Zeitschrift: Bulletin de la Société vaudoise des ingénieurs et des architectes
Band: 3 (1877)
Heft: 3

Artikel: Le chemin de fer de Jougne à Eclépens
Autor: Perey
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-4998

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 01.07.2025

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

3e ANNÉE SEPTEMBRE 1877 N° 3

BULLETIN

DE LA SOCIÉTÉ VAUDOISE

DES INGÉNIEURS ET DES ARCHITECTES

PARAISSANT 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 : Le chemin de fer de Jougne à Eclépens, par M. Perey, ingénieur. — Pont en fer sur la Broye, à Payerne (avec une planche), *Réd.* — Séchage des tissus (avec une planche), par M. C. Dapples, ingénieur. — Le moteur à air comprimé, système Mékarski, par M. Achard, ingénieur. — Société vaudoise des ingénieurs et des architectes. — Association amicale des anciens élèves de l'école technique de Lausanne.

LE CHEMIN DE FER DE JOUGNE A ECLÉPENS

Par M. Perey, ingénieur.

INTRODUCTION

Par suite de sa fusion complète avec la Compagnie des chemins de fer de la Suisse Occidentale, effectuée définitivement le 31 décembre 1876, la Compagnie de Jougne à Eclépens vient de terminer son rôle, la ligne de ce nom disparaît, en tant que ligne indépendante, et tous les résultats concernant son exploitation seront dorénavant compris, sans aucune distinction, avec ceux de l'ensemble du réseau Suisse Occidentale.

En présence de ce fait, nous avons pensé qu'il serait intéressant de résumer en quelques lignes l'historique de la ligne de Jougne, d'indiquer les particularités de sa construction, les sommes qui y ont été affectées et de donner quelques renseignements sur les résultats de son exploitation. Malheureusement, par suite des conditions particulières dans lesquelles cette compagnie s'est trouvée et de l'état très incomplet de ses archives, nous n'avons pas toujours pu recueillir, comme cela aurait été le cas pour les autres lignes suisses, des renseignements précis et devrons souvent nous borner à présenter des chiffres approximatifs.

Le col de Jougne a été de tout temps l'une des voies de communication les plus importantes à travers le Jura ; dès l'époque romaine il est pourvu d'une route et joue un rôle commercial et militaire important, notamment pendant les guerres des Suisses avec le duc de Bourgogne.

Il n'est donc pas surprenant que, dès l'apparition des chemins de fer, l'idée d'y faire passer une voie ferrée et de la considérer comme ligne internationale de grand transit se soit répandue et ait fini par se réaliser, malgré toutes les difficultés qui se présentaient.

Le col de Jougne proprement dit relie les vallées de l'Orbe et du Doubs par l'intermédiaire des petits vallons de la Jougnenaz, sur le versant suisse, et de Fontaine-Ronde sur le versant français, mais, comme la plupart des passages du Jura, il ne suit pas longtemps le cours des rivières et, pris dans son ensemble, le passage coupe successivement les diverses chaînes parallèles du Jura, dont cimes et cols s'abaissent progressivement vers l'occident. Le col de Jougne étant à la fois le plus élevé et le plus rapproché du plateau suisse doit présenter plus de difficultés que le passage des autres chaînes, mais offre par contre, grâce à sa configuration topographique, un accès plus facile sur ce plateau que les passages voisins des Verrières et du val de Saint-Imier, dont le point culminant est pourtant moins élevé.

L'importance réelle du passage de Jougne, pour l'établissement d'une voie ferrée, résulte essentiellement de ce que, combiné avec le Simplon, il donnerait la ligne la plus directe de Londres et Paris en Italie. Grâce aux conditions tout particulièrement favorables comme tracé, profil et altitude du point culminant qu'offre la traversée du Simplon, cette voie deviendrait une ligne de transit de premier ordre, pouvant lutter avantageusement avec les autres voies ferrées franchissant les Alpes par le Mont Cenis et le Gothard.

Pour répondre à son but, il fallait donc construire la ligne de Jougne dans les conditions d'une voie de grand transit ; mais tant que le Simplon n'était pas percé elle n'offrait d'avantage sur les lignes de Genève à Paris et des Verrières que pour les communications de Pontarlier, Dijon, Paris, l'ouest et le nord-ouest de la France, avec Lausanne et la vallée du Rhône ; pour les lignes de la Broye le raccourcissement diminue à mesure qu'on s'éloigne de Lausanne, et il est peu considérable à partir d'Yverdon.

La ligne de Jougne traverse une contrée peu peuplée, n'offrant que peu de ressources et qui ne pouvait compter sur un grand trafic local, ce qui explique les retards et difficultés qu'a rencontrés sa réalisation ; en outre, comme nous venons de le dire, son importance est subordonnée à l'œuvre gigantesque du percement du Simplon, tandis que la ligne des Verrières, parcourant une vallée industrieuse et très peuplée et arrivant au centre du réseau suisse, trouvait immédiatement ses débouchés naturels, aussi a-t-elle été mise en exploitation dix ans avant celle de Jougne.

Les routes qui aboutissent au col de Jougne sont :

Sur le *versant suisse*, la route de première classe de Jougne à Massonger et le Simplon, passant par Orbe, Cossonay, Lausanne et Villeneuve, qui suit la rive gauche de l'Orbe, puis la rive droite de la Jougnenaz. C'était avant l'établissement des chemins de fer la route postale, et elle recevait un roulage très actif ; une nouvelle route, dite route de première classe, de la gare d'Eclépens à Jougne a été décrétée il y a une vingtaine d'années, mais le tronçon Bretonnières-Vallorbes a seul été construit à neuf ; elle suit la rive droite de l'Orbe ; cette der-

nière route a perdu toute importance depuis l'établissement de la ligne de Jougne qui la longe et la coupe continuellement.

