accord avec la réalité, se décomposant comme suit :

Terrains . . . . .	Fr. 600 000
Terrassements . . . . .	» 1 800 000
Ouvrages d'art . . . . .	» 1 340 000
Voie et ballastage . . . . .	» 1 060 000
Stations . . . . .	» 270 000
Passages à niveau, maisons de gardes, gué-rites . . . . .	» 60 000
Clôtures et télégraphe . . . . .	» 50 000
Matériel fixe et outillage . . . . .	» 130 000
Matériel roulant . . . . .	» 570 000
Divers . . . . .	» 120 000

Total, Fr. 6 000 000

Soit par kilomètre de ligne . . . . . » 200 000 non compris les frais généraux et le service des capitaux.

Nous rappellerons que nous avons dit, aux pages 74 et 76, qu'en comptant les sommes qu'elle a déboursées pour achat des titres et pour avances et travaux de parachèvement, cette ligne avait coûté à la Suisse occidentale, au moment de la fusion en 1876, 6 302 836 fr. 96; elle exigera encore une certaine somme pour travaux de parachèvement à répartir sur plusieurs exercices, et coûtera en totalité environ 6 700 000 fr.

## II. LIGNE DE FRÆSCHELS A PALÉZIEUX, DITE DE LA BROYE LONGITUDINALE

a) Concessions. — Nous avons déjà vu que la Compagnie de l'Ouest avait obtenu en 1853 la concession d'une ligne Yverdon-Payerne-Morat-Berne, qui desservait ainsi partiellement la vallée de la Broye.

La Compagnie de l'Ouest ayant laissé périmer sa concession, une compagnie rivale fut constituée pour la construction d'une ligne directe Lausanne-Fribourg-Berne; le premier projet fut abandonné et l'Ouest-Suisse se raccorda aux lignes du nord de la Suisse par Vaumarcus vers Neuchâtel et la rive gauche du lac.

La vallée de la Broye, par laquelle se dirigeait autrefois le trafic de Genève et Lausanne pour Berne et le nord-est de la Suisse, fut ainsi complètement délaissée; l'état financier des compagnies voisines ainsi que leur propre intérêt ne faisant espérer aucun appui, les populations cherchèrent plutôt à constituer une société indépendante, dont les ressources seraient essentiellement formées par les subventions des états, communes et particuliers.

Des études furent faites dans ce sens et la réussite de la ligne de Jougne, dans des conditions analogues, en 1866, vint donner un nouvel essor à ces aspirations.

Deux tracés étaient en présence, l'un dit ligne longitudinale, soutenu par les populations et le gouvernement de Vaud, suivait toute la vallée de Palézieux à Lyss; l'autre dit ligne transversale, allait d'Yverdon à Fribourg par Payerne et était provoqué et soutenu par le gouvernement de Fribourg, qui l'avait mis en avant comme dérivatif du premier, dont il redoutait la concurrence à sa ligne de Lausanne-Fribourg qui est parallèle.

Après une lutte des plus vives, chaque ligne fut concédée à une société particulière; toutefois la Compagnie de la Broye longitudinale eut en même temps les tronçons sur territoire vaudois de la ligne transversale.

La ligne longitudinale formait, avec les lignes du Gaü (Lyss-Olten) et Olten-Winterthour-Singen, une ligne traversant le pla-

teau suisse, du lac Léman au lac de Constance, presque partout parallèle aux anciennes lignes, lignes que l'on appelait nationale et qu'une compagnie qui se formait et avait son centre d'action à Winterthour, cherchait à réunir entre ses mains pour créer une concurrence ruineuse aux anciennes entreprises. Pour éviter cette concurrence, dont elles s'exagéraient la portée, les anciennes compagnies se firent céder les concessions des divers tronçons de cette grande voie, ou construisirent de nouvelles lignes destinées à les empêcher.

C'est ainsi que, par le traité de fusion du 31 mars 1873, la Compagnie de la Broye longitudinale fut fusionnée avec la Suisse occidentale. Mais là ne fut pas la seule raison pour laquelle la Suisse occidentale dut se charger de cette ligne; nous avons déjà dit que cette prise en charge lui fut imposée comme condition par le gouvernement vaudois pour acquiescer à la fusion des anciennes compagnies; ce fut là le vrai motif déterminant.

Les clauses essentielles du traité étaient :

1° Engagement par la Compagnie de la Broye de construire sa ligne pour le prix à forfait de 7 900 000 fr. (sans matériel roulant).

2° Engagement par la Suisse occidentale de fournir le capital obligation (3 950 000 fr.) et de parfaire le capital de construction par un prêt jusqu'à concurrence de 4 500 000 fr.

3° Cession par la Compagnie de la Broye de sa concession pour la partie vaudoise de la transversale, dotée d'une subvention de 600 000 fr.

4° Liquidation de la Compagnie de la Broye à l'achèvement de la construction, contre la remise de 7900 actions Suisse occidentale, représentant au pair le capital-actions (ou subventions) de 3 950 000 fr.

5° Contrôle de la construction par la Compagnie de la Suisse occidentale, vis-à-vis de laquelle la Compagnie de la Broye se trouvait, en quelque sorte, dans la situation d'une société de construction ou d'un entrepreneur général.

Le capital social était formé par :

Les subventions de l'état de Vaud, des communes et particuliers, représentées par 7900 actions de 500 fr.; ci . . . . .	Fr. 3 950 000
Le capital-obligations, à fournir par la S. O. »	3 950 000
	Total, Fr. 7 900 000

La Compagnie de la Broye eut pour ingénieur en chef M. Delarageaz, qui fut assisté par MM. de Carlshausen, Emery, Kewiscinsky et Duboux, ingénieurs de section; le contrôle de la Suisse occidentale fut exercé par M. Meyer, ingénieur en chef du service de la construction de cette Compagnie, qui fut spécialement assisté pour cela par M. Perey, ingénieur, chef de bureau.

Les travaux, faiblement attaqués en 1872 et 1873, pour ne pas laisser tomber en déchéance la concession, furent surtout poussés en 1874, 1875 et 1876, c'est-à-dire après l'approbation du traité de fusion avec la Compagnie Suisse occidentale, qui seul fournit les ressources nécessaires pour la construction, et la ligne fut ouverte à l'exploitation le 12 juin 1876, de Fraeschels à Morat, et le 25 août de la même année entre Morat et Palézieux; mais il resta à cette époque un certain nombre de travaux de parachèvement à exécuter.

b) *Description de la ligne. — Tracé.* — Le tracé se détache de la ligne Berne-Bienne à la station de Lyss, traverse l'Aar près d'Aarberg, et arrive à la frontière fribourgeoise près Fraeschels où commence la partie acquise par la Suisse occidentale.

Cette première partie avait été concédée à la Compagnie du Jura-Berne, le gouvernement bernois s'étant opposé à ce qu'elle tombât entre les mains de la Compagnie Suisse occidentale.

De Fraeschels la ligne suit la lisière orientale du marais du Seeland, toutefois sans éviter complètement les terrains tourbeux, jusqu'au lac de Morat, d'où elle s'élève pour passer derrière la ville de ce nom, redescend au niveau du lac vers Faoug et continue à longer la lisière orientale de la plaine de la Broye et la rive droite de cette rivière jusqu'à Lucens, où elle passe sur la rive gauche, qu'elle suit de très près jusqu'à Moudon.

Dans toute cette partie, de 50 kilomètres de longueur, la ligne traverse une plaine continue de terrains d'alluvions, en coupant les ruisseaux du Chandon et de l'Erbogne et divers affluents moins importants de la Broye, et ne rencontre quelques difficultés de terrain qu'au défilé de Boulex, près Payerne, où elle se tient sur les flancs de falaises molassiques et marneuses déchirées par les érosions de la Broye.

La section Moudon-Palézieux, de 18 kilomètres de longueur, rencontre beaucoup plus de difficultés et présente un caractère complètement différent de la première.

À la sortie de la station de Moudon, la ligne traverse la Broye, la longe sur la rive droite jusqu'à Bressonnaz, où elle la coupe une troisième fois; elle s'engage ensuite sur la rive gauche dans les gorges très abruptes de Brivaux, Villangeaux et Eschiens, formées de terrains molassiques et glaciaires, qui ont exigé des terrassements considérables, un tunnel et un viaduc.

La Broye est enfin traversée une quatrième fois près d'Oron et le tracé se développe ensuite, par des lacets très prononcés, pour atteindre, sans dépasser la limite de rampe admise, la ligne de Fribourg à Lausanne sur le grand remblai de la Broye, près de la station de Palézieux, de là elle emprunte la plate-forme de cette ligne jusqu'à la station de Palézieux où se fait le raccordement effectif des deux lignes.

La ligne est située en entier sur le territoire des cantons de Vaud et de Fribourg dont elle coupe fréquemment la frontière.

*Profil normal.* — La ligne est construite entièrement à simple voie, avec une largeur en plate-forme de 5<sup>m</sup>00, sans les fossés, des talus à  $\frac{2}{3}$  en déblai comme en remblai, sauf pour la molasse et le rocher où l'on admet des talus à  $\frac{4}{1}$ .

c) *Pentes, rampes, alignements et courbes.* — Le maximum de rampe est de 8 m/m entre Fraeschels et Payerne, 10 m/m entre Payerne et Moudon, et enfin de 18 m/m entre ce dernier point et Palézieux.

		En % de la long <sup>r</sup> totale
Longueur totale des paliers . . . . .	22 830 <sup>m</sup>	35,33 %
» des rampes de 0,005 et au-dessous . . . . .	13 115 <sup>m</sup>	
Longueur des rampes de plus de 0,005 jusqu'à 0,01 . . . . .	11 024 <sup>m</sup>	
Longueur des rampes de plus de 0,01 . . . . .	9 452 <sup>m</sup>	
Total des rampes . . . . .	33 591 <sup>m</sup>	49,62 %
Longueur des pentes de 0,005 et au-dessous . . . . .	6 992 <sup>m</sup>	
Longueur des pentes de plus de 0,005 jusqu'à 0,01 . . . . .	4 101 <sup>m</sup>	11 093 <sup>m</sup> 15,05 %
Longueur totale	67 514 <sup>m</sup>	100 %

La hauteur totale rachetée est de . . . . .	280 <sup>m</sup> 29
La rampe moyenne » . . . . .	0 <sup>m</sup> 00834
» maximale » . . . . .	0 <sup>m</sup> 018
L'abaissement total » . . . . .	51 <sup>m</sup> 58
La pente moyenne » . . . . .	0 <sup>m</sup> 00465
» maximale » . . . . .	0 <sup>m</sup> 010
L'inclinaison moyenne de toute la ligne est de	0 <sup>m</sup> 00489

Les courbes ont un minimum de rayon de 400 mètres (avec quelques courbes exceptionnelles de 360 mètres de rayon) entre Fraeschels et Moudon et de 300 mètres entre ce point et Palézieux.

Elles se répartissent comme suit :		En <sup>o</sup> / <sub>o</sub> de la
		long <sup>r</sup> totale
Longueur des alignements . . . . .	44 564	67,48 %
» » courbes de 1200 <sup>m</sup>		
de rayon et au-dessus . . . . .	3 637 <sup>m</sup>	
Longueur des courbes de moins		
de 1200 <sup>m</sup> jusqu'à 900 <sup>m</sup> . . . . .	2 558 <sup>m</sup>	
Longueur des courbes de moins		
de 900 <sup>m</sup> jusqu'à 600 <sup>m</sup> . . . . .	4 169 <sup>m</sup>	
Longueur des courbes de moins		
de 600 <sup>m</sup> jusqu'à 300 <sup>m</sup> . . . . .	12 586 <sup>m</sup>	22,950 %
Longueur totale de la ligne	67 514 <sup>m</sup>	100 %
Rayon moyen des courbes . . . . .	504 <sup>m</sup>	
» » de la ligne . . . . .	1482 <sup>m</sup>	

d) Terrassements. — Sur toute la partie comprise entre la frontière bernoise et Moudon, de 50 kilomètres de longueur, les déblais sont insignifiants et presque tous dans la terre végétale ou le gravier, mais il n'en est pas de même entre Moudon et Palézieux, où ils sont au contraire très considérables et formés soit par des marnes et molasses, soit par des terrains glaciaires mélangés de beaucoup de blocs erratiques de fortes dimensions qui ont été utilisés avantageusement pour la construction des murs perrés et des ouvrages d'art.

Le cube de déblais est, en nombres ronds .  
 Section Fraeschels-  
 Lucens . . . . . (45 kil.) 280 000<sup>m</sup>3 soit 6<sup>m</sup>2 par mètre  
 Section Moudon-Pa-  
 lézieux . . . . . (23 kil.) 610 000<sup>m</sup>3 » 26<sup>m</sup>5 »  
 Ensemble de la ligne (68 kil.) 890 000<sup>m</sup>3 soit 13<sup>m</sup>4 par mètre  
 Ce qui donne un profil moyen de 26<sup>m</sup>2.

e) Ouvrages d'art.— A part un tunnel, un viaduc, et quatre ponts sur la Broye les travaux d'art sont peu considérables et comportent, avec les parachèvements, 23 000<sup>m</sup>3 de maçonneries de toute nature (sèche ou à mortier), soit 0<sup>m</sup>34 par mètre courant de ligne.

