

<b>Zeitschrift:</b>	Bulletin de la Société vaudoise des ingénieurs et des architectes
<b>Band:</b>	17 (1891)
<b>Heft:</b>	1 & 2
<b>Artikel:</b>	Chemin de fer de Viège à Zermatt à voie d'un mètre et à système mixte (adhérence et crémaillère)
<b>Autor:</b>	Meyer, J.
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-16473">https://doi.org/10.5169/seals-16473</a>

### **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:** 04.02.2026

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

## BULLETIN

DE LA SOCIÉTÉ VAUDOISE

## DES INGÉNIEURS ET DES ARCHITECTES

PARAISANT 8 FOIS PAR AN

**Sommaire :** Chemin de fer de Viège à Zermatt à voie d'un mètre et à système mixte (adhérence et crémaillère), par J. Meyer, ingénieur. Planches N°s 51 à 54. — Les eaux du Léman à Paris, par R. Guisan, ingénieur. — Notes biographiques, par L. G. — Bibliographie.

CHEMIN DE FER DE VIÈGE A ZERMATT  
A VOIE D'UN MÈTRE ET A SYSTÈME MIXTE  
(ADHÉRENCE ET CRÉMAILLÈRE)  
par J. MEYER, ingénieur.  
(Pl. 51 à 54.)

Dans le N° 8, page 122 de 1888 du *Bulletin*, j'avais donné la description du projet avec rampes à adhérence de 45 mm. qui avait été étudié pour la ligne de Viège à Zermatt, et de quelques variantes comportant l'emploi de la crémaillère. Je prie les lecteurs de bien vouloir s'y reporter pour pouvoir comparer avec le projet exécuté et dont la description qui suit est empruntée à un travail que j'ai publié sur cette ligne dans la *Revue générale des chemins de fer*.

Vers la fin de 1888, notre collègue, M. Julien Chappuis, ingénieur, qui avait dirigé les importants travaux d'aménagement des forces motrices du Rhône, à Genève, et M. Ernest de Stockalper, ingénieur, autrefois attaché à l'entreprise Louis Favre & Cie qui a exécuté le grand tunnel du Gothard, firent des ouvertures à la Compagnie concessionnaire pour prendre l'exécution des travaux en régie intéressée. Ils proposèrent, en même temps, une modification en faisant un usage plus étendu de la crémaillère, dont ils portaient les rampes jusqu'à 12 %, maximum qui avait été admis au chemin de fer récemment ouvert du Brünig, entre l'Oberland bernois et Lucerne.

Ils estimèrent que l'économie qui en résulterait, en capital d'établissement, serait de 500 000 fr.

L'auteur de cette note, et notre collègue, M. J. Dumur, colonel fédéral et ingénieur, furent chargés de vérifier cette appréciation. Les projets et devis du tracé modifié, que nous décrirons plus loin, n'étant pas encore faits, on ne put que procéder par différence, après une inspection détaillée et en comparant les difficultés de terrain dans chaque cas.

L'adoption de la crémaillère avec plus fortes rampes, soit de 7 % à 12 % au lieu de 4,5 % qui constituait le maximum avec le tracé à adhérence, permet de suivre plus longtemps les terrains faciles du thalweg et de concentrer les difficultés sur une plus faible longueur.

Une première cause de diminution de dépense consiste dans un raccourcissement de la ligne de 500 m. environ. La longueur des tunnels est réduite de 1027 m. à 240 m., soit de

787 m. Il y a aussi une certaine diminution du cube des murs de soutènement et des ouvrages d'art. L'économie sur l'infrastructure comparée avec les variantes à crémaillère proposées par le service technique de la Compagnie Suisse-Occidentale-Simplon a été évaluée à 540 100 francs, dont il y a lieu de déduire l'augmentation de dépenses par la plus grande longueur de crémaillère que MM. Chappuis et Stockalper proposaient d'adopter sur 6<sup>km</sup>533, tandis que la Suisse-Occidentale-Simplon ne la proposait que sur 4<sup>km</sup>963, soit 71 915 fr., ce qui réduit le total des économies à réaliser à 468 185 fr., ou en nombre rond à 470 000 fr., par rapport au tracé à adhérence.

C'est sur ces bases que fut passé le traité confiant à MM. Chappuis et de Stockalper l'exécution des travaux en régie intéressée.

Le devis du service technique de la Suisse-Occidentale-Simplon, pour son projet de tracé à adhérence et que nous avons résumé ci-dessus, comporte pour les articles : 1<sup>o</sup> Expropriation; 2<sup>o</sup> terrassements, murs, tunnels, ouvrage d'art; 3<sup>o</sup> transport du matériel de voie, pose de la voie et des appareils; 4<sup>o</sup> télégraphes; 5<sup>o</sup> imprévu afférent à ces rubriques, une somme totale de 3 900 000 fr. Il a été convenu d'en déduire 500 000 fr. pour les économies que le nouveau tracé permet d'apporter et la somme restante, soit 3 400 000 fr., forme la base du contrat de régie intéressée.

Les économies réalisées en cours d'exécution seront partagées par moitié entre la Compagnie qui fait toutes les avances de fonds et les directeurs de la régie. Ils participent aussi aux pertes, mais sans que cette participation puisse dépasser le montant de leur cautionnement qui est fixé à 100 000 fr.

Cette question de la substitution de l'exploitation à crémaillère à l'exploitation à adhérence fut examinée par les deux ingénieurs qui avaient été chargés d'examiner la réduction des frais de construction, auxquels furent adjoints notre collègue, M. M. Rodieux, ingénieur en chef de la traction des chemins de fer de la Suisse-Occidentale-Simplon, et M. Haueter, ingénieur en chef de la traction du Nord-Est suisse. Cette commission étudia les chemins de fer du Brünig, du Höllenthal, près de Fribourg en Brisgau, de Blankenbourg à Tanne dans le Harz et de Lehesten aux Carrières d'Ortel en Thuringe<sup>1</sup>.

Ces deux dernières lignes ont été construites d'après le sys-

<sup>1</sup> Ces deux dernières lignes ont été décrites dans la *Revue générale des chemins de fer* de juillet 1888, par M. Seguela.

tème Abt : crémaillère alternative à lames, et les deux premières d'après le système Rigganbach : crémaillère à échelle.