Sur le versant français, nous trouvons la route nationale de Saint-Dizier à Lausanne, sur laquelle vient s'embrancher, près des Hôpitaux, la route départementale de Salins en Suisse; la voie ferrée longe de très près, presque sans interruption, la route nationale.

CONCESSION, FONDATION DE LA COMPAGNIE JOUGNE-ECLÉPENS, ENTREPRISE GÉNÉRALE.

Concession à la Compagnie de l'Ouest. — Les études préliminaires et les négociations internationales pour l'établissement d'une voie ferrée par le col de Jougne, provoquées par l'Etat de Vaud et la Compagnie de l'Ouest-Suisse, de concert avec la Compagnie de l'Est français d'abord, puis avec la Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée, aboutirent à la convention de 1856, accordant à l'Ouest la concession d'un chemin de fer de Jougne à Massonger, qui comprenait les trois sections ci-après :

1° De la frontière française, près Jougne, au point de raccordement avec la ligne Lausanne-Yverdon.

2° De Lausanne à Villeneuve.

3° De Villeneuve à Massonger.

Les prestations de l'Etat consistaient pour les trois sections dans la fourniture de tous les terrains et de tous les bois nécessaires à la construction de la ligne, et en outre, pour la première section (Jougne), dans la remise de douze annuités, chacune de 100 000 fr.

Dès l'origine, la ligne de Jougne fut donc considérée à son vrai point de vue, c'est-à-dire comme un tronçon de la voie du Simplon.

L'exécution de la troisième puis celle de la deuxième section ne tardèrent pas, mais pour la première l'Ouest-Suisse n'était tenue de commencer les travaux que lorsqu'elle aurait l'assurance de se relier à la frontière française avec une ligne venant de Pontarlier.

Concession à la Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée. — Cette assurance lui fut donnée par la concession accordée à la Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée le 11 avril et ratifiée le 19 juin 1857. Elle portait que la compagnie concessionnaire ne serait tenue de commencer les travaux qu'après qu'ils auraient été effectivement entrepris sur territoire suisse. — Le maximum d'inclinaison était 10 ‰, mais pouvait être porté à 20 ‰, avec l'approbation administrative.

Concession à la Compagnie Jougne-Eclépens. — Les embarras financiers dans lesquels la Compagnie de l'Ouest se trouva bientôt ne lui permirent pas de profiter de la concession qui lui avait été accordée, pour ce qui concernait la section de Jougne, d'autant plus que la Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée ne paraissait pas disposée à déployer beaucoup d'empressement. Toutefois, en janvier 1861, le gouvernement vaudois obtint du ministère français l'assurance formelle qu'il rappellerait à la Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée ses obligations dès que les travaux seraient commencés sur territoire suisse; mais en 1864 la direction de cette compagnie refusait de traiter les questions se rattachant au raccordement des deux lignes à la frontière, le moment, disait-elle, n'étant pas venu de s'occuper de l'exécution du chemin de fer de Pontarlier à Jougne. De nouvelles instances faites à Paris, en 1855, n'aboutirent qu'à une déclaration très vague du ministre des affaires étrangères, qui ne donnait aucune garantie que le gouvernement saurait obliger la compagnie à s'exécuter.

Malgré tous ces retards l'Etat de Vaud faisait continuer les études, une souscription s'ouvrait dans le pays, les communes directement intéressées offraient des subventions importantes, ce qui amena la formation d'une société par actions, dite Compagnie du chemin de fer de Jougne à Eclépens, à la tête de laquelle se trouvait un spéculateur anglais, M. Cusak Roney, des financiers ou spéculateurs de Paris, un grand entrepreneur, M. Alazard, et quelques personnes influentes du pays.

Par décret du grand conseil du 26 septembre 1866, les avantages assurés par l'Etat dans la concession de 1856 furent maintenus à la nouvelle compagnie et notablement augmentés, les prestations en nature (terrains et bois) converties en argent et le tout arrondi à la somme de 3 200 000 fr., livrable à titre de subvention gratuite au fur et à mesure de l'exécution des travaux.

Une subvention de 600 000 fr., réduite ensuite à 495 000 fr., provenant des souscriptions des communes et des particuliers, garantie par l'Etat et payable à l'achèvement des travaux, fut en outre assurée à la nouvelle compagnie.

Enfin, la Compagnie de l'Ouest-Suisse fut libérée des obligations qui lui incombaient de par la convention de 1856, moyennant le payement à la Compagnie de Jougne d'une redevance annuelle payable dès l'ouverture complète de la ligne jusqu'à Pontarlier et en rapport avec la recette brute kilométrique de son réseau. Cette redevance était de 15 000 fr. au minimum, pour une recette de 20 300 à 21 000 fr., et s'élevait jusqu'à 65 000 fr. au maximum, pour une recette de 25 000 fr. et au-dessus.

La ligne n'ayant été ouverte jusqu'à Pontarlier que depuis le 1er juillet 1875, elle n'a été payée que pour une et demie année, au taux de 65 000 fr.