- Les ouvrages d'art proprement dits se répartissent comme suit :
- 1 tunnel de 424<sup>m</sup> de longueur.
  - 4 grands ponts en fer sur cours d'eau, de plus de 9<sup>m</sup> d'ouverture (maximum d'ouverture, 35<sup>m</sup>40; longueur du plus grand, 45<sup>m</sup>).
  - 10 petits ponts sur cours d'eau, entièrement en pierre.
  - 5 » avec poutres en bois.
  - 12 » en fer, de 1 mètre d'ouverture au minimum.

- 187 coulisses et aqueducs.
- 1 viaduc en maçonnerie de 12<sup>m</sup> de haut. (long<sup>r</sup> totale, 105<sup>m</sup>).
- 133 passages à niveau.
- 2 » sur rails.
- 6 » sous rails.

Les murs de soutènement et de revêtement, les travaux de consolidation et d'assainissement sont peu considérables, mais devront être complétés.

Il a fallu exécuter quelques perrés pour défendre la ligne contre les érosions de la Broye. Sur les bords du lac de Morat, à Faoug, on s'est borné à garantir la ligne par une double ou triple rangée de saucissons continus en fascinages et graviers, mais leur effet a été insuffisant; des érosions se sont produites et il a fallu compléter le système de défense par des enrochements. Il est à noter qu'avec la certitude d'un abaissement très prochain du niveau du lac, ces travaux doivent être considérés comme provisoires.

Tunnel de Villangeaux. — Ce tunnel a une longueur de 424<sup>m</sup>; il est percé, en entier, dans des molasses plus ou moins dures, et n'est que partiellement revêtu de maçonnerie; sa section est elliptique avec une largeur de 4<sup>m</sup>80 aux naissances et 5<sup>m</sup>40 de hauteur sur rail; il a exigé :

	Au total		Par mètre courant	
	Mètres cubes	Francs	Mètres cubes	Francs
Fouilles . . . . .	13800	155000	32,50	365
Maçonneries . . . . .	2980	86000	7,—	203
Total . . . . .		241000		568

Viaduc de Villangeaux. — Cet ouvrage n'est pas établi pour traverser un ravin, mais pour franchir une série de quatre couloirs sur le flanc abrupt d'un côteau, et éviter des remblais ou des murs trop considérables; c'est, en quelque sorte un mur de soutènement percé par quatre voûtes de décharge en plein cintre, une de six et les trois autres de 10 mètres d'ouverture, dont les culées reposent sur les arêtes en molasse séparant les couloirs.

Le cube des maçonneries de cet ouvrage est de 1360 mètres cubes; il a coûté 44 000 fr.

	Tête aval	Tête amont.	Moyenne
Surface des pleins en élévation	294 <sup>m</sup> 2	130 <sup>m</sup> 2	212 <sup>m</sup> 2
» des vides »	223 <sup>m</sup> 2	97 <sup>m</sup> 2	160 <sup>m</sup> 2
» totale »	517 <sup>m</sup> 2	227 <sup>m</sup> 2	372 <sup>m</sup> 2.

Rapport de vides aux pleins (en moyenne) = 0,75.  
 Prix de revient par mètre carré de surface moyenne d'élévation, 118 fr.  
 Prix de revient par mètre carré de surface d'élévation de la tête aval, 85 fr.

Ponts sur la Broye. — Ces ouvrages, au nombre de quatre, ont tous un biais plus ou moins prononcé et sont à tabliers métalliques et poutres en treillis; ceux de Lucens et Oron sont à poutres paraboliques, celui de Moudon à poutre trapézoïdale (système à panneaux), et celui de Bressonnaz à poutres rectangulaires; la voie est à la partie inférieure, sauf pour celui de

Bressonnaz, auquel est en outre accolé un passage inférieur voûté de 4<sup>m</sup>00, percé dans une des culées.

Voici les renseignements les plus essentiels de leur construction et coût.

DÉSIGNATION des PONTS	Longueur des poutres	FERS, FONTE ET PLOMB				MAÇONNERIES		C O U T total
		Poids		Coût		Cubes	Coût	
		Total	Par mètre	Total	Par mètre			
Lucens . . . . .	35,20	51000	1449	25550	726	340	15450	41000
Moudon . . . . .	35,40	49400	1506	25100	737	220	6150	31250
Bressonnaz . . . . .	25,50	27000	1059	13900	545	1060	26100	40000
Oron . . . . .	30,—	38600	1287	19400	647	290	7900	27300
Totaux . . . . .	126,10	166000		83950		1910	55600	139550
Moyenne par pont . . . . .	31,525	41500	1316	20987 50	666	477,50	13900	34887 50

f) *Voies et accessoires.* — Rails en fer du profil Paris-Lyon-Méditerranée, de 36 kilos par mètre courant, d'une longueur normale de 6<sup>m</sup>90, posés chacun avec joints en porte-à-faux sur 8 traverses, par l'intermédiaire de 4 selles dans les courbes de 500 mètres et au-dessous, et de 2 selles pour les autres parties. Les traverses sont généralement en pin ou sapin injecté au bichlorure de zinc sous pression de 8 atmosphères (procédé Burnett); les courbes de petit rayon et les fortes rampes sont seules posées sur mélèze (avec contre-joints en chêne) ou entièrement sur chêne.

Les rails étant revenus à 350 fr. la tonne, le chapitre des dépenses a été fortement grevé de ce chef.

g) *Gares et stations, maisons de gardes, etc.* — La ligne renferme :

1° Sept haltes pour voyageurs, ayant bâtiment et quai pour voyageurs (avec logement) et coûtant, sans les terrains, les terrassements et la voie, environ 15 000 fr. l'une.

2° Douze stations de 3<sup>me</sup> classe ayant bâtiment et quai pour voyageurs, halle et quai à marchandises, avec voie de garage, et quelquefois voie d'évitement.

Coût comme bâtiments, quais et cour, 34 000 fr. l'une.

3° Deux gares de 2<sup>me</sup> classe, *Morat* et *Moudon*, ayant en plus des précédentes, outre un plus grand développement une 2<sup>me</sup> voie de garage et une alimentation d'eau.

Coût, environ 60 000 fr. l'une.

4° Une gare de 1<sup>re</sup> classe, *Payerne*, au point de croisement de la Longitudinale et de la Transversale, comprenant, en plus, trois voies de formation des trains, un dépôt pour six machines, avec quai à charbon, une remise pour voitures avec les voies de service nécessaires.

Coût comme bâtiments, quais et cours, environ 260 000 fr. dont les 41 % à charge de la ligne Transversale.

Il a en outre été fait quelques travaux d'agrandissement des voies et bâtiments, à la gare de jonction de Palézieux; une remise pour une machine y a été construite.

Tous les bâtiments et quais sont en maçonnerie, sauf les halles à marchandises.

Les maisons de garde sont au nombre de 21, en maçonnerie,

avec apprentis en bois, et coûtent 5000 fr. l'une (6000 fr. avec les travaux d'abords).

*Clôtures.* — Elles sont formées par des potelets en chêne, reliés par trois cours de fil de fer; elles seront complétées par la plantation d'une haie vive.

h) *Matériel fixe.* — Il est très peu considérable et comprend : trois réservoirs d'alimentation pour les gares de Morat, Payerne et Moudon, six grues de chargement aux gares de Morat, Faoug, Avenches, Payerne, Moudon et Châtillens, deux ponts bascules à Payerne et Palézieux. Disques-signaux mobiles pour toutes les gares avec voie d'évitement, disques fixes d'avertissement pour les autres stations et les haltes; disques aux aiguilles d'entrée et aux culs de sac.

i) *Dépenses de construction.* — Les comptes de construction n'étant pas bouclés et les parachèvements n'étant pas encore terminés, nous ne pouvons donner le chiffre exact de la dépense, mais on peut l'estimer sans erreur sensible aux chiffres ci-après, y compris les travaux de parachèvement.

1° Frais généraux . . . . .	Fr. 612 000
2° Service des capitaux et intérêts pendant la construction . . . . .	» 519 000
3° Achats de terrains . . . . .	» 1 170 000
4° Terrassements et ouvrages d'art . . . . .	» 2 253 000
5° Voies et accessoires . . . . .	» 3 635 000
6° Gares et stations (bâtiments, quais, cours) maisons de gardes, etc. . . . .	» 885 000
7° Clôtures et haies vives . . . . .	» 89 000
8° Matériel fixe (réservoirs, grues de chargement, bascules, disques, etc.) . . . . .	» 90 000
9° Outillage de la voie et des dépôts . . . . .	» 10 000
10° Mobilier des gares . . . . .	» 32 000
	Fr. 9 295 000

dont il faut déduire la part aux dépenses de la gare de Payerne afférente à la ligne transvers. » 355 000

Total (sans matériel roulant), Fr. 8 940 000

soit par kilomètre de ligne  $\frac{8\,940\,000 \text{ fr.}}{67,5} = 132\,444 \text{ fr.}$

Si l'on fait abstraction du service des capitaux et en prenant la longueur d'exploitation, le coût par kilomètre exploité sera :  
 8940 000 fr. — 519 000 fr.  
 68,2 — 123475 fr.

### III. LIGNE DE FRIBOURG-PAYERNE-YVERDON, DITE LIGNE TRANSVERSALE.

a) *Concession.* — Ce chemin de fer est régi par les concessions suivantes :

Pour la partie sur territoire fribourgeois, une première concession a été accordée par décret du Grand Conseil de Fribourg, du 17 novembre 1869, ratifié le 18 juillet 1870 par les chambres fédérales, pour une ligne se détachant à Rosé (point situé entre Matran et Neyruz) de la ligne de Lausanne-Fribourg à 11 kilomètres de Fribourg et se dirigeant vers Payerne par la vallée de l'Arbogne, et, de là, à Estavayer et Yverdon. Cette concession étant tombée en déchéance, parce que les travaux n'avaient pas été commencés dans les délais prescrits, un nouveau décret de concession fut accordé le 19 janvier 1872 et ratifié le 28 juin 1872 par la Confédération. Suivant arrêté du 30 avril 1872, ratifié par le Conseil fédéral le 9 septembre 1872, le point de raccordement à Rosé fut abandonné et celui-ci fut porté à Fribourg; la raison de cette modification se trouve dans la concession de la ligne longitudinale qui mettait Payerne en communication plus directe avec Lausanne par Moudon et Palézieux que par Rosé et Romont.

Cette concession fut, comme nous l'avons vu, cédée à la compagnie de la Suisse occidentale par convention des 3 janvier, 27 février et 11 mars 1873. Ce transfert fut ratifié les 17 et 26 juillet par les autorités fédérales.

Quant à la partie vaudoise de la ligne, soit la traversée des communes de Corcelles, de Payerne et d'Yvonand à Yverdon, la concession en a été accordée le 29 juin 1872 par le Grand Conseil vaudois au comité intercantonal, déjà concessionnaire de la ligne de la vallée de la Broye, dite longitudinale, concession qui a reçu la ratification fédérale le 19 juillet 1872. Elle a été transférée à la Compagnie de la Suisse occidentale par l'acte de fusion du 31 mars 1873, ratifié le 18 décembre de la même année. Nous avons vu déjà que la Compagnie de la Suisse occidentale s'est engagée à remettre, en échange des souscriptions d'actions, de ses actions au pair, laissant aux souscripteurs le choix de se libérer moyennant une subvention à fonds perdu de 250 fr. pour chaque action.