Ce sont surtout les conditions excellentes de construction et d'exploitation du chemin de fer du Harz, si habilement dirigé par M. Albert Schneider, qui décidèrent la commission dans son choix.

La Commission fut unanime à reconnaître que le système Abt convenait le mieux à une exploitation mixte, comme c'est ici le cas, où les sections à crémaillère sont intercalées un peu partout sur tout le parcours et où les sections à adhérence n'ont pas de rampes dépassant 25<sup>0</sup>/<sub>00</sub>, même d'assez grandes longueurs à faible rampe et peu de courbes et où il faut que la locomotive puisse soutenir une vitesse convenable. Ils évaluèrent l'augmentation des frais de traction comparés à l'exploitation à adhérence, à 19 cent. ou à 20 cent. le kilomètre de train, soit pour 35 000 kilomètres de train, 7000 fr. au maximum; à cela s'ajoute 200 francs par an et par kilomètre de crémaillère pour le surcroît d'entretien et le graissage de la crémaillère, soit pour 6<sup>km</sup>800, 1360 fr., en tout 8360 fr. d'augmentation de frais annuels d'exploitation en regard d'une économie de 500 000 fr. sur le capital de construction.

La Compagnie n'hésita pas à adopter cette solution.

#### Description du tracé.

La planche 51 représente le profil en long à l'échelle du 1 : 100 000. Nous renvoyons à notre article de 1888, pour comparer les profils en long des deux tracés.

La ligne est construite à voie de 1 m. d'écartement. Elle part de la gare de Viège, dans la vallée du Rhône, gare du chemin de fer du Jura-Simplon qui est à l'altitude de 653<sup>m</sup>55, et, par un courbe de 60 m. de rayon, on se reporte sur la rive droite de la Viège qu'on suit d'assez près jusqu'au kilomètre 6,200 avec des rampes relativement faibles, ne dépassant pas 0<sup>m</sup>017. Cette première partie ne présente aucune difficulté : quelques travaux de défense contre la Viège, quelques murs de revêtement, un passage en souterrain exécuté à ciel ouvert sous la culée du pont de Neubrücke du chemin de Viège à Zermatt. Au kilomètre 6,250, on traverse la Viège par un pont biais métallique de 35 m. (Poids des fers, 48 700 kg.)

Au kilomètre 6,358 commence la première section à crémaillère d'une longueur de 964<sup>m</sup>71 avec rampe de 0,120 et 0,125 jusqu'à la gare de Stalden. Cette partie du tracé est à flanc de coteau au-dessus de la Viège et en dessous du chemin muletier. Elle ne présente pas de difficultés exceptionnelles : quelques murs de soutènement et quelques ouvrages d'art courants.

La gare de Stalden est au bas du village, sur le chemin de la vallée de Saas, à l'altitude de 802<sup>m</sup>68, au kilomètre 7,373.

Immédiatement après, la crémaillère reprend avec une rampe de 0,125 et 0,120, sur une longueur de 954<sup>m</sup>08, dans le coteau des Merjen; on y rencontre une forte tranchée en rocher et un tunnel de 55 m. de longueur.

Au kilomètre 8,312, on atteint à la cote 900 m. un palier de 3356 m. de longueur qui se trouve dans les flancs de coteaux abrupts de la rive gauche. Ce terrain est assez mouvementé; on y trouve plusieurs tranchées profondes et murs de soutènement, un tunnel de 45 m., puis un de 28 m. et un de 29 m. On suit la même direction que le chemin muletier à environ 40

à 50 m. en contrebas. Après cela, on franchit, au kilomètre 8,980, le ravin de Mühlebach sur un viaduc formé d'une arche métallique de 54 m. et de 50 m. de hauteur, d'une longueur totale de 66<sup>m</sup>78; la hauteur du rail est de 45 m. au-dessus du fond de la vallée; cet ouvrage est d'un effet très pittoresque. Le poids des fers est de 81 200 kg.; immédiatement après vient un tunnel de 90 m. de longueur, puis un autre de 22 m. et 2 viaducs à poutres droites, l'un de 20 m. (poids, 21 300 kg.), l'autre de 23 m. (poids 23 800 kg.) d'ouverture pour franchir les ravins de Faulkinn.

Au kilomètre 10,900 et au passage à niveau du chemin de Zermatt se trouve la halte de Kalpatran avec prise d'eau.

Le palier se termine au kilomètre 11,633; il est immédiatement suivi de rampes de 0,015 et de 0,025. Au kilomètre 12,150, on franchit de nouveau la Viège au moyen d'un pont métallique biais de 27<sup>m</sup>50 d'ouverture (poids des fers, 34 300 kg.), et peu après, au kilomètre 12,349, on reprend une section de crémaillère de 2327<sup>m</sup>22 de longueur avec des rampes de 0,09, 0,100, 0,025, 0,120. Cette partie qui suit le bord de la Viège dans les gorges étroites de Kipfen et de Seeli est une des parties les plus intéressantes et les plus pittoresques de la ligne. La Viège forme une série de cascades écumantes qui se dévalent au milieu d'énormes blocs de gneiss. C'est une de celles qui surprendra le plus les voyageurs.

Les travaux de cette partie consistent essentiellement en murs de soutènement et travaux de défense contre la Viège et en travaux d'assainissement et de soutènement pour consolidation d'un coteau ébouleux.

Au kilomètre 14,150, on franchit de nouveau la Viège au moyen d'un pont métallique biais de 25 m. d'ouverture (poids des fers, 23 800 kg.)

De là à Saint-Nicolas, le tracé ne présente aucune particularité que quelques murs de soutènement.