Capital social. — Les ressources dont disposait la nouvelle compagnie pour l'exécution de sa concession consistaient dans les valeurs ci-après :

1° Subvention de l'état de Vaud.....		Fr. 3 200 000
2° » des communes et particuliers.....		» 495 000
Total des ressources réalisées...		Fr. 3 695 000
3° Emission de 8200 actions, du capital nominal de 500 fr. chaque.....	Fr. 4 100 000	
4° Emission de 16 400 obligations de 250 fr., rapportant 15 fr. d'intérêt, remboursables à 500 fr. par tirages au sort annuels.....	» 4 100 000	
Total des titres émis.....		» 8 200 000
Total du capital social.....		Fr. 11 895 000

D'un autre côté, les actions n'ont pas été libérées par des versements effectifs, et le capital obligations n'a pu être placé pendant la période de construction, en sorte que le capital so-

cial accusé par la compagnie, soit 11 895 000 fr., est en partie fictif, puisque dès l'origine elle en décomposait comme suit l'emploi :

Dépenses proprement dites de construction, suivant devis	Fr.	8 200 000
Perte sur les titres, intérêts des capitaux, frais généraux	»	3 695 000
Somme égale	Fr.	11 895 000

On doit regretter que l'administration ait autorisé l'émission d'une si grande quantité de titres ; du moment que le devis estimatif accusait une dépense de 8 200 000 fr., on devait après vérification se borner à ajouter 10 % pour frais généraux (total 9 000 000), en déduire les subventions gratuites (3 700 000) et composer le solde (5 300 000) moitié par actions, moitié par obligations.

Entreprise générale Alazard. — Après avoir commencé, le 23 mars 1867, ses travaux, la Compagnie de Jougne se trouva bientôt dans l'impossibilité de faire face à ses engagements, soit vis-à-vis de l'Etat, soit vis-à-vis de son entrepreneur général M. Alazard, et par transaction entre les parties, en date du 9 mai 1868, cet entrepreneur fut en réalité substitué à la compagnie, chargé de toutes les dépenses de construction, y compris les frais généraux, toucha directement les versements de l'Etat et reçut les titres, actions et obligations, au fur et à mesure de leur émission et de l'avancement des travaux. Toutefois l'Etat exigea le maintien de la compagnie et imposa à l'entreprise trois ans d'entretien et d'exploitation de la ligne, et comme garantie il conservait en mains le montant du cautionnement (200 000 fr.) et la subvention spéciale de 495 000 fr.

Contrôle de l'Etat. — Dans ces conditions la Compagnie de Jougne, étant tout à fait dépendante de son entrepreneur général, ne pouvait exercer sur lui un contrôle sérieux et l'obliger à remplir ses engagements au cas où il chercherait à s'y soustraire ou à les interpréter trop librement, et l'état se trouva dans l'obligation d'y suppléer par l'organisation d'un contrôle spécial et continu.

Cette situation lui était imposée non-seulement par le fait de la position dépendante de la Compagnie, et le devoir d'empêcher que les sommes souscrites par le pays ne fussent dépensées avant que l'entreprise soit achevée ou assurée dans les conditions prescrites, mais aussi par l'éventualité, qui n'avait rien d'invraisemblable, d'une reprise de l'exploitation par l'état, au cas où, après les trois ans imposés à l'entrepreneur, la Compagnie de Jougne n'aurait pu la continuer, car il était bien à prévoir que les recettes ne cou-vriraient par les frais, aussi longtemps que la ligne serait incomplète.

ÉTUDES

Etudes préliminaires. — La concession de 1856 ne fixait pas le point de raccordement avec la ligne Morges-Lausanne-Yverdon, et à la suite des études comparatives faites par l'état pour les divers points d'arrivée à la gare de Chavornay, à l'Islan (entre cette gare et celle d'Eclépens), et au pont de Daillens (entre les gares d'Eclépens et de Cossonay), ce dernier point fut définitivement admis dans la concession de 1866. Dans les deux premiers projets, la ville d'Orbe était desservie directement, mais des considérations d'économie et le fait qu'il donnait une distance plus courte sur Lausanne et le Simplon décidèrent l'adoption du dernier.

Etudes définitives. — Les conditions du cahier des charges consistaient dans un maximum de rampe de 20 ‰ et un minimum de 400^{m} pour le rayon des courbes, avec un alignement d'au moins 50^{m} entre deux courbes de sens inverse ; les gares devaient être en palier, celle d'Arnex placée à moins de 2850^{m} de la ville d'Orbe. On admit un rebroussement en gare de Vallorbes, qui évitait un viaduc ou remblai immense à la traversée de l'Orbe.

Les terrains devaient être acquis et les ouvrages d'art exécutés pour deux voies, mais les terrassements pour une seule.

Raccordement à la frontière. — La Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée, concessionnaire de l'embranchement Pontarlier-Jougne de la ligne de Dôle en Suisse, devait, d'après sa concession, commencer les travaux dès qu'ils seraient sérieusement entrepris sur le territoire suisse ; mais elle montrait peu d'empressement à s'exécuter et le gouvernement français mettait peu d'insistance pour l'obliger à le faire, malgré une déclaration formelle faite par M. Rouher en 1861. Ne pouvant obtenir de cette Compagnie de régler la question du raccordement, l'Etat de Vaud et la Compagnie de Jougne, sur l'avis du ministère français, avaient arrêté le tracé en se basant pour ce raccordement sur d'anciennes études faites par la Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée, tandis que maintenant celle-ci prenait un point sensiblement plus élevé.