Il y a eu ainsi :

b) *Subventions gratuites ou par actions :*

Subventions gratuites :			
Etat de Fribourg . . . .	Fr.	831 054	
Communes fribourgeoises .		4 500	835 554
Actions :			
Etat de Fribourg 1400 act.	Fr.	700 000	
Communes frib. 682 »		346 000	
Particuliers . . 12 »		6 000	
		<u>2094 act.</u>	<u>Fr. 1 052 000</u>
Etat de Vaud . 600 act.	Fr.	300 000	
Commun. vaud. 578 »		289 000	
Particuliers . . 22 »		11 000	
		<u>1200 act.</u>	<u>Fr. 600 000</u>

RÉCAPITULATION :	Fribourg . . . . .	2094 act.	Fr. 1 052 000
	Vaud . . . . .	1200 »	600 000
	Total . . . . .	3294 act.	Fr. 1 652 000
	Subventions . . . . .	»	835 554
	Total . . . . .		<u>Fr. 2 487 554</u>

c) *Description du tracé.* — La ligne se détache de celle de Lausanne-Fribourg-Berne au kilomètre 66,990 soit au pont du Petit-Rome, à 1157<sup>m</sup>,50 au delà de l'axe de la gare de Fribourg et à la cote de 620<sup>m</sup>,79 au-dessus du niveau de la mer. Sur cette longueur de 1157<sup>m</sup>,50 elle emprunte la plateforme de la double voie de la ligne Lausanne-Fribourg-Berne. De ce point le tracé contourne le monticule de Tory ou de Bonne-Fontaine, et vient couper la route cantonale de Fribourg à Payerne au-dessous du village de Givisiez, il traverse le ravin du Tiguellet, passe au-dessus de Belfaux, décrit un lacet considérable pour venir franchir la vallée de la Sonnaz vers Zenaleyre par une pente et contrepente de 0<sup>m</sup>,020 d'inclinaison à la cote 597,65. A Rosière il franchit le col entre la vallée de la Sonnaz et celle du Chandon, qui est le point culminant, à la cote 631,88, c'est-à-dire à 0<sup>m</sup>,28 plus bas que le palier de la gare de Fribourg. Il traverse le plateau marécageux de Grolley derrière le village de ce nom, à partir des Trois Sapins où il franchit de nouveau la route cantonale à la cote de 618<sup>m</sup>,38, le tracé descend avec une pente de 0<sup>m</sup>,020 jusque dans la vallée de la Broye, en recoupant de nouveau la route un peu plus bas, puis au village de l'Echelle, il contourne le coteau de la Brameyre pour venir de nouveau couper la route au-dessous du village de Montagny et près de celui de Cousset; entre ces deux derniers passages de la route il franchit la rivière de l'Arbogne dont il suit la rive droite (cette rivière a dû être déviée en trois points) jusque vers le village de Corcelles où il atteint la frontière vaudoise et le thalweg de la vallée de la Broye à la cote 454<sup>m</sup>. Un peu plus loin que la station de Corcelles il se raccorde à la ligne longitudinale à 1267<sup>m</sup>,84 de l'axe de la gare de Payerne et à la cote 450<sup>m</sup>,04. Il emprunte de là la plateforme de cette ligne élargie en ce point par la double voie. La longueur totale de la gare de Fribourg à Payerne est de 22<sup>k</sup>161<sup>m</sup>,48, et, en déduisant les tronçons communs, 19<sup>k</sup>736<sup>m</sup>,14, c'est ce qui forme la première section de la ligne.

La deuxième partie se détache de la ligne longitudinale immédiatement après la gare de Payerne, qui est commune aux deux lignes, c'est-à-dire à 317<sup>m</sup>,75 au delà de l'axe du bâtiment aux voyageurs de cette gare. La cote de la plateforme est de 454<sup>m</sup>,26 au-dessus de la mer, et la ligne se détache avec une pente de 0<sup>m</sup>,008 pour traverser la rivière de la Broye et la route de Payerne à Estavayer; elle s'élève ensuite avec une rampe de 0<sup>m</sup>,010 en rentrant sur le territoire fribourgeois au kilomètre 2,330 en passant au nord du village de Cugy où se trouve un palier assez long et passe tout près de celui-ci où se trouve une station. Au-dessous du village de Montet il traverse la rivière de la petite Glane, et, près de Frasse, il traverse le ruisseau et ravin de l'Arrignon, passe au-dessous de Sévaz, et, entre cette localité et Estavayer, il atteint le point culminant entre la vallée de la Broye et le lac de Neuchâtel, qui est à la cote 482<sup>m</sup>,07. De là on descend, avec une pente de 0<sup>m</sup>,010, jusqu'au palier de la gare d'Estavayer, qui est à la cote 465<sup>m</sup>,97, on continue à descendre avec 0<sup>m</sup>,010 par mètre sur 2880<sup>m</sup> pour atteindre la grève du lac de Neuchâtel à la cote 437<sup>m</sup>,26 au-dessous du



village de Font. On suit de là presque constamment cette grève en palier ; sauf à la gare de Cheyres où on se relève à la cote 438<sup>m</sup>,72, on traverse à Yvonand un promontoire formé par la Menthue, rivière qu'on traverse près de ce village en se relevant, par de légères rampes, à la cote 438<sup>m</sup>,20. Un peu plus loin on reprend la grève du lac qu'on suit presque constamment en palier à la cote 436<sup>m</sup>,50 jusqu'au Champittet, près d'Yverdon ; de là on s'en éloigne un peu et on traverse la petite rivière du Buron et la ligne se raccorde ensuite avec celle de Morges-Lausanne à Yverdon à l'entrée de cette gare du côté de Lausanne et à la cote 437<sup>m</sup>,25. Ce point de raccordement est à une distance de 230<sup>m</sup>,65 de l'axe du bâtiment aux voyageurs. La longueur totale entre les bâtiments aux voyageurs d'Yverdon et Payerne est de 27<sup>k</sup>907<sup>m</sup>,81 et, en déduisant les tronçons communs, la longueur réellement construite est de 27<sup>k</sup>359<sup>m</sup>,41.

Ainsi donc la longueur entre le milieu de la gare de Fribourg et de celle d'Yverdon est de 50<sup>k</sup>069<sup>m</sup>,29. La longueur réellement construite, sans les travaux communs à d'autres lignes, est de 47<sup>k</sup>095<sup>m</sup>,55.

d) *Etudes.* — Les premières études d'avant-projets furent faites en 1868 et 1869 par le service des ponts et chaussées du canton de Fribourg pour le tracé de Rosé à Payerne. Nous avons vu plus haut la raison qui a fait abandonner ce point de raccordement pour le reporter à Fribourg.

De Fribourg il se présentait encore deux tracés possibles, l'un passant par Corminbœuf et le lac de Seedorf pour rejoindre la vallée de l'Arbogne où il aurait retrouvé le premier tracé de 1869, et l'autre celui par Belfaux et Grolley, qui est le tracé actuel.

Le comité d'initiative chargea M. John Pinhorn, ingénieur anglais, d'étudier le tracé définitif ; après un premier examen, il rejeta le tracé par Corminbœuf et Seedorf ; il fut appuyé en cela par des experts spéciaux que la ville de Fribourg chargea de l'étude de ces deux tracés. Il étudia donc définitivement le second, qui fut adopté avec de très légères variantes par l'auteur de la présente note, lorsque la Compagnie de la Suisse occidentale prit la construction en mains.

Pour la deuxième section, il existait plusieurs tracés, à commencer par celui de 1855, de la Compagnie de l'Ouest, dont nous avons parlé en commençant, qui, tout en étant beaucoup plus coûteux, restait trop loin de la ville d'Estavayer qu'il desservait mal. Ce tracé ne suivait pas la grève du lac, mais restait dans les falaises, qu'il franchissait au moyen de plusieurs pentes et contre-pentes et de plusieurs tunnels de 1600 mètres de longueur totale, travaux très coûteux. Entre Estavayer et Payerne il était plus direct, mais desservait moins bien les localités, en outre il prévoyait un autre emplacement pour la gare de Payerne que celui qui était déjà acquis, les travaux de la ligne Longitudinale, en ce qui concerne cette gare, étant déjà commencés au moment où la Compagnie de la Suisse occidentale devint concessionnaire de la ligne.

En prévision de l'abaissement des eaux du lac qui était provoqué par l'entreprise de la correction des eaux du Jura alors assurée et en pleine exécution, abaissement qui devait se produire dans un délai de 6 à 7 ans, mais cependant pas avant l'ouverture de la ligne, le soussigné n'hésita pas à suivre constamment la grève du lac sur plus de 16 kilomètres au lieu du tracé à mi-coteau de 1855. Il le fit malgré les travaux de défense coûteux et importants pour se protéger pendant la pé-

riode transitoire et malgré les inconvénients auxquels des crues en cours d'exécution exposaient les travaux ; parce que cette augmentation de dépense ne pouvait atteindre celle qu'aurait entraîné le maintien du tracé de 1855 et que le nouveau tracé, presque constamment en palier et en alignement ou avec peu de courbes et de très grands rayons sur 17 kilomètres, était bien préférable à celui, plus tourmenté, de 1855. L'expérience acquise maintenant a pleinement confirmé cette attente ; les dépenses dans cette partie étant restées au-dessous des prévisions du premier devis et à plus d'un million de francs en-dessous de ce qu'aurait coûté le maintien du tracé de 1855.

e) *Profil-type.* — La ligne est construite dans son entier à simple voie.

La largeur des terrassements est de 5 mètres en remblai, mesurée à la ligne moyenne de la plate-forme des terrassements, soit à 0<sup>m</sup>45 au-dessous des rails. Cette même largeur est en tranchée également de 5<sup>m</sup>00, fossés non compris. Les talus en remblai ont tous 3 de base sur 2 de hauteur, en tranchée ils ont généralement cette même inclinaison, sauf exceptionnellement dans des terrains très consistants, où ils ont une inclinaison de 5 de base sur 4 de hauteur et, dans la molasse, où ils ont une inclinaison plus forte, soit un fruit variant entre  $\frac{1}{3}$  et  $\frac{1}{5}$ . Le ballast a 0<sup>m</sup>555 d'épaisseur au-dessous de la face supérieure du rail à l'axe (0<sup>m</sup>425 au-dessous des traverses) et la plate-forme a une pente de 0<sup>m</sup>02 par mètre de l'axe vers les accotements.

f) *Courbes et alignements.* — Sous ce rapport, les deux sections sont fort différentes. Sur la première, très accidentée, on a presque constamment employé le rayon minimal de 300 mètres, on a même dû descendre exceptionnellement à 280 mètres à la traversée de la vallée de l'Arbogne, près de Cousset, qui a un développement de 564<sup>m</sup>31.

Nous avons sur cette section :

De moins de 300 mètres de rayon :		
1	courbe de 280 <sup>m</sup> de rayon	564,31
De moins de 600 à 300 <sup>m</sup> :		
27 courbes de 300 <sup>m</sup> de rayon		
1	» 340 <sup>m</sup> »	
2	» 360 <sup>m</sup> »	
3	» 400 <sup>m</sup> »	
1	» 450 <sup>m</sup> »	8508,02
1 courbe de 500 <sup>m</sup> de rayon.		
De moins de 900 à 1200 <sup>m</sup> :		
2 courbes de 600 <sup>m</sup> »		
2	» 700 <sup>m</sup> »	664,52
De plus de 1200 <sup>m</sup> :		
1 courbe de 1300 <sup>m</sup> »		
1	» 1500 <sup>m</sup> »	
1	» 3000 <sup>m</sup> »	422,63
43 alignements droits . . . . .		9,576 <sup>m</sup> 66 soit 49 %
		<u>19,736<sup>m</sup>14 soit 100 %</u>

Le rayon moyen ressort à 328<sup>m</sup>88.

La deuxième section diffère beaucoup de la première sous ce rapport, le rayon minimal est de 360 mètres et ne se rencontre que trois fois aux entrées des gares de Payerne, Estavayer et Yverdon.

Nous avons :

- 1° Courbes de moins de 600 et de plus de 300 mètres de rayon : 13.
- 3 de 360 mètres
- 1 » 400 »
- 9 » 500 » . . . 4288,49 mètres
- 2° De 600 et plus et moins de 900<sup>m</sup> : 5.
- 1 de 600 mètres
- 4 » 800 » . . . 1961,78 »
- 3° De 900 et plus à moins de 1200<sup>m</sup> : 8.
- 1 de 900 mètres
- 7 » 1000 » . . . 2057,87 »
- 4° De 1200 mètres et au-dessus : 10.
- 4 de 1500 mètres
- 2 » 1700 »
- 2 » 2000 »
- 4 » 4000 » . . . 3342,33 »
- 5° Alignements : 37, mesurant . . . 15 708<sup>m</sup>94 soit 57,48 %

11 650<sup>m</sup>47 soit 42,52 %

27 359<sup>m</sup>41 soit 100 %

Le rayon moyen est de 650<sup>m</sup>09.

Pour l'ensemble de la ligne nous avons en résumé :

- 1° Courbes au-dessous de 300 mètres de rayon . . . . . 564,31
- 2° Courbes de plus de 300 et moins de 600 mètres de rayon . . . . . 12 796,51
- 3° Courbes de plus de 600 et moins de 900 mètres de rayon . . . . . 2 626,30
- 4° Courbes de plus de 900 et moins de 1200 mètres de rayon . . . . . 2 057,87
- 5° Courbes de plus de 1200 mètres . . . . . 3 764,96

Longueur totale des alignements . . . 25 285<sup>m</sup>60 soit 53,70 %

Longueur totale des courbes . . . . . 21 809<sup>m</sup>95 » 46,30 %

Longueur totale, 47 095<sup>m</sup>55 soit 100 %

La somme des grades (100° au quadrant) de tous les angles au centre est de 2793°75, le rayon moyen de toutes les courbes de 447<sup>m</sup>29, le rayon moyen de toute la ligne en faisant rentrer les alignements est de 965<sup>m</sup>87.

g) Paliers, pentes et rampes.