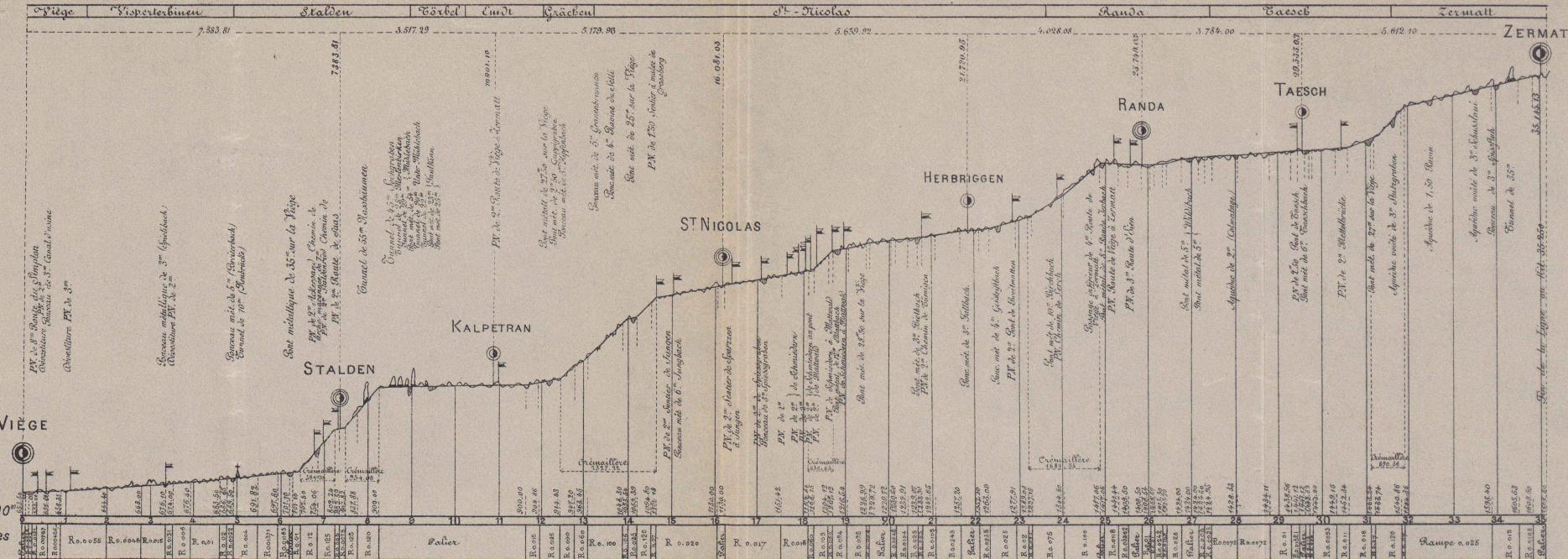
On atteint la station de Saint-Nicolas, kilomètre 16,145, altitude 1130 m.

Au delà de Saint-Nicolas, entre les kilomètres 18 et 19, se trouve de nouveau une section de crémaillère de 632<sup>m</sup>93 de longueur avec rampe de 0<sup>m</sup>083.

Au kilomètre 19,300, au Mattwald, on franchit de nouveau la Viège avec un pont métallique biais de 28 m. (poids des fers, 33 500 kg.); au kilomètre 21,785 et à l'altitude de 1257<sup>m</sup>20, se trouve la halte de Herbrigen, hameau faisant encore partie de la commune de Saint-Nicolas. Puis vient une nouvelle section de crémaillère de 1681<sup>m</sup>55 avec rampes de 0,073 et 0,10 pour atteindre le plateau de Randa, à l'altitude de 1417 m. La station de Randa est à l'altitude de 1409 m. et au kilomètre 25,813.

A partir de Randa, le tracé suit d'assez près la route de Zermatt jusqu'au kilomètre 27 où il s'approche de la Viège, pour combiner sa construction, suivant le désir des autorités valaisannes, avec un diguement de la Viège, le chemin de fer étant établi sur la digue élargie en conséquence, comme on avait procédé pour la construction de la ligne du Simplon entre Sierre et Brigue. Cette partie du tracé est assez simple, le thalweg est relativement plat; il n'y a pas d'autre difficulté que la construction de la digue en pierres sèches et au travers de celle-ci, quelques aqueducs pour l'écoulement des eaux latérales et de colmatage.

*Communes traversées  
Distances entre les gares*



### Crémaillère à pièce d'attache

Fig. 1 à 4. — Crémaille, Système R. Abt.

Fig. 1. — Pièce d'entrée.

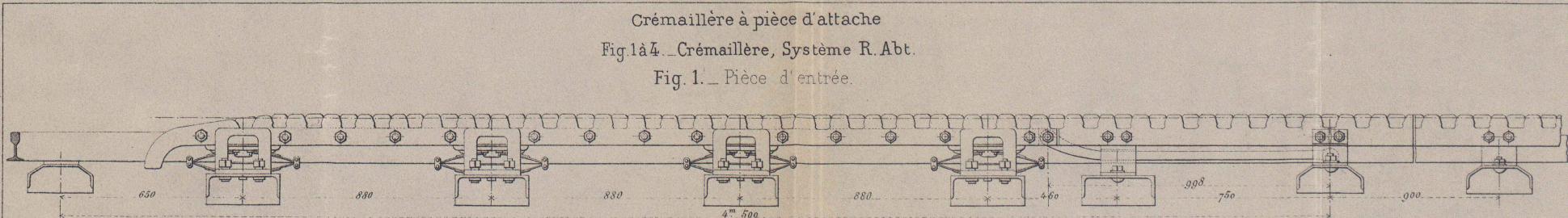


Fig. 2. Plan.

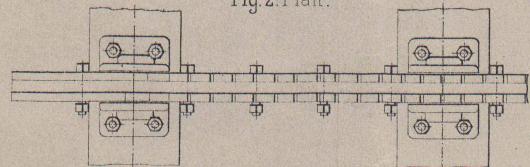
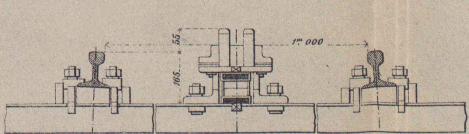


Fig. 3. — Coupe transversale



Echelles: Fig. 1, 2, 3, 4. —  $\frac{1}{15}$  e.