Enfin, après d'incessantes démarches diplomatiques, et grâce au concours éclairé des ingénieurs des ponts et chaussées français chargés du contrôle, des conférences furent tenues à Dijon en décembre 1868 et à Lausanne une année plus tard, où l'on arrêta les bases de la question, c'est-à-dire la position et l'altitude du point de raccordement à la frontière, et les limites de pentes et courbures. Malgré l'appui des ingénieurs du contrôle, on ne put obtenir que ces limites fussent celles prévues dans la concession, et qui avaient été imposées pour la partie suisse, mais on admit 25 ‰ pour les rampes et 300^{m} comme rayon ; enfin il fallut relever de 7^{m}00 la cote du rail à la frontière, ce qui entraîna un relèvement correspondant pour la gare de Vallorbes et la mit dans une position coûteuse et d'un accès moins facile pour la localité. Le seul résultat important fut l'abandon du rebroussement en pleine voie dans le vallon supérieur de la Jougnenaz, que la Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée avait mis en avant. Il fallait aussi obtenir qu'un délai fût fixé pour l'achèvement des travaux.

Ces divers points demandèrent de laborieuses négociations et durèrent jusqu'à l'ouverture de l'exploitation sur la partie suisse en 1870.

La guerre qui survint immédiatement après et semblait renvoyer pour longtemps la jonction des deux lignes, eut en réalité un résultat tout différent, et le 1er juillet 1875, soit cinq ans après l'ouverture de la partie suisse, la partie française put aussi être mise en exploitation.

DESCRIPTION DE LA LIGNE

Tracé. — Le projet exécuté se détache de la ligne Lausanne-Yverdon vers le passage à niveau de la route de Daillens à Eclépens, entre les stations de Cossonay et d'Eclépens, à 5 kil.

de la première et 2 kilom. de la seconde, suit le contour que forme en ce point la Venoge, se rapproche du Mauremont, et se développe sur son flanc sud jusqu'au col de La Sarraz, par lequel cette colline se rattache aux contre-forts du Jura, et le franchit par deux petits tunnels. De ce point la ligne traverse le ruisseau du Nozon et jusqu'à Croy, sur un parcours d'environ 10 kilom., se développe par des circuits très accentués sur les plateaux d'Arnex et de Croy, en profitant des petits mamelons arrondis qui les couronnent pour gagner de la hauteur. Il est à remarquer que le grand lacet d'Arnex aurait pu être réduit sans l'obligation imposée par le cahier des charges de tenir la gare de ce nom à moins de 2850^m de la ville d'Orbe.

De Croy au passage de l'Orbe, la ligne suit d'abord la base du mont Buffet, puis tourne brusquement vers l'ouest au-dessus des Clées pour pénétrer dans la vallée de l'Orbe (qui en ce point est très resserrée et présente la gorge habituelle aux vallées du Jura), en longeant et coupant continuellement la route de première classe. Dans toute cette partie, le tracé se tient à mi-côte et doit franchir des ravins profonds, ouvrir des tranchées considérables et percer deux petits tunnels, mais la plus grande difficulté provient du peu de solidité du sol en divers points du parcours. En somme bien que très accidentée, cette traversée est loin de présenter les difficultés et les immenses travaux de la ligne des Verrières, dans les gorges de Noiraigue, le flanc de la montagne étant beaucoup moins escarpé.

Arrivé près du confluent de la Jougnenaz et de l'Orbe, le tracé tourne pour franchir normalement cette dernière par un superbe viaduc, à 60^m au-dessus de la rivière, puis s'élève en suivant la rive gauche jusqu'à la gare de rebroussement de Vallorbes.

Le petit tronçon entre Vallorbes et la frontière se développe au moyen de courbes et contre-courbes de 300^m de rayon et rampes de 20 $^0/_{00}$, d'abord à peu de distance de l'autre ligne, puis en pénétrant dans le vallon de la Jougnenaz sur un plateau accidenté qui se trouve à la base du Mont-d'Or et donne une succession de tranchées et remblais importants, mais qui n'ont pas présenté de difficultés, et franchit enfin la frontière au petit ruisseau du Piquet, affluent de la Jougnenaz.

La ligne présente entre son origine vers le pont de Daillens et l'axe de la gare de Vallorbes une longueur de 26^{km}546^m 00
Entre la gare de Vallorbes et la frontière.... 2 795 90

Longueur totale, 29^{km}341^m 90

La longueur du rebroussement, au delà de l'axe de la gare, est d'environ 300^m.

Courbes et alignements. — D'Eclépens à Vallorbes, les courbes ont un rayon de 400^m au minimum et sont séparées par des alignements de 50^m au moins. Il a été dérogé à cette règle en tolérant dans la gorge de l'Orbe, près des tunnels, trois courbes de 360^m; à la Montagne, pour sortir la ligne d'un éboulement, trois courbes de 300^m, et enfin, aux Jurats, à la sortie du viaduc, un rayon de 300^m pour éviter un tunnel ou des terrassements énormes.

Entre Vallorbes et la frontière on admit des rayons de 300^m séparés par des alignements de 80^m, après que l'on eut la certitude que, pour la partie française, on descendrait à cette limite.

Au point de vue de la répartition des alignements et des courbes, le parcours se décompose comme suit :

Alignements		12 206^m 39
Courbes de 900^m de rayon et au-dessus	200^m 13	
» » moins de 900^m jusqu'à 600 de rayon	2 838^m 73	17 135^m 51
» » moins de 600 jusqu'à 300^m de rayon	14 096^m 65	29 341^m 90

Somme des angles au centre de toutes les courbes 1250° 66′, soit environ 3 $^1/_2$ circonférences.