	PREMIÈRE SECTION FRIBOURG-PAYERNE		SECONDE SECTION PAYERNE-YVERDON		LIGNE ENTIÈRE	
	Longueur des paliers, pentes et rampes	En % de la longueur totale	Longueur des paliers, pentes et rampes	En % de la longueur totale	Longueur des paliers, pentes et rampes	En % de la longueur totale
Longueur des paliers horizontaux . . . . .	Mètres 3517,92	17,8 %	Mètres 13724,65	—	Mètres 17242,57	36,6 %
Longueur des rampes :						
a) De 0 <sup>m</sup> ,005 par mètre courant et au-dessous	2177,50	—	4097,19	—	6274,69	—
b) De 0 <sup>m</sup> ,005 à 0 <sup>m</sup> ,010 par m. c. inclusivement	—	—	2427,30	—	2427,30	—
c) De 0 <sup>m</sup> ,010 à 0 <sup>m</sup> ,020 . . . . .	1711,37	—	—	—	1711,37	—
Longueur totale des rampes . . . . .	3888,87	19,7 %	6524,49	—	10,413,36	22,1 %
Longueur des pentes :						
a) De 0 <sup>m</sup> ,005 par mètre courant et au-dessous	173,60	—	2323,37	—	2496,97	—
b) De 0 <sup>m</sup> ,005 à 0 <sup>m</sup> ,010 inclusivement . . . . .	1752,08	—	4786,90	—	6538,98	—
c) De 0 <sup>m</sup> ,010 à 0 <sup>m</sup> ,020 . . . . .	10403,67	—	—	—	10403,67	—
Longueur totale des pentes . . . . .	12329,35	62,5 %	7110,27	—	19439,62	41,3 %
Longueur totale de la ligne . . . . .	19736,14	100 %	27359,41	—	47095,55	100 %
<i>Rampes.</i> — Hauteur totale rachetée . . . . .	41,77	—	36,28	—	78,05	—
Rampe moyenne . . . . .	10,74 ‰	—	5,56	—	7,59 ‰	—
Rampe maximale . . . . .	20 ‰	—	10 ‰	—	20 ‰	—
	sur 1741,37		sur 1371,90			
<i>Pentes.</i> — Abaissement total . . . . .	212,10	—	53,37	—	265,47	—
Pente moyenne . . . . .	17,20 ‰	—	7,51 ‰	—	13,65 ‰	—
Pente maximale . . . . .	20 ‰	—	10 ‰	—	20 ‰	—
	sur 7125		sur 4426,90			

Comme pour les courbes, on voit que la deuxième section est, en ce qui concerne les déclivités, dans des conditions bien plus avantageuses que la première.

h) Direction des travaux.— Les études et les travaux ont été dirigés par J. Meyer, ingénieur en chef de la Compagnie Suisse occidentale, auteur de la présente note. Il a eu pour collaborateurs principaux, M. Colomb, ingénieur-adjoint; M. Perey,

ingénieur chef de bureau, M. Pinhorn, ingénieur de la section Fribourg-Payerne, remplacé en cours d'exécution par M. Stickelberger, et M. de Saussure, ingénieur de la section de Payerne à Yverdon. Les travaux furent commencés : sur la première section en régie, le 19 septembre 1873, et sur la seconde section de la même manière, le 14 juillet 1874; mais ces travaux en régie furent peu importants et entrepris uniquement dans le but de ne pas laisser périmer les délais concessionnels.

Le commencement sérieux des travaux ne doit compter que depuis les adjudications aux entrepreneurs, adjudications qui ont eu lieu en février 1874 pour la première section et en décembre 1875 pour la seconde; c'est-à-dire qu'ils ont commencé avec le commencement de chacune des campagnes de 1874 et 1875, soit à un an de distance.

La première section était presque achevée et aurait pu être exploitée en juin 1876. On y a fait du 15 au 25 juin un service d'exploitation provisoire pendant les fêtes de Morat; mais on en a retardé l'ouverture définitive jusqu'au moment où on a pu ouvrir aussi la ligne Longitudinale en entier, ce qui eut lieu le 25 août 1876.

La seconde section fut reconnue par les autorités fédérales dans les derniers jours de 1876 et les premiers jours de 1877; l'ouverture en fut autorisée pour le 7 janvier, mais elle n'eut réellement lieu que le 1<sup>er</sup> février 1877, à cause de difficultés avec l'administration fédérale au sujet des horaires et des tarifs.

*i) Description des travaux. — PREMIÈRE SECTION. — Terrassements.* — Le cube total des terrassements de cette section est de 432 277<sup>m</sup>322, pour les déblais de la voie proprement dite, soit 21<sup>m</sup>90 par mètre de voie, ou un mouvement de terre ou section moyenne tant en remblai qu'en déblai de 43<sup>m</sup>80 par mètre. Ces terrassements ont coûté pour la fouille et charge, transport, remaniement et dépréciation du matériel de voie ayant servi aux terrassements, 752 056 fr., soit par mètre cube en moyenne 1 fr. 739. Le cube des déblais pour déviations de chemins et cours d'eau s'est élevé à 17 142<sup>m</sup>330 qui ont coûté, y compris les remaniements, règlements, revêtements, 66 677 fr., soit par mètre cube, 3 fr. 83. Si l'on faisait rentrer ces terrassements dans la masse, on aurait un cube total de 449 420<sup>m</sup>5, ayant coûté 774 713 fr., soit par mètre cube, 1 fr. 70 et donnant un cube moyen de déblai de 22<sup>m</sup>326 ou une section ou mouvement de terre moyen de 44<sup>m</sup>50 par mètre de ligne construite.

Le terrain traversé par cette partie de la ligne est assez accidenté, le tracé franchissant transversalement plusieurs vallées secondaires entre celles de la Sarine et de la Broye, notamment celles de la Sonnaz, du Chandon et de l'Arbogne, il a dû franchir en tranchée les cols intermédiaires et en remblai les dépressions des vallées.

Les terrains traversés sont les formations glaciaires ou erratiques superposées à la molasse, terrains argileux fortement humides et donnant lieu à beaucoup de travaux d'assainissement et de consolidation dont nous reparlerons plus loin. En deux ou trois points seulement la partie inférieure des tranchées se trouve dans les formations tertiaires, soit dans la molasse plus ou moins compacte et généralement marneuse et délitable. En quelques points, près de Rosières et à Grolley, on a rencontré des marais tourbeux qu'on a dû assainir. Bien que les terrassements aient été traités à prix unique moyen, le transport compris, nous en établissons approximativement la classification d'après les sondages qui avaient servi de base à l'établissement du devis. Nous avons trois classes de déblai : 1<sup>o</sup> terre végétale, sable ou gravier à la pioche et à la pelle; 2<sup>o</sup> terres fortes, marnes, glaise agglutinée de gravier ou gravier compact se travaillant au pic ou à la pioche; 3<sup>o</sup> molasse ou marnes très dures et régulièrement stratifiées. La proportion a été de 28,64 % de la première classe, 66,36 % de la deuxième classe et 4,90 % de la troisième classe.

La distance moyenne de transport a été de 280 mètres. Comme à cette distance, la série de transport de la compagnie donne un prix de transport de 58 cent., il en résulte que la fouille, charge, règlement et décharge a coûté 1 fr. 739 — 58 c. = 1 fr. 159.

Il y a 39 tranchées et autant de remblais. La plus importante de ces tranchées est celle de Rosières qui présente un cube de 20 000<sup>m</sup>5, à 800 mètres de longueur et 6<sup>m</sup>89 de hauteur maxima.

Le plus grand remblai est celui de la traversée de la Sonnaz, près de Belfaux, il a une longueur de 800<sup>m</sup>, une hauteur maxima de 21<sup>m</sup>60 et un cube de 175 000<sup>m</sup>5, dont 110 000<sup>m</sup>5 ont été pris en emprunt sur les flancs de la vallée. On avait primitivement projeté un viaduc en maçonnerie de 182<sup>m</sup>40 de longueur en courbe de 300 mètres de rayon et rampe de 5 ‰, composé de 11 arches de 12 mètres et 2 de 5 mètres qui aurait absorbé un cube de maçonnerie de 7000<sup>m</sup>5. Les sondages ayant révélé des fondations difficiles et les maçonneries ayant atteint des prix élevés en raison de l'insuffisance des carrières dans la contrée avoisinante, nous nous sommes décidés à le remplacer par un remblai en pratiquant un aqueduc de 3 mètres d'ouverture et 90 mètres de longueur dans le flanc de la vallée pour l'écoulement du ruisseau de la Sonnaz. Le fond de la vallée et les flancs ont été complètement assainis avant qu'on y déposât les remblais.

La nature argileuse et humide des terres a nécessité des travaux de consolidation et d'assainissement importants. Dans presque toutes les tranchées, nous avons dû faire des fossés perreyés ou maçonnés, et en outre sous les revêtements en terre végétale des drainages plus ou moins complets, pour lesquels nous avons adopté le système des contre-forts ou drains normaux aux talus reliés par des drains en forme de chevrons ou de V renversés. Nous avons en outre exécuté à cette tranchée un contre-fossé ou coulisse en dessous du fossé normal et à 1<sup>m</sup> 20 en contre-bas de la plate-forme; il a toujours été poussé en avant de l'attaque, pour assainir les terres avant qu'on les attaquât, c'est ce qui a permis de pouvoir avancer; avant que l'on prit cette mesure, les terres étaient tellement fluentes qu'on ne pouvait pas circuler avec des chevaux dans la tranchée ni charger en wagon. L'ensemble de ces travaux de consolidation a coûté 29 500 fr., la surface des talus étant de 7322 mètres carrés; il en résulte un prix de revient de 4 fr. 03 cent. par mètre carré.

Nous avons aussi été dans le cas d'assainir le pied des remblais, et même à Grolley d'assécher la couche de tourbe, heureusement peu épaisse, par des fossés latéraux allant jusqu'à la terre de fond. Les tranchées qui ont présenté des difficultés plus particulières sont celles de Rosières, où nous avons rencontré de très mauvais terrains et une grande abondance d'eau; et celle de la Brameire, près de l'Echelle, où le commencement de l'ouverture de la cunette avait déterminé un mouvement du coteau, que nous avons arrêté par des drainages en galerie; nous avons construit au pied du talus un mur de soutènement et revêtu et planté les talus. Le prix de revient total de ces travaux a été de 11 896 fr.; la surface des talus 2587 fr., d'où il résulte un prix de 4 fr. 60 cent. par mètre carré pour la consolidation; et enfin celle du Canon, près de Montagny, où l'affluence d'eau était considérable et où nous avons, sur une partie de la longueur, exécuté des contre-fossés comme à Rosières. Le prix de revient total de ces travaux de consolidation a été de 9635 fr.; la surface totale des talus de 4819 mètres

carrés, d'où il résulte un prix de revient de 2 fr. par mètre carré de talus.

Ces travaux de consolidation ont donné lieu aux quantités de travaux et dépenses ci-après.

1° Fouilles pour perré, drains, contre-forts, etc.,	
13 181 mètres cubes . . . . .	Fr. 29 820
2° Maçon. sèches pour pierrées, 2670 mètr. cub.	» 28 347
3° Maçonneries sèches pour massifs et contre-forts, 438 mètres cubes . . . . .	» 4 773
4° Maçonneries sèches tétuées pour perré, 3,50 mètres cubes . . . . .	» 88
5° Perrés en pierres sèches, 556 mètres cubes . . . . .	» 9 282
6° Fossés maçonnés dans les tranchées, 1320 mètres cubes . . . . .	» 32 761
Total,	Fr. 105 071

Si l'on ajoute cette somme à celle de 774 713 fr. qu'ont coûtés les 449 420 mètres cubes de terrassement de toute espèce, on a un total de 879 784 fr., ou par mètre cube 1 fr. 958, y compris tous les travaux accessoires de revêtement, de consolidation et d'assainissement qui ont été très importants, comme on l'a vu.

Les renseignements ci-dessus sont définitifs, en ce qui concerne les quantités, ils résultent des décomptes; ils pourront être légèrement modifiés en ce qui concerne le prix, parce qu'il reste à liquider quelques réclamations d'entrepreneurs.

*Ouvrages d'art.* — Le nombre des petits ponceaux au-dessus de 2<sup>m</sup>50 d'ouverture et entièrement en maçonnerie est de 6. Celui des ponceaux en fer au-dessus de 2<sup>m</sup>50 est de 1.

Le nombre des coulisses et aqueducs est de 43.

Celui des ponts pour passage supérieur ou sur rails, des routes ou chemins est de 4.

Celui des ponts pour passage inférieur ou sous rails est de 3.

Il est à noter que le nombre des passages à niveau est de 21.