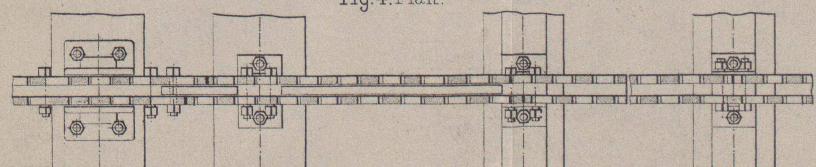


Fig. 4. Plan.

Seite / page

leer / vide /  
blank

Fig. 1. Profil en remblai.

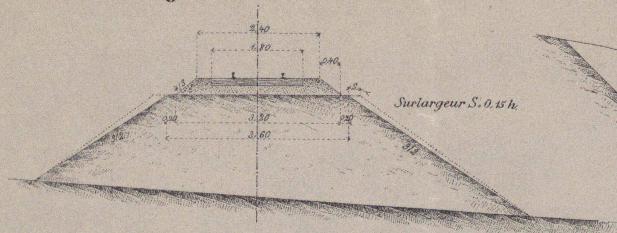


Fig. 2. Profil en déblai dans la terre (Grande largeur)

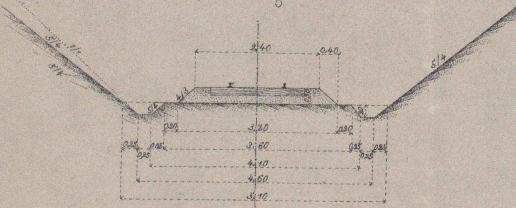


Fig. 3. Profil en déblai avec murette de retenue de ballast

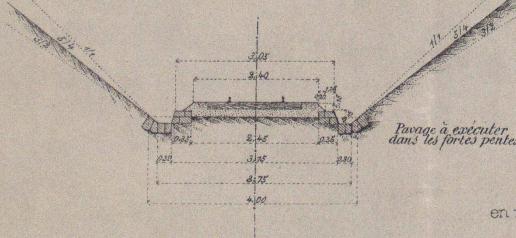
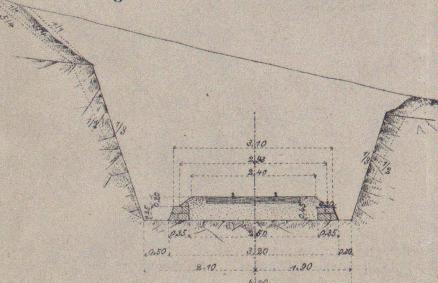


Fig. 4. Profil en déblai dans le rocher.



## Profils en travers et tunnels

Fig. 5. Profil en déblai dans la moraine glaciaire (béton) ou terrain de nature semblable.

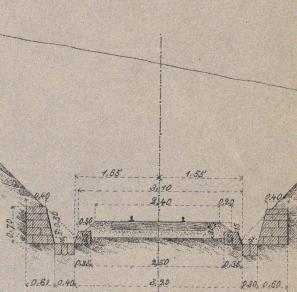


Fig. 6. Mur de soutènement pour tranchées

En maçonnerie de mortier      En maçonnerie en pierres sèches

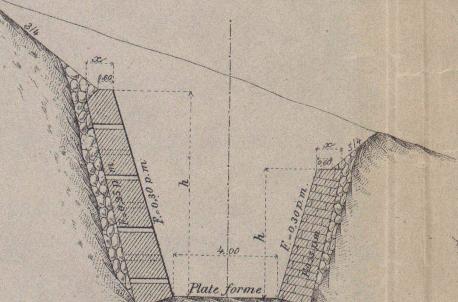
 $x = 0.14 h = 0.60$  $x = 0.20 h = 0.60$ 

Fig. 7. Mur de soutènement en maçonnerie de mortier pour remblai.

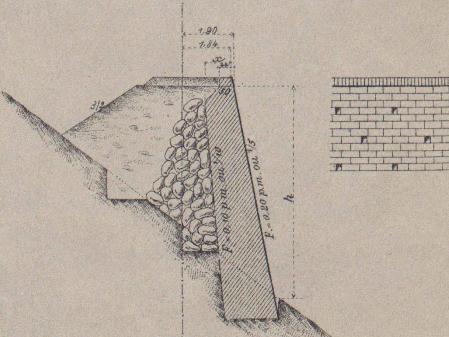
 $x = 0.18 h = 0.50$ 

Fig. 8. Mur de soutènement en maçonnerie de pierres sèches pour remblai.

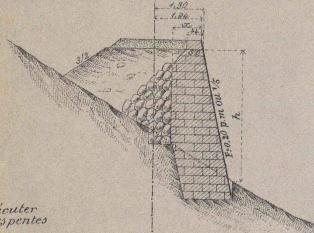
 $x = 0.22 h = 0.70$ 

Fig. 9. Mur de soutènement en maçonnerie de pierres sèches pr remblai.

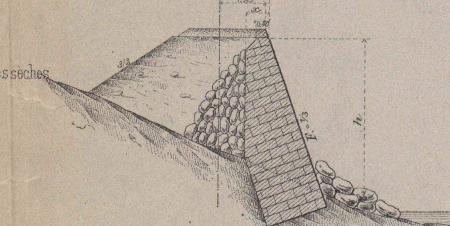
 $PTh = 2^m00 - x = 0.60 - PTh = 2^m - x = 0.70 - PTh = 2^m$  $x = 0.15 h$ 

Fig. 10. Perré en maçonnerie de pierres sèches

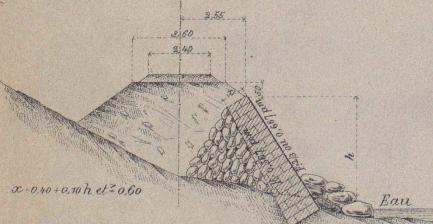


Fig. 11. Mur de pied en maçonnerie de pierres sèches

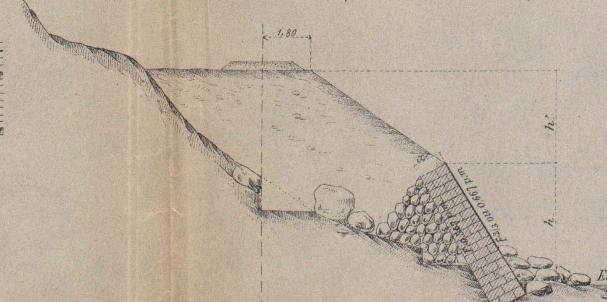
 $x = 0.40 + 0.10 h + 0.05 h = 0.70$ 

Fig. 12. Remblai avec perré de revêtement.