	Jougne	Littoral et Verrières	Ensemble du réseau S.-O.
Rayon moyen de toutes les courbes.	787	533	668
Rayon moyen de toute la ligne	1347	1117	1432

On voit qu'à cet égard la partie suisse de la ligne de Jougne est dans des conditions plus favorables que l'ensemble des lignes du Franco-Suisse, et égales à celles de l'ancien réseau de la Suisse Occidentale. Mais si l'on faisait entrer en ligne de compte la partie française de la ligne, il n'en serait plus ainsi, et la ligne des Verrières, qui n'a pas de courbes au-dessous de 350, présenterait un avantage marqué.

Profil. — On a exigé rigoureusement de l'entrepreneur que la limite de 20 $^0/_{00}$ ne soit pas dépassée, et il n'existe dès l'origine, et même dès le pont du Choq, près Bussigny, jusqu'à la sortie du tunnel de Jougne aucune contre-pente ; les paliers sont très courts et la rampe maximum présente à elle seule un développement de près de 15 kilom., soit la moitié de la longueur de la ligne.

Voici quelques renseignements statistiques, pour la partie suisse seulement.

Longueur totale des paliers		3 644^m —
Rampes de 5 $^0/_{00}$ et au-dessous	3 397^m 20	
» » plus de 5 $^0/_{00}$ jusqu'à 10 $^0/_{00}$ inclusivement	1 555^m 30	25 697^m 90
» » plus de 10 $^0/_{00}$ jusqu'à 20 $^0/_{00}$ inclusivement	19 725^m 20	
» » 20,2 $^0/_{00}$ (maximum)	1 020^m —	29 341^m 90

Hauteur totale rachetée, 411^m 79.

	Jougne	Verrières	Ensemble ancien réseau S.-O.
Rampe moyenne....	16^{mm} 02	17^{mm} 78	7^{mm} 82 — 9^{mm} 60
Inclinaison moyenne de toute la ligne ..	14^{mm} 03	11^{mm} 83	6^{mm} 51

Encore ici nous aurions à faire la même restriction que pour les courbes en ce qui concerne la partie française et sa rampe maximum de 25 millim ;

Si l'on considère l'ensemble de la ligne, on a, comme altitude du rail :

Origine, vers le pont de Daillens....	448^{m}35
Palier, gare de La Sarraz.....	458 19
» » d'Arnex	555 80
» » de Croy.....	645 03
» viaduc de l'Orbe	790 68
» gare de Vallorbes.....	810 18
Frontière	860 13
Palier, gare des Hôpitaux	993 46
Point culminant, vers Touillon.....	1014 41
Palier, gare de Pontarlier	839 30

Il résulte de là une ascension totale de 566^{m}06, que les

contre-pentes entre le tunnel de Jougne et le point culminant portent à 570m47.

Sur la ligne des Verrières, entre Auvernier et Pontarlier, la rampe maximum est aussi de 20 millim., mais elle atteint parfois 21 millim. Elle donne une ascension totale de 445m61 (456,79 avec les contre-pentes), soit 100m environ de moins que la voie de Jougne.

La différence à considérer pour des lignes destinées au transit est celle des point culminants, qui est de 1014m41 — 941m10 = 73m31 en faveur de la ligne des Verrières, et se réduit avec les contre-pentes à 66m54, qui expriment l'avantage final de la ligne des Verrières.

Il n'en est pas moins évident que la hauteur du passage du Jura diminue notablement les avantages qu'offrirait le Simplon, les voies ferrées aboutissant aux passages voisins du Cenis et du Gothard n'ayant pas à franchir le Jura à une si grande hauteur.

Terrassements. — Les terrassements ont été exécutés pour une seule voie, suivant des profils-types présentant une largeur normale de 5m40 en plateforme, et les fossés en sus, pour la simple voie, et 8m90 pour les deux voies. Les talus étaient prévus à $^3/_2$ pour les remblais, $^1/_1$ pour les déblais en terre et $^1/_4$ pour ceux en rocher ; dans ce dernier cas, la largeur de la plateforme pouvait être réduite par l'emploi de murettes garde-ballast.

Il est excessivement regrettable que les talus à 45°, proposés par l'ingénieur en chef de la Compagnie, aient été admis d'une manière générale pour les déblais en terre, car il est impossible de revêtir et de gazonner convenablement à cette inclinaison des talus un peu élevés, et sans gazonnement les terres les plus dures, qui avaient dû s'exploiter à la mine, se sont promptement ravinées par les pluies et éboulées au dégel, en recouvrant les fossés et parfois la voie entière.

L'entretien et la mise en état de ces grands talus ont coûté et coûteront encore des sommes énormes, tandis qu'en prévoyant dès l'origine un talus moins incliné, dont le terrassement rentrait dans le mouvement général des terres, l'augmentation de dépense était peu considérable.

Le remède employé dans les parties les plus dangereuses pour la circulation a consisté soit dans un perreyage du talus, soit dans la construction d'un mur de pied assez fort et assez élevé pour pouvoir mettre le talus à $^2/_3$ et permettre, plus tard, de le gazonner ou planter.

Les terrains rencontrés étaient, comme nature : la terre végétale, des sables, limons et graviers, la marne alternant avec des bancs de molasse (plateau d'Arnex), l'argile plus ou moins compacte, mais surtout les mélanges de blocs erratiques et d'argile des moraines glaciaires, qui formaient la masse des tranchées les plus importantes et ont presque toujours dû être exploités à la mine.