Ces ouvrages d'art ont donné lieu aux quantités de travaux et aux dépenses ci-après désignées, comprenant tous les frais accessoires, épaissements, boisages, cintres, façon de parement, rejointoiements, etc. :

	Quantités.	Somme totale.	Prix moyen.
Mètres cubes de fouilles dans toute nature de terrains . . . . .	13 877	Fr. 33 010	Fr. 2 39
Mètres cubes de béton pour fondation. . . . .	1 217		
Mètres carrés de dalles de recouvrement . . . . .	846		
Mètres cubes de maçonneries ordinaires . . . . .	6 458		
Id. de moellons tétués	1 066		
» » d'appareils	25		
Id. de moell. de libage	10		
Id. de pierre de taille.	215		
» de brique . . . . .	16		
» de maçon. toutes espèces . . . . .	9 176 <sup>m</sup>	Fr. 273 965	Fr. 27 80
Kilog. fer et fonte pour tablier de ponts et balustrades . . . . .	17 050 <sup>k</sup>	Fr. 11 932	Fr. 0,449
Mètr. cub. de bois pour longrines et platelages . . . . .	6,03		Fr. 200

Parmi ces ouvrages deux seuls sont à mentionner.

Ce sont l'aqueduc pour le ruisseau et sous le remblai de la Sonnaz de 3 mètres d'ouverture, d'une longueur de 121<sup>m</sup>40 entre les têtes; la hauteur du remblai sur l'extrados de ce ponceau est de 17 mètres, il a exigé un cube total en maçonnerie de 1536<sup>m</sup>547 et a coûté en totalité 57 863 fr. 40 cent., et le pont voûté de 8<sup>m</sup>00 d'ouverture sur l'Arbogne, qui a une longueur entre les têtes de 21 mètres, est surchargé d'une hauteur de remblai de 5<sup>m</sup>40, renferme 1098<sup>m</sup>09 de maçonnerie et a coûté 37 571 fr.

*Stations et maisons de gardes.* — Les stations sur cette section sont au nombre de cinq, toutes de troisième classe. Belfaux, Grolley, l'Echelle, Cousset et Corcelles. La station de Grolley seule est munie d'une voie d'évitement pour le croisement des trains; celles de Belfaux, l'Echelle et Cousset n'ont qu'une voie de garage reliée aux voies principales par une diagonale; elles ont un quai et une halle à marchandises. Celle de Corcelles n'a qu'une voie de cul de sac avec une seule aiguille et un petit quai sans halle à marchandises.

Les bâtiments aux voyageurs sont tous sur le même type. Ils ont 11<sup>m</sup>32 sur 7<sup>m</sup>02, soit 79<sup>m</sup>247, et sont entièrement en maçonnerie et contruits avec la plus grande simplicité; ils ont un étage complet pour logement. Ils ont un cube total, tant plein que vide, de 1056 mètres cubes au-dessus du sol de la cave. Leur coût a varié suivant les difficultés de fondation; celui de Grolley a coûté le plus cher; il a été établi sur un remblai et le sous-sol étant marécageux on a dû piloter. Voici le coût de chacun d'eux :

	Coût total	Coût par m <sup>2</sup>	Coût par m <sup>3</sup>
Belfaux . . . . .	fr. 17 760	fr. 16 80	fr. 223 45
Grolley . . . . .	21 800	20 70	274 05
L'Echelle . . . . .	17 137	16 30	215 65
Cousset . . . . .	17 800	16 80	224 —
Corcelles . . . . .	17 600	16 60	221 45

Les bâtiments pour lieux d'aisances ont 2<sup>m</sup>85 sur 2<sup>m</sup>45, soit 6<sup>m</sup>298. Ils cubent au-dessus du fond de la fosse 90 mètres cubes. Ils sont construits en briques sur caraudages en maçonnerie. Le coût a varié, à cause des fondations, entre 1244 fr. au minimum à Belfaux, et 1594 au maximum à Grolley; ils ont coûté 6700 fr. les cinq, soit 1340 fr. l'un en moyenne, ce qui fait par mètre carré 192 fr. et par mètre cube 14 fr. 90 cent.

Les halles à marchandises ont 8<sup>m</sup>50 sur 5<sup>m</sup>60, soit 47<sup>m</sup>50, elles sont en pans de bois sur fondations en maçonnerie et placées sur un quai de 6<sup>m</sup>,00 de large faisant sur la voie une saillie de 0<sup>m</sup>54 couverte par l'avant-toit. Elles ont coûté de 3898 fr. au minimum à Cousset, à 5501 fr. au maximum à Grolley, soit les quatre ensembles (à Corcelles il n'y en a pas) 17 512 fr. ce qui fait en moyenne 4103 fr. l'une, soit par mètre carré 86 fr. 75 cent.

Les quais à marchandises ont 6<sup>m</sup>00 de largeur et 38 mètres de longueur, y compris la place sous la halle, ils ont à l'extrémité un glacis de 10 mètres. Celui de Corcelles fait exception et n'a que 30 mètres de longueur parce qu'il n'a pas de halle. Ils sont en maçonnerie brute, crépie à la chaux avec une bordure en taille. Ils ont coûté de 1573 fr. au minimum, à Grolley, où, vu les difficultés de fondations, on l'a fait en bois, à 2450 fr. au maximum à Corcelles, soit en tout, 9766 fr. ou en moyenne 1953 fr. l'un, ou 53 fr. 65 le mètre courant et 8 fr. 95 le mètre carré.

Les maisons de garde-voie sont au nombre de six sur cette section. Elles sont entièrement en maçonnerie et se composent d'un corps central de 4<sup>m</sup>50 sur 7 mètres et de 2 ailes de 4<sup>m</sup>40 sur 2<sup>m</sup>40, soit une superficie de 51<sup>m</sup>42 ou un cube de 285<sup>m</sup>5. Le coût a varié suivant les fondations entre 5556 fr. et 6205 fr., les six ensemble, 36007 fr., soit en moyenne l'une 6001 fr. ou par mètre cube 21 fr. 06. Il y a 14 guérites de garde-voie de 2 mètres sur 2 mètres entièrement en bois qui ont coûté 320 fr. l'une, soit 80 fr. le mètre carré.

*Matériel fixe.* — Il a été placé des disques se manœuvrant à distance à l'entrée des gares de Fribourg et Payerne et à Grolley, seule station munie d'une voie de croisement. Les autres stations sont simplement munies de disques fixes ou signaux d'avertissement placés à 500 mètres de l'axe de la station. Les aiguilles d'entrée et celles des voies donnant sur la voie principale sont munies de disques ou signaux de direction. Toutes les stations sont munies d'appareils télégraphiques du système Morse.

*Barrières et clôtures.* — Les passages à niveau sont fermés au moyen de barrières de différents systèmes. Les chemins particuliers et les chemins publics de peu d'importance, au moyen de barrières à listes glissantes, avec trois poteaux en chêne. Les barrières à bascule, manœuvrées à distance, sont entièrement en fer, elles ont coûté en moyenne 720 fr. les deux avec la transmission. Sur les routes plus importantes on a placé des barrières pivotant dans le sens horizontal, également en fer et qui ont coûté 250 fr. par passage.

Les clôtures de la voie sont composées de poteaux en chêne bruts, distants de 2<sup>m</sup>50 et dépassant le sol de 0<sup>m</sup>90, reliés par trois lisses en fil de fer galvanisé n° 19, elles ont coûté 62 cent. le mètre courant; aux abords des passages à niveau on y a ajouté des palis également en chêne. Toutes les clôtures sont doublées par des haies vives destinées à les remplacer.

2<sup>me</sup> SECTION. — *Terrassements.* — Le cube total des terrassements de la voie proprement dite pour cette section s'est élevé à 463763<sup>m</sup>5, qui ont coûté, pour fouille charge et décharge, transport et tous remaniements et pilonnage, règlement, revêtement, semis et perte subie sur les rails qui ont servi aux voies provisoires (ces rails mi-valeur sortent des voies refec-tionnées, ils avaient été achetés en 1874 au moment de la plus grande hausse et ont été payés 175 fr. en moyenne la tonne et revendus aux prix les plus bas de 1877, soit à 60 fr. en moyenne la tonne, ce qui fait, pour cette section seulement, une perte de 48181 fr.), la somme totale de 1087868 fr., ce qui fait par mètre cube, 2 fr. 345. Ces terrassements ont été traités à prix moyen unique pour chaque lot, mais les renseignements et sondages que nous avons recueillis pour la mise en adjudication, nous permettent de les classer comme suit : 1° terre végétale, sable, gravier, 65,74 %; 2° terre forte, glaise agglutinée, etc., 26,40 %; 3° marnes très dures et stratifiées et molasse, 7,86 %.

La distance moyenne de transport est de 542 mètres, le prix de transport correspondant de la série est de 84 cent. par mètre cube, il reste donc 1 fr. 505 par mètre cube pour la fouille, charge et décharge, tous remaniements, règlements, revêtements.

En divisant le cube total par la longueur de la ligne de 27<sup>k</sup>359<sup>m</sup>

on a 17<sup>m</sup>5 de déblai par mètre courant, ce qui donne un profil ou mouvement de terres moyen de 34 mètres carrés.

Il y a eu en outre 21 000 mètres cubes de terrassements pour les routes et chemins déviés, qui ont coûté, tous règlements revêtements remaniements compris, 35 496 fr., soit par mètre cube, 1 fr. 69. Si on en tient compte, on a un cube total de 484765<sup>m</sup>31, ayant coûté 1 123 364 fr., ou par mètre cube, 2 fr. 32 cent., ou par mètre courant de voie un cube moyen de déblai de 17<sup>m</sup>570, ou un profil ou mouvement des terres moyen de 35<sup>m</sup>40.

*Travaux de consolidation et d'assainissement.* — Sur cette section, les travaux de consolidation ont été encore plus importants que sur la première. Ils ont nécessité les quantités de travaux et dépenses suivantes :

	Quantités.	Sommes.
1° Fouilles de drains, perrés et contreforts, y compris remaniements, boisages . . . . .	20 955 <sup>m</sup> 5	fr. 106 200
2° Maçonneries en pierres sèches . . . . .	14 250 <sup>m</sup> 5	181 400
3° Béton. . . . .	320 »	6 370
4° Maçonneries à mortier . . . . .	2 850 »	72 850
5° Dépenses diverses. . . . .		53 180
La dépense totale pour ces travaux de consolidation s'est élevée à		fr. 420 000

Les plus importants se sont rencontrés à la tranchée d'Estavayer. Cette tranchée a une longueur de 1187 mètres, une profondeur maximale de 10<sup>m</sup>90 et cube 101 500<sup>m</sup>5; elle est percée en partie dans un marais où se trouve une cuvette dont les eaux n'avaient presque pas d'écoulement, elle est composée de terrains argileux et aquifères très imprégnés d'eau et fluents, et au fond se trouve la molasse sur une certaine partie de la longueur, aussi les difficultés ont-elles été très grandes, d'autant plus que l'attaque et l'enlèvement des déblais n'avaient lieu que par un bout avec une distance moyenne de transport de 1390<sup>m</sup>. L'affluence des eaux, surtout dans la partie correspondante au marais, a été très considérable, dans toute cette partie on a dû pousser, en avant de l'attaque, les contre-fossés maçonnés à 1<sup>m</sup>20 en contre-bas de la plate-forme; à un certain point même, on a dû déposer les terres en cavalier, elles étaient trop humides pour être transportées en wagon à une aussi grande distance. On a dû, sur toute la longueur, faire des fossés perreyés ou maçonnés variant de 1 à 4 mètres de hauteur et des drains contreforts, suivant les lignes de plus grande pente des talus, avec un caniveau sur béton au fond; drains espacés, suivant l'humidité des talus, de 10, 15 et 20 mètres et reliés, suivant la hauteur des talus, par un ou deux chevrons ou pierrées en V renversés. Malgré toutes ces précautions il s'est déterminé des éboulements latéraux qui, heureusement, ont pu être arrêtés et qui représentaient un cube d'environ 6000 mètres. Tous les talus ont été revêtus d'une couche de 0<sup>m</sup>40 d'épaisseur moyenne de terre végétale bien dammée et ensemencée; les plus mauvaises parties ont été plantées en acacias. Ces travaux ont parfaitement réussi et la tranchée est complètement consolidée. Ils ont coûté dans leur ensemble, 148 000 fr., soit par mètre cube de déblai, 1 fr. 45.

La surface totale des talus assainis est de 26 000 mètres carrés, ce qui donne par mètre carré de talus, 5 fr. 60 ou par mètre courant de talus, 61 fr. 55. Ce qui a rendu ces travaux

coûteux, c'est le prix élevé du moellon rendu sur place, à cause de l'éloignement des carrières et de l'absence de blocs erratiques en suffisance, ces moellons revenaient de 9 à 10 fr. le mètre cube et la maçonnerie sèche de 13 à 15 fr. le mètre cube.

Les remblais formés par les terres argileuses de cette tranchée et qui ont une longueur de près de 2 kilomètres, ont dû aussi être assainis, on les a également revêtus en terre végétale, ensemencés et plantés en accacias.