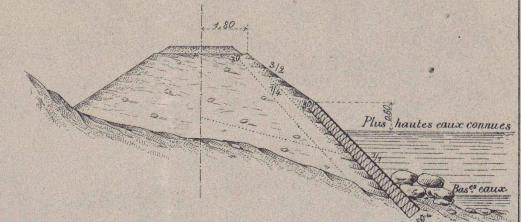


Fig. 13. Passage des cônes d'éboulement

Perré grossier arrangé à la main.

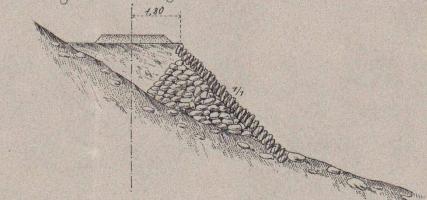


Fig. 14. Tunnel dans le rocher.

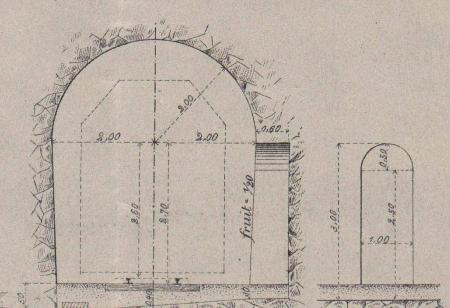
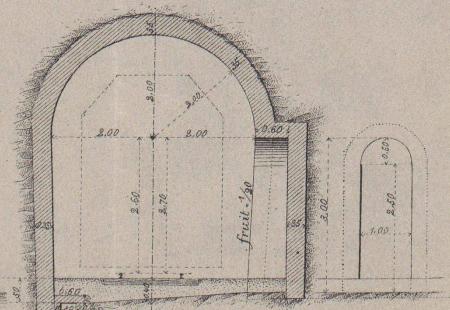


Fig. 15. Tunnel dans la terre ou la roche friable.



Seite / page

leer / vide /  
blank

Ponts et Viaducs

Fig.1 à 4. Viaduc du Mühlbach

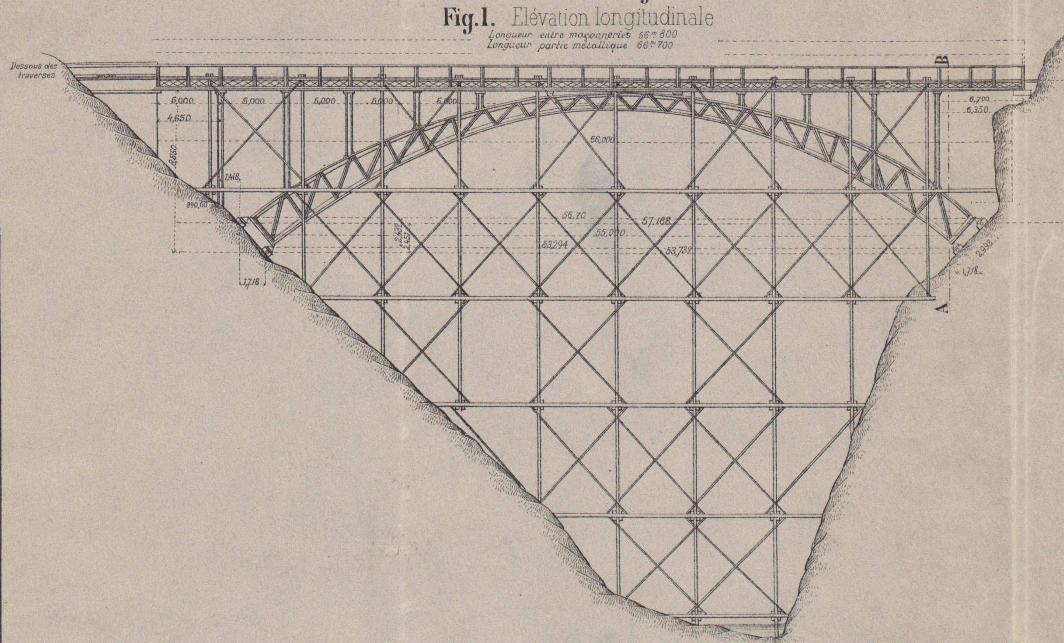


Fig.4 Coupe transversale

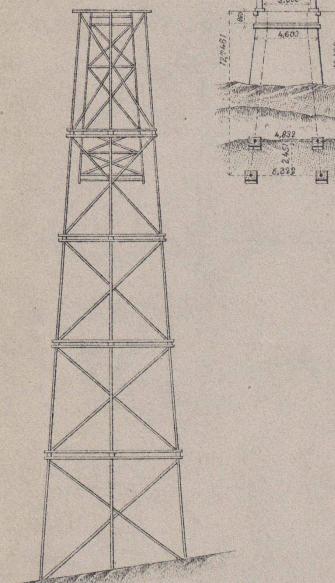


Fig.5 Coupe par AB.

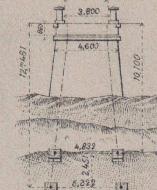


Fig. 5 à 7. Ponts du Faulkin

Fig. 5. Elévation longitudinale

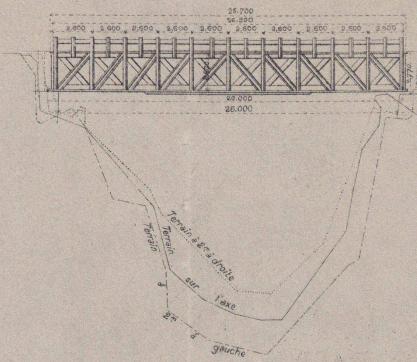
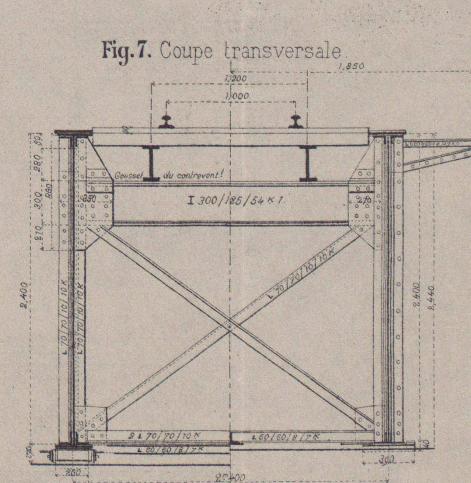


Fig.6. Plan.