La roche calcaire ne s'est rencontrée qu'en quelques points : aux tunnels de La Sarraz et du Moulin Bornu, à la grande tranchée de Croy, près de Bretonnières, au tunnel du Nanchau et en gare de Vallorbes.

Les transports s'effectuaient d'abord à la brouette et ensuite immédiatement au vagon, même pour de petites distances, et rarement au tombereau. Ce mode convenait parfaitement à la situation et à l'importance des tranchées et des remblais ; il a donné de bons résultats économiques et peut être recommandé chaque fois que l'on a affaire à des tranchées importantes et que l'on a du matériel de voie à sa disposition.

Des mouvements de terrain très dangereux se sont produits en quelques points de la ligne, notamment aux Grands-Bois, entre Bretonnières et Vallorbes, et aux Jurats, à la sortie du viaduc, où les terrassements effectués ont rompu l'équilibre des terres. Parfois ce sont les talus des tranchées qui se sont éboulés en détachant et entraînant la masse du terrain en amont, mais le plus souvent ce sont les remblais qui ont provoqué l'affaissement du sous-sol et son glissement, avec formation de boursouflures en aval et de lézardes en amont.

Ces glissements qui se sont produits sur environ trois kilomètres de longueur ont atteint des proportions considérables et réellement inquiétantes, d'autant plus qu'ils s'étendaient en général jusqu'aux berges abruptes de l'Orbe et ne pouvaient être retenus par le pied.

Les moyens employés pour les combattre ont été poussés sans plan bien arrêté, au fur et à mesure des besoins, et trop rarement combinés avec des moyens préventifs sérieux. En général on a commencé par faire des drainages à ciel ouvert, ou par galeries et puits, rayonnant dans la masse éboulée des divers points où des suintements se remarquaient, que l'on remplissait de pierrailles en ménageant un caniveau en pierres sèches sur radier maçonné. Ce système n'a pas donné des résultats suffisants et presque partout il a fallu le compléter par un drainage en demi-cercle, contournant en amont toute la masse disloquée, descendu jusqu'au terrain solide, rocher ou argile compacte, rempli de pierrailles jusqu'à la surface du sol et arrêtant toutes les eaux qui pouvaient venir de la montagne.

Les assainissements effectués parallèlement à la ligne, en amont des talus de tranchées, n'ont pas donné de bons résultats; il est toujours dangereux de réunir de l'eau en amont d'un talus, car outre que l'on coupe la masse suivant un plan de plus faible résistance, l'eau finit par filtrer et amener la dégradation et même l'éboulement complet du talus.

Ces divers travaux d'assainissement avaient exigé à l'ouverture de la ligne (ils ont été complétés dès lors) :

Fouilles à ciel ouvert.....	13 000m3
Galeries.....	500m1
Pierrailles	7 000m3

Quoi qu'il en soit, ces mouvements paraissent arrêtés et depuis l'ouverture de la ligne ils n'ont pris nulle part des proportions inquiétantes, mais il serait prudent de les surveiller de très près.

Les travaux de règlement, revêtement, semis, gazonnement et plantation de talus, perreyage des fossés, en un mot les travaux de consolidation et de parachèvement ont été fort négligés et il faudra encore bien des années pour les amener à un état satisfaisant.

Le cube total des déblais a été de 970 000m3 environ, soit 33 000m3 par kilomètre de ligne ; il a été de 13 000m3 sur la longitudinale et de 20 000m3 sur la transversale.

Déviations de route. — La longueur des déviations de routes et chemins latéraux atteint un développement total supérieur à celui de la ligne. La voie entre Bretonnières et le viaduc s'étant en quelque sorte superposée à la route, il en est résulté,

malgré 16 traversées à niveau, de fréquentes déviations latérales de cette route qui se tient généralement en aval et a exigé des murs de soutènement considérables pour soutenir le remblai sur un sol parfois plus incliné que le talus naturel des terres.

OUVRAGES D'ART

Tous les ouvrages d'art ont été exécutés pour deux voies, sauf les tabliers métalliques de deux passages inférieurs, mais à part quatre petits tunnels et le viaduc sur l'Orbe, il n'y a pas d'ouvrages bien importants.

Tunnels. — L'ouverture des tunnels est un plein cintre de $7^{m}60$ de diamètre ($8^{m}00$ pour celui du Nanchau, en courbe de 360^{m} de rayon); les piédroits n'ont pas de fruit ; l'épaisseur normale du revêtement varie de $0^{m}35$ à $0^{m}60$; la voûte est en moellons piqués et les piedroits en moellons tétués. Une partie du tunnel du Moulin Bornu est en voûte surbaissée en anse de panier, disposition nécessitée par le passage du canal de l'usine.

Le tunnel des Combes, percé dans une moraine très aquifère, a présenté de plus grandes difficultés que les autres en raison de l'eau et du boisage énergique qu'il a demandé ; il est muni de chambres de mine permettant de le faire sauter au besoin. Les trois autres tunnels sont presque entièrement dans le calcaire et le revêtement n'est que partiel.

Voici les renseignements que nous avons pu recueillir sur ces ouvrages.

Désignation	Longueur	Cubes de déblai	Cubes de maçon.	Coût approximatif Frs.
Tunnel de La Sarraz	$148^{m}20$	$6\,800^{m3}$	$1\,012^{m3}$	107 000
Id. du Moulin Bornu	$101^{m}25$	$4\,900^{m3}$	700^{m3}	76 000
Id. des Combes	$99^{m}78$	$5\,200^{m3}$	$2\,140^{m3}$	185 900
Id. du Nauchau	$123^{m}10$	$6\,500^{m3}$		
Totaux.....	$472^{m}25$	$23\,400^{m3}$	$3\,852^{m3}$	368 000
soit par mètre courant.....		50^{m3}	$8^{m3},2$	780 fr.