Un autre travail de consolidation important est celui du remblai des Condémines, sur la côte du lac. Ce remblai, qui a une longueur de 260 mètres et une hauteur maximale de 13 mètres a été formé en grande partie avec les marnes et molasses marneuses de la tranchée des Grands-Vignes sous Font, dont nous parlerons tout à l'heure; il reposait sur la grève assez plate du lac, grève composée de molasse en bancs horizontaux, sauf sur une cinquantaine de mètres de longueur où la grève était composée de marnes compressibles et délayées par l'eau. Lorsque le remblai approchait de son achèvement, des glissements considérables et un élargissement de la base se sont produits; ils n'ont pu être arrêtés qu'en faisant de fortes banquettes-contreforts à l'aval et en mettant dans la partie éboulée des drains contreforts en pierrées descendant jusque dans le terrain naturel et traversant le remblai de part en part. Les talus ont été fortement revêtus en terre végétale, ensemencés et plantés d'accacias. Ces travaux ont complètement réussi et le remblai est tout à fait consolidé; ils ont coûté 56 000 fr. La surface des talus étant de 7800 mètres, cela fait par mètre carré, 7 fr. 18, ou par mètre courant de talus, 215 fr. 38.

On rencontre ensuite la tranchée des Grands-Vignes, sous le village de Font. Cette tranchée est percée dans un promontoire qui avance dans le lac, en molasse et marnes en couches plongeantes vers le lac et qui ont dû déjà être déplacées par des éboulements très anciens. Quand la cunette fut percée, bien que jusque-là on n'eût pas remarqué d'eaux d'infiltration, sous l'influence des pluies abondantes de juillet et septembre 1875, des glissements importants se manifestèrent, et non-seulement les terres meubles et plantées en vigne qui sont superposées à la molasse se mirent à glisser, mais les bancs de molasse eux-mêmes se mirent en mouvement. On remarqua alors dans ceux-ci une faille ou plan de glissement bien déterminé et rempli d'une mince couche d'argile rouge, complètement polie, sur laquelle se produisit le glissement. (Cette formation est identique à celle de la grande tranchée de Hagneck, pour la dérivation de l'Aar dans le lac de Biemme, où se sont produits dernièrement des glissements analogues et bien plus graves.) Ces glissements s'étendirent à plus de 60 mètres de la crête projetée des talus. Là on fit une dérivation des eaux supérieures pour éviter leur infiltration dans les couches en mouvement; on construisit au pied et, par puits et caissons, un fort mur de soutien en maçonnerie à mortier, formé d'anneaux en voûtes à axe vertical séparés par des contreforts très épais, et, dans le massif éboulé on pratiqua également par puits, des contreforts-pierrées d'assainissement allant jusque sur les couches non disloquées; ces pierrées avaient 2 mètres de largeur à la surface, jusqu'à 4 mètres au fond, avec des profondeurs allant jusqu'à 8 mètres. On a également planté toute la surface avec des accacias. Ces pierrées ont coûté 35 000 fr., le mur de soutien 20 500 fr. Le cube de cette tranchée, qui était prévu

à 12 500 mètres cubes, a été porté à 27 500 mètres cubes par suite des éboulements.

A la tranchée du moulin de Cheyres, on a également dû assainir les talus d'amont dans des terrains argileux très humides, et on a fait un contre-fossé maçonné à 1<sup>m</sup>20 en contre-bas de la plate-forme, un fossé perreyé et des drains contreforts distants de 15 en 15 mètres et reliés par des pierrées en V renversé. Ces travaux ont coûté 5270 fr. La surface des talus drainés est de 2706 mètres carrés, ce qui fait 1 fr. 91 par mètre.

A la tranchée de la station de Cheyres, un travail analogue a été fait; seulement vu la grande hauteur des talus, 18<sup>m</sup>, nous avons eu 3 étages superposés de pierrées en V renversé. La dépense a été de 25 250 fr., soit, pour une surface de talus de 3650 mètres carrés, un prix de revient de 6 fr. 91 par mètre carré; même travail à la tranchée du ruisseau du Four. Coût, 11 100 fr.; surface, 2348 mètres carrés, soit par mètre carré, 4 fr. 72.

Tranchée de Fresin. Même travail. Surface des talus, 833 mètres carrés; coût de l'assainissement, 6657 fr., soit par mètre carré, 8 fr.

Sur les côtes du lac, entre Yvonand et Yverdon, nous avons prévu des dépenses considérables pour les attaques à mi-coteau dans les côtes boisées des falaises, en terrains argileux, marneux, en partie éboulés et très humides. En cours d'exécution, nous avons craint d'avoir là des mécomptes considérables, malgré l'ampleur de nos prévisions. Nous avons diminué considérablement ces dépenses en modifiant le tracé et en l'éloignant le plus possible de ces falaises et en le tenant presque toujours en remblai sur la grève ou dans le lac qui est peu profond et dont le sol en molasse presque horizontale est très solide, ce qui, en revanche, a augmenté les travaux de défense. Nous avons attaqué nos emprunts latéraux dans les endroits où nous craignons le moins les éboulements et assez éloignés de notre plate-forme pour que ceux-ci ne puissent pas l'atteindre. Néanmoins, nous avons eu quelques drainages à faire, toujours par le même système de contreforts normaux, aux points où notre plate-forme se rapprochait le plus des falaises.

Ainsi, à Chables-Perron, nous avons dépensé de ce chef 13 200 fr. et au Bois-Clos, 10 700 fr., en tout, 23 900 fr.

Nous avons dû en ces points prolonger les drains-contreforts à travers la plate-forme qui avait été boursoufflée.

#### Ouvrages d'art :

1 <sup>o</sup> Grands ponts de plus de 9 <sup>m</sup> , avec tabliers métalliques . . . . .	2
2 <sup>o</sup> Petits ponts de moins de 9 mètres et de plus de 1 <sup>m</sup> 50 :	
a) Avec tabliers métalliques . . . . .	6
b) Entièrement en maçonnerie . . . . .	6
3 <sup>o</sup> Coulisses et aqueducs (83 sous voie et 18 latéraux à la voie) . . . . .	126
4 <sup>o</sup> Ponts pour passages sur rails . . . . .	2
5 <sup>o</sup> » » sous rails . . . . .	2
6 <sup>o</sup> Passages à niveau . . . . .	49

Ces ouvrages d'art ont donné lieu aux quantités de travaux et aux dépenses ci-après désignées :

	Quantités	Sommes	Prix moyen
1° Mètres cubes de fouilles dans toute nature de terrain pour fondations . . .	9290 <sup>m³</sup>	fr. 22163	fr. 2 38
2° Béton pour fondations . . .	646 »	13390	20 73
3° Mètres cubes de maçonnerie à sec . . . . .	580 »	7275	12 54
4° Mètres carrés de dalles de recouvrement. . . . .	1005 <sup>m²</sup>	13982	13 91
5° Mètres cubes de maçonnerie ordinaire à mortier . . . . .	5390 <sup>m³</sup>	117855	21 86
6° Mètres cubes de maçonnerie de moellons têtus à mortier . . . . .	490 »	19143	39 07
7° Mètres cubes de maçonnerie de moellons d'appareil . . . . .	60 »	1685	28 08
8° Mètres cubes de maçonnerie de libages . . . . .	19 »	1082	59 57
9° Mètres cubes de maçonnerie de pierre de taille . . . . .	509 »	23916	46 98
10° Fers et fontes pour tabliers et ballustrades . . . . .	96700 <sup>k</sup>	55702	0,495
11° Bois pour platelage de ponts . . . . .	20 <sup>m³</sup> 65		200 —

Les ouvrages suivants méritent seuls une mention spéciale.

Pont sur la Broye près de Payerne. Ouverture droite, 28<sup>m</sup>95, biaise, 30<sup>m</sup>30, longueur de la poutre métallique, 33 mètres. Portée théorique, 31<sup>m</sup>45.

La fondation est sur gros sable et gravier, on a fait un vanage au moyen d'une enceinte de pieux et palplanches et l'on a épuisé. Le fond de la fouille est à 7<sup>m</sup>03 au-dessous du rail.

Le coût des fondations et maçonneries a été le suivant :

Fouilles, y compris tous remaniements, pilonnages, etc. . . . .	1214 <sup>m</sup>	fr. 4612
Epuisements en régie avec pompe centrifuge . . . . .		3600
Boisage, pieux, palplanches . . . . .		6212
Béton . . . . .	166 <sup>m³</sup>	4041
Maçonnerie à pierre sèche . . . . .	113 <sup>m³</sup>	1358
Enrochements . . . . .	156 <sup>m³</sup>	1901
Maçonnerie à mortier de toute espèce, y compris les parements . . . . .	271 <sup>m³</sup>	9528
<b>Total pour les maçonneries,</b>		<b>fr. 31252</b>

Partie métallique, fonte, 1027 kil. à 0 fr. 495 . . . . .	fr. 508
Fer et plomb, 38971 kil. à 0 fr. 495 . . . . .	19291
Bois et platelage . . . . .	1834
<b>Coût total de l'ouvrage,</b>	<b>fr. 52885</b>

Le poids des fers par mètre pour une voie est de 1212 kil. et le coût de la travée métallique par mètre est de 685 fr. 03. Le pont a été calculé pour une charge de locomotives-tenders (type wurtembergois) en tenant compte du déplacement de la charge et pour une tension maximale de 6 kil. par millimètre dans les différentes pièces et de 5 kil. pour les rivets.

La surface latérale apparente de cet ouvrage est de 108 mètres carrés. Celle des pleins de 26<sup>m²</sup>40 et celle des vides de 81<sup>m²</sup>60. La proportion est de 1 à 3,10. Le prix de revient par mètre carré de surface latérale, de 582 fr. 22.

Pont de la Menthue, près d'Yvonand, situé à 160 mètres en arrière de l'embouchure de cette rivière dans le lac de Neuchâtel. Ce pont est biais à 84°. Il a 20<sup>m</sup>10 de portée avec une poutre métallique à treillis. Le fond des fouilles est à 5<sup>m</sup>87 au-dessous du rail et la hauteur entre le lit et le dessous de la poutre est de 3<sup>m</sup>50. Les fondations ont été faites au moyen d'un encaissement en palplanches moisées. On a battu 35 pieux avec 5<sup>m</sup>75 de fiche moyenne et 162 palplanches.

La longueur de la poutre métallique est de 22 mètres, elle est droite, c'est-à-dire à nervures parallèles, elle a une hauteur de 3 mètres. C'est une poutre à panneau avec les diagonales doubles rigides. Le poids par mètre de pont est de 1146 kil. Ce pont a été calculé comme celui de la Broye.

Les frais d'établissement ont été les suivants :

#### I. Maçonnerie.

1° Epuisements . . . . .	fr. 3500
2° Fouilles et terrassements aux abords, y compris remaniements et pilonnages, 527 mètres cubes. . . . .	1038
3° Etayages, blindages, pieux et palplanches, bois, fer et main-d'œuvre . . . . .	3100
4° Béton, 54 <sup>m³</sup> 60 . . . . .	926
5° Maçonneries sèches, pour remplissages et perrés aux abords, enrochements, 107 <sup>m³</sup> 20 . . . . .	1915
6° Maçonnerie à mortier de toute nature, y compris les parements et rejointoiements, 206 <sup>m³</sup> 60 . . . . .	5993
	<b>fr. 16472</b>

#### II. Tablier métallique.

1° Fer et fonte, 25202 kil. à 0 fr. 495 . . . . .	12475
2° Platelage et longrines . . . . .	1113
3° Accessoires . . . . .	83
	<b>fr. 13671</b>

par mètre de tablier, 622 fr. 03.

Coût total du pont, **fr. 30143**

Surface latérale totale, 82 mètres carrés, surface des pleins, 64<sup>m²</sup>35, surface des vides, 17<sup>m²</sup>65, proportion, 1 : 3,6, prix par mètre carré de surface, 468 fr. 80.

*Travaux de défense contre les eaux.* — Comme nous l'avons dit plus haut, en choisissant le tracé par la grève du lac au lieu du tracé à mi-coteau, de 1855, la ligne se trouve sur 11 kilomètres environ de parcours entre Yverdon et Font, sur la grève du lac de Neuchâtel et en partie dans le lac lui-même, qui est très peu profond et qui, dans cette partie-là, est toujours à sec dans les basses eaux et le sera presque constamment après l'achèvement de la correction des eaux du Jura, lorsque le lac aura atteint son niveau définitif. Nous avons, malgré cet abaissement prévu et malgré les très basses eaux que nous avons constatées pendant les années 1873 et 1874, période de nos études, dû établir des travaux de défense pour nous prémunir contre les hautes eaux qui pourraient survenir encore pendant cette période transitoire; en effet, en automne 1875 et jus-

qu'en mai 1876, nous eûmes de très hautes eaux, et à cause de la négligence de nos entrepreneurs qui, malgré toutes nos instances, ne poursuivirent pas les travaux de défense assez énergiquement et en avant des remblais, il y eut des terrassements emportés ou des retards considérables. Nos travaux de défense consistent généralement en perrés, protégeant le talus du côté du lac, arrasés à la cote des plus hautes eaux et formant un encaissement terminé par un couronnement du côté du ballast. Suivant le niveau des eaux au moment où l'on opérerait, nous avons, si elles étaient assez basses, ou bien enraciné les perrés par une fouille dans la molasse formant la grève, ou bien, si elles étaient plus hautes, échoué un cordon d'enrochement jusqu'au-dessus du niveau de l'eau et fondé le perré sur cet enrochement. Dans certains cas, l'enrochement ayant été échoué et les eaux venant à baisser, nous en avons repris les matériaux pour former des perrés fondés comme ci-dessus. Du côté opposé au lac et malgré que le pied des remblais put être baigné par les eaux, nous n'avons pas fait de perrés, ni enrochement derrière le chemin de fer formant digue, les eaux n'étant jamais agitées, nous avons simplement protégé le pied des talus par des gazonnements et des plantations de saules.