Fig.7. Coupe transversale

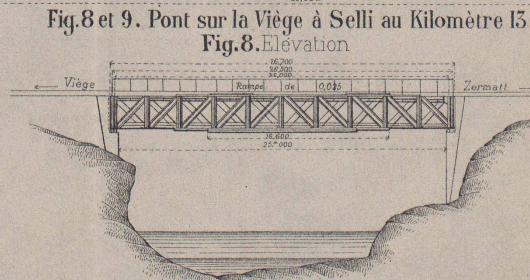
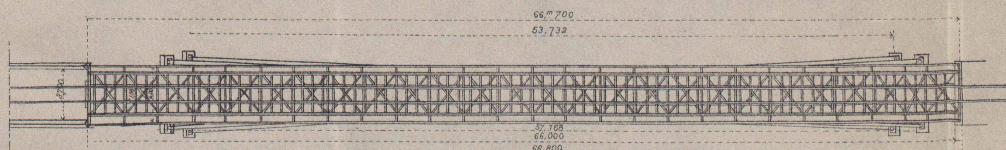


Echelles

Fig. 1,2,3,4,5,6: 0,0025 par mètre

Fig. 7: 0,025 par mètre

Fig. 8 et 9: 0,0025 par mètre



Seite / page

leer / vide /  
blank

LE CHEMIN DE FER DE VIEGE A ZERMATT A VOIE DE 1<sup>m</sup>00 ET A SYSTÈME MIXTE: ADHÉRENCE ET CRÉMALLÈRE (Note par MJ MEYER)

Fig. 1. Coupe longitudinale du châssis de la voiture Type 3, de 2<sup>e</sup> classe, avec compartiments à bagages et postes.

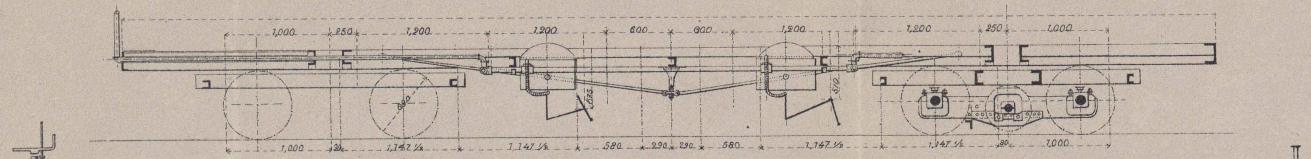


Fig. 2 et 3. Châssis des voitures à voyageurs, Types 1, 2, 4 et 5.

Fig. 2. Coupe longitudinale

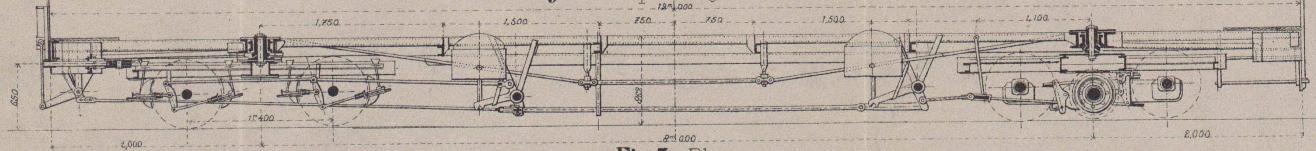


Fig. 3. Plan.

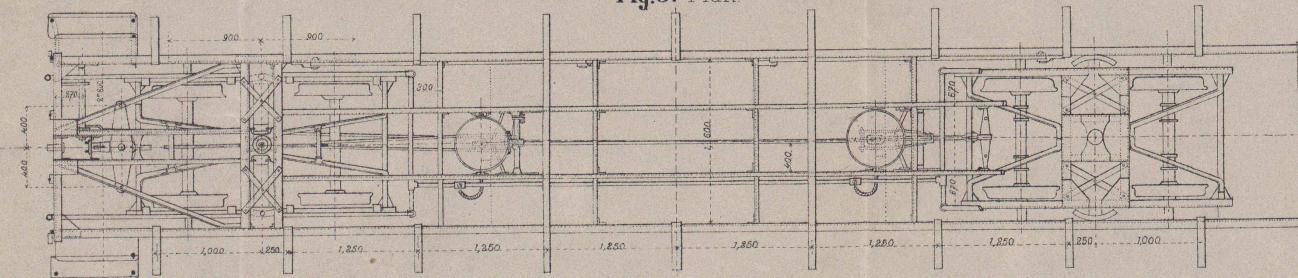


Fig. 6. Coupe transversale

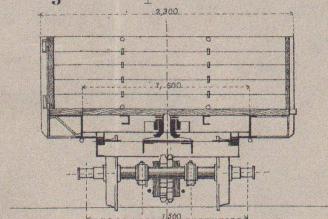


Fig. 20. — Elevation longitudinale

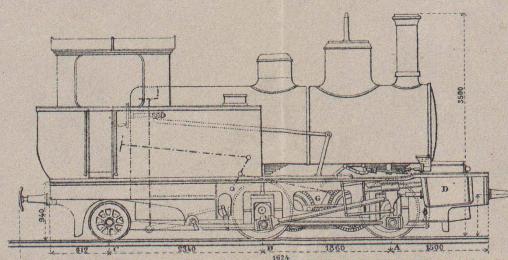


Fig. 22. — Demi coupes par les cylindres et par le dôme

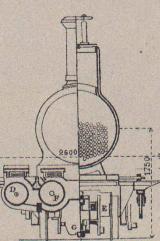


Fig. 21. — Plan

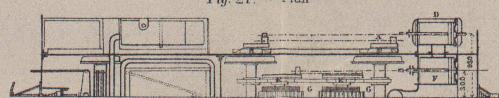


Fig. 20 à 22. — LOCOMOTIVE  
SYSTÈME ABT

Seite / page

leer / vide /  
blank

Sur cette partie se trouve la halte de Täsch à l'altitude de 1441 m. et au kilomètre 29,597.