Le coût des deux derniers résulte d'une expertise et celui des deux premiers a été obtenu en appliquant les mêmes prix d'unité ; nous ne le donnons donc qu'à titre de renseignement ; ces sommes sont supérieures au prix de revient réel, et ne comprennent pas les têtes qui étaient comptées comme ouvrages d'art ordinaires.

Viaduc sur l'Orbe. — Cet ouvrage imposant est formé d'une travée centrale de 56^{m} de longueur d'axe en axe des piles, et de deux travées extrêmes de 25 et 38^{m} de longueur ; en outre la culée rive droite est percée d'une et la culée rive gauche de deux voûtes en maçonnerie, à plein cintre, de $7^{m}60$ d'ouverture. Le pont est en palier et en alignement, sauf la culée et voûte en décharge de la rive gauche qui sont en courbe de 300^{m} commençant à l'extrémité de la partie métallique.

Le rail est à 59^{m} au-dessus du lit de la rivière et les deux piles en maçonnerie ont une hauteur totale de $53^{m}00$ au-dessus de leur fouille qui se décompose en

Couronnement.....	1 00	53^{m}
Fût.....	37 00	
Socle (moyenne).....	8 40	
Fondation (moyenne)....	6 60	

Les piles-culées et culées proprement dites ont une hauteur beaucoup plus faible.

Les annales de construction ne mentionnent qu'un petit nombre d'ouvrages ayant des piles en maçonnerie d'une si grande élévation et encore elles sont toujours reliées par un ou plusieurs étages de voûtes ; à ce titre seul c'est déjà une œuvre exceptionnelle et remarquable. Une autre particularité de ce travail c'est que les piles et piles-culées, à base rectangulaire et double fruit, présentent à l'aplomb des poutres deux tourelles ou contre-forts tronconiques, dont la saillie sur le corps de la pile forme un demi-cercle au niveau du couronnement et reste constante sur toute la hauteur ; la conicité étant égale au fruit de la pile donne pour intersection des arcs de parabole. Cette disposition offre à l'œil un aspect satisfaisant et une grande apparence de stabilité, mais complique beaucoup la construction puisque chaque assise doit être appareillée avec un rayon différent ; on ne peut donc la considérer que comme un motif de décoration.

Les parements des maçonneries sont en moellons piqués calcaires, jaunes ou bleuâtres, alternant avec des assises complètes de libages, de $0^{m}50$ d'épaisseur, étagées de $7^{m}50$ en $7^{m}50$ et destinées à répartir uniformément la charge.

Les grandes piles étant rapprochées de berges très escarpées, le bardage des matériaux a été très facile ; des carrières ouvertes sur chaque rive, aux abords immédiats de l'ouvrage, ont fourni une bonne partie des moellons bruts et piqués.

Des chambres de mine ont aussi été ménagées dans la pile et la pile-culée rive gauche.

La charge sur les piles est, par centimètre carré, de :

$2^{k}00$, sous le couronnement,
$6^{k}25$, sur le socle,
$6^{k}50$, sur la fondation,
$6^{k}14$, sur la fouille,

Cette dernière est un peu forte, mais comme les piles reposent sur le rocher, il y a toute sécurité.

Le tablier est formé de deux poutres principales de $5^{m}00$ de hauteur, reliées par des entretoises soutenant deux cours de longerons pour les deux voies qui sont placées à la partie supérieure. Ces poutres sont découpées en panneaux de $4^{m}00$ par des montants verticaux et des croix de Saint-André, et contreventées à leur partie inférieure.

Les travées extrêmes étant très inégales (25^{m} et 38^{m}), l'extrémité de la plus petite a été lestée par un massif de béton destiné à rétablir l'équilibre et produire le même moment fléchissant sur chaque pile. Cette disposition a paru plus sûre qu'un système d'ancrage dans le corps de la culée.

Les poutres reposent sur chaque pile par l'intermédiaire de trois plaques en fonte et sont fixées sur la pile Jougne ; sur la pile Eclépens et les deux culées, elles reposent librement et sont munies de semelles planes formant glissières ; il n'y a donc ni rouleaux de friction, ni galets pour faciliter la dilatation.

La voie est placée sur des longrines en chêne, boulonnées sur les poutres ou longerons et entretoisées par des fers plats. Le platelage est formé par des madriers de chêne.

Le tablier a été monté sur la rive droite et lancé d'une seule pièce au moyen de rouleaux, mais malgré le contreventement du bout et les autres précautions prises dans cette opération, le pont en a conservé des déformations sensibles ; nous laissons aux spécialistes à décider si et jusqu'à quel point sa résistance en est modifiée.

L'essai, effectué sous une surcharge de 8 tonnes par mètre courant de pont, a donné des flèches de 38 $^{m}/_{m}$ au maximum pour la grande travée (soit $^{1}/_{1400}$ environ de la portée), d'accord avec les prévisions de la théorie pour les diverses répartitions de charge.

La longueur de la poutre métallique est de 119^{m}00 et celle du pont entier de 160^{m}90 ; il comporte à lui seul les quantités d'ouvrages ci-après :

Fouilles de fondation.....	5055^{m3}
Maçonnerie à mortier.....	8100^{m3}
» de libages.....	510^{m3}
Parement vus smillés.....	3700^{m2}
» » de taille.....	350^{m2}
Fer, fonte et plomb.....	347 tonnes (Soit 3 tonnes environ par mètre courant.)