Voici l'importance, comme cube et dépense, de ces travaux de défense contre l'eau.

Perrés, 16 502 mètres cubes, enrochements, 8 602 mètres cubes, dépense totale, 3 365 50 fr.

*Stations et maisons de gardes.* — Les stations sur cette section sont au nombre de quatre. Celles de Cugy, Cheyres et Yvonand sont de troisième classe, celle d'Estavayer est de deuxième classe.

Celles de Cugy, Estavayer et Yvonand sont munies de voies d'évitement, elles ont toutes une voie de garage pour les marchandises, reliée à la voie principale par une diagonale. Celle de Cheyres n'a qu'une voie de garage.

Les bâtiments aux voyageurs des stations de Cugy, Cheyres et Yvonand sont du même type que ceux de la première section. Le bâtiment d'Estavayer est de deuxième classe, il se compose d'un corps central de 11 mètres de longueur sur 10<sup>m</sup>45 de profondeur avec un étage où se trouve le logement et de deux ailes de 4<sup>m</sup>95 sur 8<sup>m</sup>90 chacune, n'ayant qu'un rez-de-chaussée et dans lequel se trouvent les salles d'attente au nombre de deux, l'une pour les 1<sup>re</sup> et 2<sup>me</sup> classes, et l'autre pour les 3<sup>me</sup> classes, il y a un vestibule et salle pour les bagages et consigne, lampisterie et deux bureaux, un pour le chef de station et le télégraphe, l'autre pour le receveur aux billets et bagages. Ce qui a élevé un peu le coût de ce bâtiment, c'est qu'il se trouve sur un remblai de 2<sup>m</sup>50 de hauteur et que les fondations ont dû être descendues jusqu'au-dessous.

Voici le coût de ces bâtiments :

	Coût total.	Cube.	Surface.	Prix par m <sup>2</sup> .	Prix par m <sup>3</sup> .
Cugy. . .	17 325 fr.	1056 <sup>m</sup> 5	79 <sup>m</sup> 247	fr. 16 42	fr. 218 00
Estavayer	36 031	2232 <sup>m</sup> 5	195 <sup>m</sup> 2	16 58	184 77
Cheyres.	17 054	1056 <sup>m</sup> 5	79 <sup>m</sup> 247	16 17	214 06
Yvonand.	16 967	1056 <sup>m</sup> 5	79 <sup>m</sup> 247	16 84	213 50

Les bâtiments pour les lieux d'aisances aux stations de Cugy, Cheyres et Yvonand sont du même type que ceux de la première section. Le coût en a varié entre 1257 et 1503 fr. en

moyenne : 1353 fr., soit 193 fr. le mètre carré ou 15 fr. le mètre cube. Ceux d'Estavayer sont d'un type plus grand et ont 7 mètres sur 3<sup>m</sup>50. Ils ont coûté 2858 fr., soit 118 fr. le mètre carré ou 14 fr. le mètre cube.

Les halles à marchandises des stations de Cugy, Cheyres et Yvonand sont un peu plus grandes que celles de la première section, elles ont 11 mètres sur 7 mètres, soit 77 mètres carrés et ont coûté de 3720 à 4069 fr., en moyenne 3841 fr. ou par mètre carré 50 fr. Celle d'Estavayer a 14 mètres sur 8<sup>m</sup>75, soit 121<sup>m</sup>250, elle a coûté 9402 fr., soit par mètre carré, 77 fr. 38.

Les quais à marchandises aux trois stations de troisième classe ont 42 mètres de longueur (y compris la partie sous la halle) et 6 mètres de largeur avec un glacis de 10 mètres. Celui d'Estavayer a 30 mètres sur 10 mètres, il y a en outre un quai isolé avec rampe de bout.

Les maisons de garde-voie sont au nombre de 10, elles sont du même type que celles de la première section et ont coûté en moyenne 6325 fr. l'une (de 5969 fr. au minimum, à 6849 fr. au maximum), soit par mètre cube, 22 fr. 20. Il y a 15 guérites de garde-voie identiques à celles décrites sur la première section.

*Matériel fixe.* — Les gares de Payerne, Cugy, Estavayer, Yvonand et Yverdon sont munies de disques se manœuvrant à distance, celle de Cheyres, de disques fixes. Les gares de Cugy et Estavayer sont munies de grues de 6 tonnes de puissance, celles de Cheyres et Yvonand de 4 tonnes, ce sont des grues pivotantes sans fondations, avec plateaux en fer. Toutes les stations sont munies de postes télégraphiques.

*Barrières et clôtures.* — Les barrières de passage à niveau et les clôtures sont du même type que sur la première section, on a également partout doublé la clôture d'une haie vive.

#### RÉSUMÉ POUR TOUTE LA LIGNE

*Terrassements.* — Le cube total des terrassements de la voie proprement dite s'est élevé à 896 040 mètres cubes, soit 19 mètres cubes de déblai par mètre courant de voie, ou un profil moyen tant en déblai qu'en remblai (mouvement des terres moyen) de 38 mètres cubes par mètre courant. Ces terrassements ont coûté, tous frais accessoires compris comme il a été dit ci-dessus pour chaque section 1 839 924 fr., soit par mètre cube 2 fr. 005. Ils se répartissent comme suit : première classe, soit terre végétale, sables et gravier léger, 47,67 % ; deuxième classe, soit terres marneuses fortes et agglutinées, graviers compactes, 45,66 % ; troisième classe, molasses et marnes très dures et régulièrement stratifiées, 6,66 %. La distance moyenne du transport a été de 427<sup>m</sup>04, auquel correspond un prix de série de 0 fr. 73 cent., ce qui ferait 1 fr. 375 par mètre cube sans le transport.

Les terrassements pour chemins et cours d'eau déviés et emprunts latéraux s'élèvent à un cube de 38 442 mètres cubes, qui ont coûté 102 173 fr. ou par mètre cube 2 fr. 656. Si on les fait rentrer dans la masse on a un cube total de 934 482 mètres cubes, soit en déblai par mètre courant de voie 19<sup>m</sup>579, ou en profil moyen tant en déblai qu'en remblai 39<sup>m</sup>558. Ils ont coûté tous frais compris, 1 924 097 fr., soit par mètre cube 2 fr. 08 c.



*Travaux de consolidation.* — Les travaux de consolidation et d'assainissement, que nous avons décrits en détail, ont nécessité en bloc pour toute la ligne les travaux de :

1° Fouilles dans toute nature de terrain pour construction de drains, contreforts, perrés, etc., mètres cubes . . . . .	34 466 <sup>m³</sup>
2° Maçonneries en pierres sèches pour des mêmes travaux . . . . .	18 807 »
3° Béton . . . . .	400 »
4° Maçonneries à mortier . . . . .	4 170 »

La dépense totale de ces travaux s'est élevée à 525 071 fr. qui, répartis sur le cube total des terrassements de 934 182 mètres cubes, donne par mètre cube pour la consolidation 0 fr. 565, ce qui porte le mètre cube de déblai, tous frais de consolidation compris, à 2 fr. 645.

*Ouvrages d'art.* — Les ouvrages d'art sont les suivants :

1° Grands ponts de plus de 9 mètres avec tabliers métalliques . . . . .	2
2° Petits ponts ayant moins de 9 mètres et plus de 2 mètres d'ouverture :	
a) Entièrement en pierres (un latéral) . . . . .	12
b) Avec tablier métallique . . . . .	7
3° Nombre de coulisses et aqueducs (dont 18 latéral <sup>m</sup> )	140
4° Ponts pour passages supérieurs . . . . .	6
5° » » » inférieurs . . . . .	5

Ces ouvrages d'art ont donné lieu aux quantités de travaux ci-après désignées :

	Quantités	Sommes	Prix moyen
1° Fouilles dans toute nature de terrain, y compris les boisages pour fondation, mètres cubes	23 170 <sup>m³</sup>	fr. 55 172	fr. 2 38
2° Béton pour fondations, mètres cubes . . . . .	1 561 »	35 267	22 61
3° Maçonnerie à pierres sèches, mètres cubes	624 »	10 861	12 60
4° Maçon. ordinaire à mortier, mètres cubes	11 848 »	269 295	22 20
5° Maçon. de moellons têtus à mortier, mètres cubes . . . . .	1 556 »	55 236	35 50
6° Maçon. de moellons d'appareil à mortier, mètres cubes . . . . .	85 <sup>m³</sup>	3 098	36 44
7° Dalles de recouvrement, mètres carrés . . . . .	1 852 <sup>m²</sup>	32 631	17 62
8° Maçonnerie de liages, mètres cubes . . . . .	29 <sup>m³</sup>	2 035	70 17
9° Maçon. de pierre de taille, mètres cubes.	724 »	47 848	66 09
10° Fers et fonte pour tablier métallique, kilog.	103 750 »	67 634	0 495
11° Bois pour longrines et platelage de ponts, mètres cubes . . . . .	27 »		

*Voie et ballastage.* — Le profil type des rails employés est celui du Paris-Lyon-Méditerranée, de 0,130 de hauteur, pesant 36 ki-

logrammes le mètre courant. Les joints sont en porte à faux, chaque rail de 6 mètres repose sur 7 traverses. Ils sont tous en fer et proviennent de l'usine d'Acoz, en Belgique. Achetés à la fin de 1873, au moment de la plus grande hausse des fers, ils sont revenus à 290 fr. la tonne sur place. Les traverses sont en majeure partie en chêne ; dans les alignements, les courbes de très grand rayon, on a employé des traverses en pin et sapin imprégnées au chlorure de zinc sous pression de 8 atmosphères, soit au procédé Burnett. Sur les traverses en pin et en sapin, on a placé partout des selles en fer, sur les traverses de chêne on en a placé 5 par 7 traverses. En outre, à toutes les traverses, on a goudronné les entailles du sabotage et les trous des crampons, ainsi que les abouts, avec du goudron de Norvège.

Les appareils de changement sont ceux du modèle Paris-Lyon-Méditerranée, avec sommiers et aiguilles rabottés, sur des rails en acier Bessemer du type spécial, pesant 41 kilog. le mètre courant. Les croisements sont fondus en un bloc ; ils proviennent en partie de l'usine de Ganz à Ofen (Hongrie), ceux-ci sont en fonte en coquille dure, et en partie de F. Krupp, à Essen, ces derniers sont en acier fondu. Nous en avons de deux modèles : ceux de l'angle dont la tangente trigonométrique est 0<sup>m</sup>09, pour les voies principales, et ceux dont la tangente est 0<sup>m</sup>13, pour les voies accessoires. Les appareils reposent sur des châssis en chêne. En général, tout ce matériel de la voie est du même type que celui de la Suisse occidentale employé maintenant sur toutes ses lignes.

Nous avons eu quelque peine à nous procurer le ballast ; nous n'avions que trois ballastières : l'une à Belfaux, à 6 kilomètres de Fribourg ; celle-ci dut être bientôt abandonnée, après en avoir sorti 7000 mètres cubes seulement, à cause de la mauvaise qualité du ballast et de la difficulté d'exploitation ; l'autre à l'Echelle, à 16 kilomètres de Fribourg, et la troisième à Yvonand, à 8 kilomètres d'Yverdon ; ces deux dernières étant distantes de 27 kilomètres. Elles ont donné un ballast assez pur mais en général fin et composé en majeure partie de sable quartzeux. Le ballast a coûté en moyenne 3 fr. le mètre cube.

Sur la première section Fribourg-Payerne, le cube est de . . . . .	40 250 <sup>m³</sup>
Sur la deuxième section Payerne-Yverdon, le cube est de . . . . .	68 000 <sup>m³</sup>
soit au total 108 250 <sup>m³</sup>	

ou par mètre courant de voie principale posée . . . . .  $\frac{108\ 250\ m^3}{47\ 924\ m} = 2\ m^3\ 26$

ou, si l'on tient compte de la longueur des voies des gares, qui est de 3113<sup>m</sup>42, soit une longueur totale de voie posée de 51 037<sup>m</sup>42, on a un cube moyen de 2<sup>m</sup>12 par mètre courant de voie posée.

*Gares de jonction.* — Nous avons eu, en outre, des travaux d'agrandissement à faire aux gares de jonction.

A Fribourg, on a dû élargir un pont sur la route de Bulle, poser une quatrième voie et une voie de garage ; ces travaux ont coûté 30 300 fr.