Au kilomètre 31,080, on franchit de nouveau la Viège par un pont métallique biais de 25 m. de portée (poids des fers, 34900 kg.) et au kilomètre 31,103 commence de nouveau une rampe de crémaillère de 0<sup>m</sup>10 sur 890<sup>m</sup>36. Le tracé est assez accidenté, comportant beaucoup de travaux de perrés et de murs de soutènement.

Vers le kilomètre 33,200 et dans la gorge étroite du Biel, le tracé se rapproche beaucoup de la route ; il est obligé de se disputer la place avec celle-ci, au moyen de murs de soutènement, on a dû la dévier en plusieurs points.

Au kilomètre 34,300 se trouve un tunnel de 35 m. de longueur.

On atteint la gare de Zermatt au kilomètre 35,050, altitude 1609 m. ; elle est située à l'entrée du village, en amont de la route, et près de la chapelle anglaise.

La longueur totale de la ligne est de 35<sup>km</sup>289,67. Nous donnons ci-après la décomposition de cette longueur en alignements et courbes.

Il est à remarquer que les deux courbes exceptionnelles de 50 et 60 m. se trouvent en gares de Viège et de Stalden :

1 courbe de 50 m. de rayon d'une longueur totale de	100 <sup>m</sup> 14
1 » 60 » » » » 15 <sup>m</sup> 11	
108 » 80 » » » » 4 774 <sup>m</sup> 72	
109 » 100 » » » » 5 255 <sup>m</sup> 27	
4 » 110 » » » » 312 <sup>m</sup> 16	
2 » 120 » » » » 146 <sup>m</sup> 15	
1 » 125 » » » » 42 <sup>m</sup> 36	
1 » 130 » » » » 66 <sup>m</sup> 29	
6 » 150 » » » » 364 <sup>m</sup> 23	
18 » 200 » » » » 1 088 <sup>m</sup> 07	
1 » 220 » » » » 169 <sup>m</sup> 33	
1 » 240 » » » » 225 <sup>m</sup> 45	
5 » 250 » » » » 399 <sup>m</sup> 60	
1 » 265 » » » » 241 <sup>m</sup> 68	
2 » 275 » » » » 345 <sup>m</sup> 10	
5 » 300 » » » » 287 <sup>m</sup> 93	
1 » 350 » » » » 104 <sup>m</sup> 86	
3 » 400 » » » » 519 <sup>m</sup> 65	
8 » 500 » » » » 530 <sup>m</sup> 66	
2 » 650 » » » » 254 <sup>m</sup> 70	
2 » 1000 » » » » 168 <sup>m</sup> 33	
282	Longueur totale : 15 411 <sup>m</sup> 79

Les paliers, pentes et rampes se répartissent comme suit :

<i>Paliers.</i>	Longueur totale	5 966 <sup>m</sup> 06
<i>Pentes.</i> de 0,005	100 <sup>m</sup>	
0,0082	219 <sup>m</sup> 89	
0,01	95 <sup>m</sup> 83	
0,0118	476 <sup>m</sup> 20	
0,0132	160 <sup>m</sup>	1 051 <sup>m</sup> 92
<i>Rampe.</i>		
<i>I. En adhérence</i>	0,0015	108 <sup>m</sup> 39
	0,002	181 <sup>m</sup>
	0,0023	289 <sup>m</sup> 78

0,003	75 <sup>m</sup>	
0,004	567 <sup>m</sup> 18	
0,0045	800 <sup>m</sup>	
0,00456	320 <sup>m</sup>	
0,0048	183 <sup>m</sup> 07	
0,005	25 <sup>m</sup> 36	
0,0055	1100 <sup>m</sup>	
0,006	513 <sup>m</sup>	
0,00723	798 <sup>m</sup> 80	
0,00725	603 <sup>m</sup> 75	
0,007875	240 <sup>m</sup>	
0,0093	641 <sup>m</sup> 18	
0,01	1383 <sup>m</sup> 61	
0,00102	291 <sup>m</sup> 18	
0,01043	221 <sup>m</sup> 60	
0,00108	310 <sup>m</sup> 31	
0,0011	288 <sup>m</sup> 82	
0,001183	278 <sup>m</sup> 99	
0,0012	116 <sup>m</sup> 67	
0,00131	90 <sup>m</sup>	
0,00132	193 <sup>m</sup> 75	
0,00137	436 <sup>m</sup> 89	
0,0015	1538 <sup>m</sup> 90	
0,0017	1260 <sup>m</sup>	
0,0018	1122 <sup>m</sup> 66	
0,00192	125 <sup>m</sup> 14	
0,0020	1976 <sup>m</sup> 51	
0,00235	250 <sup>m</sup> 76	
0,0024	316 <sup>m</sup> 71	
0,00242	149 <sup>m</sup> 83	
0,00243	598 <sup>m</sup> 32	
0,0025	4174 <sup>m</sup> 13	21 571 <sup>m</sup> 29
<i>II. En crémaillère.</i>	0,06	384 <sup>m</sup> 64
	0,07	416 <sup>m</sup> 93
	0,075	635 <sup>m</sup>
	0,09	316 <sup>m</sup> 93
	0,10	1481 <sup>m</sup> 87
	0,103	281 <sup>m</sup> 91
	0,12	1589 <sup>m</sup> 28
	0,125	575 <sup>m</sup> 61
		5 682 <sup>m</sup> 17
<i>III. Raccordement des rampes à adhérence avec la crémaillère.</i>	.. . . . .	1 373 <sup>m</sup> 46
Total de la longueur des rampes,		28 626 <sup>m</sup> 92

Toutes les sections à crémaillère sont en rampe ; il n'y en a aucune en contre-pente. Le raccordement des rampes à crémaillère avec les autres rampes s'est fait avec un rayon vertical de 1000 m., sauf les deux rampes aux abords de la station de Stalden, où l'on a dû adopter 750 m. pour ne pas raccourcir davantage le palier déjà très court.