Ouvrages d'art courants. — Parmi les autres ouvrages nous citerons seulement le pont sur le Nozon (voûte en maçonnerie de 16^{m}00 d'ouverture), deux passages inférieurs biais à tablier métallique de 5 et 6^{m} d'ouverture, 9 dits voûtés de 3^{m}60 ou 4^{m}00, trois passages sur voie voûtés, à culées noyées dans le talus.

Les autres sont des aqueducs de 2^{m}00 d'ouverture au maximum, voûtés en gueule de four ou dallés, mais qui, établis sous des remblais élevés, ont parfois une très grande longueur et un débouché insuffisant qui en rendrait le nettoyage fort difficile, sinon impossible.

Murs de soutènement, perrés, etc. — Il en a été construit un nombre assez considérable, notamment pour les déviations de la route ; les uns sont en pierre sèche, les autres avec mortier ; ils mesuraient environ 6000^{m3} à l'achèvement de la construction, mais ce chiffre a dû et devra être beaucoup augmenté pour le parachèvement de la ligne.

Les travaux d'art de toute nature, compris le viaduc, les tunnels et les assainissements, ont exigé les cubes approximatifs d'ouvrage ci-après :

Fouilles.....	30 000^{m3}	
Maçonnerie sèche.....	10 000	36 000, soit 1200^{m3} par kil. de ligne
» à mortier..	26 000	

Cette proportion est de 300^{m3} pour la longitudinale et de 1300^{m3} pour la transversale.

Voies, matériel fixe, etc. — Le matériel de la voie ne présente rien de particulier, les rails sont en fer, de 35 kil. le mètre courant, et d'un profil se rapprochant très sensiblement du type Paris-Lyon-Méditerranée; ils reposent sur des traverses en mélèze par l'intermédiaire de plaques de joint. Pour tourner les machines on a employé les ponts tournants équilibrés de la compagnie du Nord.

Les barrières de passage à niveau sont en général à lisse glissante en sapin, avec poteaux en chêne.

Les clôtures sont formées de pieux en sapin bruts, couronnés par un chapeau et reliés par une lisse en bois rond refendu, système simple mais peu durable. Il n'a pas été planté de haie vive.

Gares et stations, maisons de garde, etc. — Les stations sont au nombre de quatre : La Sarraz, Arnex, Croy et Vallorbes ; elles comprennent toutes une voie d'évitement, une voie de garage, un bâtiment pour voyageurs avec logement, une halle et un quai à marchandises, et deux trottoirs. A Vallorbes, ces installations ont des proportions plus grandes et il y a en outre un petit dépôt de machines, avec plaque tournante et alimentation d'eau (ainsi qu'à Cossonay et à Croy), et les installations nécessaires à une gare douanière : voie de service, halle pour la visite des bagages, halle de transbordement, bureaux, grue de chargement, bascule, etc.

L'idée d'établir une gare de jonction au passage à niveau de Daillens a été abandonnée et le raccordement technique des deux lignes s'est fait jusqu'à présent au moyen d'une aiguille en pleine voie, protégée par des disques et un poste télégraphique, et la gare de Cossonay est devenue la gare de bifurcation, ce qui occasionne un détour de 10 kilomètres pour la direction d'Yverdon. — Cette gare a été pourvue à cet effet d'une voie d'évitement, puis de deux en plus, d'un pont tournant pour machines et d'une prise d'eau.

Tous les bâtiments sont en maçonnerie, sauf les halles ; les bâtiments aux voyageurs, avec salle d'attente unique et logement à l'étage, ne présentent pas un aspect agréable, faute de symétrie, et le logement est étriqué ; ils ont coûté 16 000 fr., avec la marquise ; celui de Vallorbes 20 000 fr.

Les maisons de garde sont au nombre de treize et ont coûté 3500 fr. l'une ; elles sont économiques, mais trop petites et froides.

Matériel roulant. — Le matériel roulant acquis pour cette ligne se compose de :

3 locomotives, à 3 essieux couplés,
18 voitures à voyageurs, système français,
5 fourgons à bagages,
100 wagons à marchandises.

PONT EN FER SUR LA BROYE, A PAYERNE

Nous donnons ci-contre une vue photographique du pont en fer, système bow-string, construit à Payerne en 1869 sur la Broye, à la sortie méridionale de la ville.

Les plans de cet ouvrage d'art sont dus à M. l'ingénieur G. Bridel.

Ce pont est biais ; il présente une ouverture normale de 28^{m}80 ; la portée des poutres est de 30 mètres, et leur longueur totale de 31^{m}89.

Le pont a 6^{m}00 de voie pour les voitures, avec deux trottoirs latéraux de 1^{m}50 de largeur chacun, ce qui porte à 9^{m}00 la largeur totale du passage.

Le coût du pont s'est élevé à environ 95 000 fr., se décomposant comme suit :

Maçonnerie	Fr.	28 300
Tablier en fer	»	41 500
Total,	Fr.	69 800
Indemnités et terrains à acquérir	»	19 000
Pont provisoire en bois, servant de pont de service	»	6 200
Coût total,	Fr.	95 000

Le fer a été payé à raison de 0 fr. 46 le kilo.

La commune de Payerne a reçu de l'Etat un subside de 15 000 fr. pour cet ouvrage.