A Yverdon, on a dû poser trois voies nouvelles, faire un terrassement assez considérable et poser deux voies de raccordement avec le groupe des voies de la gare aux marchandises. Ces travaux ont coûté 90 750 fr.

A Payerne, le traité de fusion avec la ligne longitudinale était assez peu clair en ce qui concernait notre participation ;

il disait simplement que « la gare commune de Payerne serait construite par la Compagnie de la Broye, et que la Suisse occidentale supporterait tous les frais des installations destinées exclusivement à son service. » Nous avons convenu, en cours d'exécution, que cette gare serait construite suivant un plan arrêté en commun et que la Suisse occidentale supporterait le 41 % de tous les frais d'établissement de la gare et du tronçon commun, et la Compagnie de la Broye 59 %, ce qui correspond à la longueur kilométrique de nos deux lignes qui s'y croisent. Nous n'avons pas encore arrêté ce compte avec la Compagnie de la Broye, mais nous prévoyons que cette dépense atteindra le chiffre de 360 000 fr. environ.

*Entreprises.* — Nous avons subdivisé la ligne en 8 lots d'entreprise pour les terrassements, ouvrages d'art et accessoires, deux (un par section) pour la pose de la voie et le ballastage, deux également pour les bâtiments. Les deux premiers lots, de Fribourg au kilom. 12, près de l'Echelle, ont été adjugés, ensuite de concours public, à M. F. Herzog, à Fribourg; les troisième et quatrième, de là à Payerne, à M. Ermoglio, à Montpellier; les cinquième et sixième, de Payerne au kilomètre 12,400, à MM. Bect, Combes et Marsaudout, à Paris; le septième, du kilom. 12,400 au kilom. 19,250, à M. Debaptiste, à Simandre (Ain); le huitième, du kilom. 19,250 à Yverdon, d'abord à M. B. Pasquet, à Lausanne, et ensuite de résiliation en cours d'exécution de ce marché, réadjudgé à M. Dorsat, à Yverdon, qui l'avait dirigé comme conducteur de la Compagnie. Les travaux de pose et de ballastage de toute la ligne ont été, par deux adjudications distinctes, confiés à M. Ermoglio, et les travaux de bâtiments, également pour toute la ligne, à M. Bachelin, à Yverdon. Les tabliers de tous les ponts métalliques ont été adjugés à M. Schmied, constructeur à la Cluse, Genève.

Pour toutes nos adjudications, nous avons adopté le système de mettre à la base de l'adjudication des dossiers de projets, métrés et renseignements très complets, appuyés de sondages nombreux allant jusqu'à la plate-forme, et en laissant un temps suffisant aux soumissionnaires pour étudier consciencieusement les documents et le terrain; nous leur avons demandé de formuler eux-mêmes leurs prix de série, sans leur communiquer ceux que nous avons établis pour servir de base à nos estimations. Pour les terrassements nous avons demandé un prix unique par chaque lot pour fouille, charge, transport, décharge et régalage, quelle que soit la nature du terrain. Nous n'avons eu qu'à nous louer de ce mode de faire.

Tous nos décomptes sont établis et nous avons réglé avec tous nos entrepreneurs, sauf avec un; les différences qui nous divisent, et que nous espérons aplanir à l'amiable, ne sauraient exercer une influence sensible sur les prix de revient que nous avons donnés au cours de cette note, ni sur l'évaluation qui suit de nos dépenses totales.

#### *Evaluation des dépenses totales.*

##### **I. Frais généraux et administration des travaux.**

	Sommes par article	Sommes par chapitres
1 <sup>o</sup> Part des frais de l'administration centrale imputée au compte de la construction de cette ligne . . . Fr.	170 000	
2 <sup>o</sup> Ingénieurs, employés des travaux et frais de déplacement . . . »	510 000	
<i>A reporter, Fr.</i>	680 000	

	Report, Fr.	Sommes par article	Sommes par chapitres
3 <sup>o</sup> Frais de bureau, location, imprimés . . . . . »		75 000	
4 <sup>o</sup> Frais de tracé et d'études . . . »		45 000	
5 <sup>o</sup> Intérêts des capitaux pendant la construction . . . . . »		330 000	
6 <sup>o</sup> Frais divers . . . . . »		5 000	
			1 135 000

##### **II. Acquisition des terrains et frais accessoires.**

1 <sup>o</sup> Frais généraux de ce service, levés de plans, honoraires des commissaires, frais judiciaires, etc. . . Fr.	60 000
2 <sup>o</sup> Acquisition de terrains, immeubles, frais de dépréciations, indemnités pour dommages temporaires . . . »	818 000
3 <sup>o</sup> Acquisition de ballastières . . . »	54 000

932 000

##### **III. Terrassements et ouvrages d'art.**

1 <sup>o</sup> Terrassements proprement dits Fr.	1 900 000
2 <sup>o</sup> Travaux de consolidation et d'assainissement . . . . . »	550 000
3 <sup>o</sup> Murs de soutènement et de clôture . . . . . »	58 000
4 <sup>o</sup> Ouvrages d'art . . . . . »	648 000
5 <sup>o</sup> Travaux accessoires des terrassements et ouvrages d'art . . . . . »	58 000
6 <sup>o</sup> Travaux d'endiguement, de correction et de défense contre les eaux »	350 000
7 <sup>o</sup> Chemins et routes déviés . . . »	151 000

3 715 000

##### **IV. Voies et accessoires.**

1 <sup>o</sup> Ballastage des voies et des gares Fr.	330 000
2 <sup>o</sup> Traverses . . . . . »	350 000
3 <sup>o</sup> Rails et accessoires . . . . . »	1 280 000
4 <sup>o</sup> Appareils de changement et croisement . . . . . »	60 600
5 <sup>o</sup> Pose de la voie et des appareils »	145 000
6 <sup>o</sup> Passages à niveau . . . . . »	19 000
7 <sup>o</sup> Ligne télégraphique . . . . . »	13 800
8 <sup>o</sup> Installations accessoires . . . . . »	6 500
9 <sup>o</sup> Dépenses accessoires, manutention et magasinage du matériel . . . »	35 000

2 239 900

##### **V. Stations, ateliers et maisons de gardes.**

1 <sup>o</sup> Bâtiments des gares et stations Fr.	232 000
2 <sup>o</sup> Avenues, cours, places de dépôt »	30 000
3 <sup>o</sup> Quais à voyageurs et à marchandises . . . . . »	38 000
4 <sup>o</sup> Maisons de gardes . . . . . »	99 300
5 <sup>o</sup> Guérites de gardes-voie . . . . . »	9 880
6 <sup>o</sup> Dépenses diverses . . . . . »	5 000

414 180

##### **VI. Clôtures et plantations.**

1 <sup>o</sup> Clôtures . . . . . Fr.	34 000
2 <sup>o</sup> Haies vives . . . . . »	18 000

52 000

*A reporter, Fr.* 8 488 080

	Sommes par article	Sommes par chapitres
<i>Report</i> , Fr. 8488080		
<b>VII. Matériel fixe.</b>		
1 <sup>o</sup> Appareils de pesage et de levage	Fr. 45 000	
2 <sup>o</sup> Signaux, disques, etc. . . . . »	7 500	
		22 500
<b>VIII. Outillage</b>		
Outillage de la voie . . . . . Fr.	16 000	
		16 000
<b>IX. Mobilier.</b>		
1 <sup>o</sup> Mobilier des bureaux de la construction . . . . . Fr.	20 000	
2 <sup>o</sup> Mobilier des gares et stations . . . . . »	26 000	
		46 000
<b>X. Dépenses non classées.</b>		
1 <sup>o</sup> Agrandissement de la gare de Fribourg . . . . . Fr.	30 300	
2 <sup>o</sup> Agrandissement de la gare d'Yverdon . . . . . »	90 750	
3 <sup>o</sup> Part contributive à la construction de la gare de Payerne et du tronçon commun . . . . . »	360 000	
		481 050
Total Fr.		9 053 630

Ce qui fait par kilomètre  $\frac{9\,053\,630 \text{ fr.}}{50^k069} = 180\,082 \text{ fr. } 30 \text{ c.}$

Si l'on ne tenait compte que de la longueur réellement construite de 47<sup>k</sup>095, il faudrait alors faire abstraction des dépenses sous N<sup>o</sup> X pour les gares communes et de jonction, et l'on aurait  $\frac{8\,572\,580 \text{ fr.}}{47^k095} = 182\,027 \text{ fr. } 39 \text{ c.}$

Ce prix de revient est assez bas, si l'on tient compte du mouvement considérable des terres, des difficultés exceptionnelles présentées par les terrains traversés et des dépenses considérables pour leur consolidation, du prix élevé des matériaux pour maçonnerie, eu égard à la pénurie de carrières dans les environs, du prix élevé des rails acquis au moment de la plus grande hausse, à 75 % au-dessus des prix actuels, de la pénurie et du prix élevé du ballast.

Il présente une économie réalisée de 1 781 370 fr. sur le devis définitif fait en 1875 après l'achèvement des études et sur la base des avant-métrés définitifs, soit 16,44 %. Ce devis s'élevait à 10 835 000 fr., soit à 216 414 fr. par kilomètre.

Il est à remarquer que ce devis comportait une somme de 810 000 fr. pour le matériel roulant; ce poste a été entièrement économisé, les nouvelles lignes ayant été desservies au moyen du matériel dont la Compagnie de la Suisse occidentale disposait, sans nouvelles acquisitions. L'économie réalisée sur les travaux de construction proprement dits s'élèvera à 971 370 fr., soit à 9,71 %.

## ARCHÉOLOGIE

par N. GATEUL, architecte.

L'étude de l'archéologie a pris, ces dernières années, en Europe, un développement tel qu'il m'a semblé intéressant

d'en dire quelques mots comme point de départ à une proposition que je désire soumettre à la section vaudoise des ingénieurs et architectes.

C'est avec passion aujourd'hui que les archéologues de tous les pays poursuivent leurs études et vont demander aux monuments anciens des révélations sur l'histoire et les mœurs des siècles écoulés.

L'Italie possède de nombreux représentants de l'archéologie classique à Naples et à Rome; à Pérouse M. Vermiglioli, professeur, s'est voué avec le plus grand succès à l'étude des monuments étrusques; à Florence, M. Micali a écrit un ouvrage remarquable sur les peuples d'Etrurie; à Turin, enfin, de nombreux savants des plus distingués se sont également voués à la recherche et à l'interprétation de l'antiquité.

En France la science archéologique a donné aussi de bons résultats, et ses antiquités trouvent des explorateurs aussi savants que consciencieux qui ont le bonheur de rendre à leur pays et à leur art des services importants.

L'Allemagne possède également des archéologues éminents tels que les Sulzer, Ernesti, Heyne, et tant d'autres.

L'Angleterre elle-même nous a fourni d'excellentes études de ses antiquités romaines, galliques, saxonnes et normandes.

Or, en présence de pareils résultats obtenus à l'étranger, on est frappé de voir combien peu en Suisse on s'occupe de cette science si utile à l'étude de l'art et des peuples anciens. Pourquoi dans les écoles spéciales, où l'on professe actuellement des cours d'architecture insuffisants pour les élèves dont on veut faire des architectes, et superflus pour ceux qui se destinent au génie civil, à la mécanique, etc., pourquoi, dis-je, ne crée-t-on pas plutôt une chaire d'archéologie?..

On peut n'être pas artiste, ne pas posséder à fond les notions d'esthétique et les règles de l'art qui distinguent l'architecte du constructeur proprement dit, et cependant être un archéologue distingué.

Les études qu'on exige de l'architecte sont, je le répète, souvent superflues pour l'ingénieur; mais la science de l'archéologie au contraire lui est très utile en ce sens qu'elle le met à même d'apprécier les œuvres d'art partout où elles se rencontrent, de les juger et de les analyser. Elle fait de lui sinon un artiste du moins un excellent critique d'art.

J'estime donc que l'étude de cette science dans les écoles spéciales serait une excellente chose, car elle formerait des archéologues capables de rendre à leur pays de grands services au point de vue de l'art dont on s'occupe si peu actuellement.

Je sais bien que dans la dernière réunion à Berne des délégués de la Société des ingénieurs et architectes, dont j'ai eu l'honneur de faire partie, il a été formé une commission dont le but est de rechercher et d'étudier avec soin tout ce que la Suisse peut offrir d'intéressant au point de vue des *beaux-arts* en général; mais je crois que quel que soit le bon vouloir des hommes éminents qui font partie de cette commission, ils ne pourront suffire à leur tâche, parce que le mot *beaux-arts* implique un trop vaste champ d'études.

En effet, la musique, la gravure, etc., sont aussi des *beaux-arts*, mais ils se rattachent trop incidemment au génie civil pour qu'ils puissent être traités de façon à intéresser beaucoup soit les membres de la Société suisse des ingénieurs et architectes, du sein de laquelle est sortie cette commission, soit le