La longueur sur laquelle la crémaillère est posée est de 7<sup>km</sup>450,85 dépassant ainsi de 1768<sup>m</sup>68 la longueur des rampes à crémaillère, à cause de la nécessité de faire déborder la crémaillère, de chaque côté de ces rampes, de la longueur d'un train, soit de 50 m. à l'amont et de 30 m. à l'aval et de poser aussi la crémaillère sur de courtes sections à plus faibles rampes intercalées.

Ces sections de crémaillère sont au nombre de 6.

Nous allons encore donner quelques détails sur l'exécution des travaux :

*Profils-types.* Ces profils sont figurés sur la planche 52. La largeur de la plate-forme en remblai (fig. 1) est en couronne de 3<sup>m</sup>600. En déblai dans la terre (fig. 2) cette largeur est de 3<sup>m</sup>60 sans les fossés et de 5<sup>m</sup>10 avec les fossés de 0<sup>m</sup>20 de profondeur.

Dans certains endroits, on a réduit cette largeur à 4 m. par l'emploi de murettes garde-ballast et de fossés maçonnés (fig. 3); c'est également la largeur prévue dans les tranchées en rocher (fig. 4). Dans les tranchées percées dans la moraine glaciaire compacte, appelée vulgairement *béton* dans le pays (fig. 5), on a pris une largeur de 3<sup>m</sup>90 entre le bas des murs de pied de talus, et on a prévu des talus à 45 %.

Dans les tranchées avec murs de soutènement de chaque côté (fig. 6), on a prévu une largeur de 4 m. entre les pieds des murs. Cette figure donne des indications sur la forme et les dimensions de ces murs.

Il a été fait un grand usage des murs de soutènement en maçonnerie à pierres sèches pour remblais comme l'indiquent les figures 8 à 11 vu la difficulté de transporter la chaux dans ces régions, l'abondance et la bonne qualité des matériaux dans la contrée pour la maçonnerie sèche. Cependant, quand la hauteur de ces murs dépassait 5 m., ou quand la base était exposée aux eaux, on a fait de la maçonnerie à mortier.

Pour toutes les maçonneries, il a été employé exclusivement de la chaux du Theil et toutes les fois que la température s'abaissait de manière à faire craindre des gelées, du ciment Portland.

*Tunnels.* Les tunnels (fig. 14 et 15) ont une largeur de 4<sup>m</sup>30 aux naissances, les piédroits ont un fruit de  $1/20$ . Les naissances sont à 2<sup>m</sup>600 au-dessus du rail. La hauteur totale du tunnel sous clef, au-dessus du rail, est donc de 2<sup>m</sup>600 + 2<sup>m</sup>15 = 4<sup>m</sup>75.

*Ouvrages d'art.* Les maçonneries de parement sont généralement construites en moellons bruts de gneiss ou de schistes cristallins, ce qui pouvait très bien se faire en raison de la bonne qualité de ces matériaux se présentant sous la forme de pierres plates ou litées. Seuls les voussoirs de tête, angles et couvertes d'ouvrages importants, ont été exécutés en pierre de taille. Toutes les maçonneries ont été exécutées avec le mortier de chaux du Theil, qui a été surtout préféré à cause de sa légèreté, élément important en raison de la difficulté exceptionnelle des transports et de ses qualités hydrauliques et de son homogénéité bien connues.

Parmi les grands ouvrages d'art, nous ne donnerons que la description de quelques-uns des plus importants.

*Viaduc de Mühlebach.* Cet ouvrage, le plus important, est représenté sur les figures 1 à 4, planche 53.

La longueur totale entre la maçonnerie des culées est de 66<sup>m</sup>800. La hauteur du rail au-dessus du fond du ravin est de 45 m. La portée de l'arc est de 53<sup>m</sup>732; 8 palées reposent sur l'arc, 2 en dehors de celui-ci, et portent la travée métallique en treillis de 0<sup>m</sup>800 de hauteur avec portées de 5 m., sur laquelle repose la voie.

La même figure indique aussi la disposition intéressante du pont de service, formé de 4 étages de palées en charpente superposées. Le cube des bois de ce pont de service est de 165 m., l'approche en a été des plus difficiles.

Le poids des fers de cet ouvrage est de 81<sup>t</sup>200.

*Pont sur le Ravin du Faulkinn* au kilomètre 9,530. Cet ouvrage est représenté par les figures 5, 6 et 7, planche 53. La portée de la poutre en treillis ou du lattice est de 25 m.; la hauteur de 2<sup>m</sup>60 et le poids de 23<sup>t</sup>800; sa longueur est de 26<sup>m</sup>50.

*Pont sur la Vièze au kilomètre 13.* Nous donnons ce pont qui est représenté par les figures 8 et 9, planche 53, comme un spécimen des cinq traversées de cette rivière. La longueur de la poutre en lattice est de 26<sup>m</sup>50, la portée de 25 m., la hauteur de 2<sup>m</sup>600.

La voie est placée au-dessus; la largeur entre les gardes-corps est de 3<sup>m</sup>700 et la largeur entre les poutres de 2<sup>m</sup>500.

Cette disposition est la même qu'au pont sur le ravin du Faulkinn, décrit précédemment. Le poids des fers est de 23<sup>t</sup>800.

Pour les autres ponts sur la Vièze, la voie était en contrebas, placée sur des pièces de pont reliées par des goussets aux poutres principales écartées de 4 m. d'axe en axe.

Tous ces ponts ont été construits dans les ateliers de MM. Probst, Chappuis & Wolf, à Berne et à Nidau.

#### Superstructure.

*La voie courante* est constituée d'un rail acier de 110 mm. de hauteur, 50 mm. de largeur de champignon, 90 mm. de largeur de patin, 9 mm. d'épaisseur de l'âme. La section est de 31 cm<sup>2</sup>, le moment d'inertie  $i$  en cm<sup>4</sup> = 504, le moment de résistance  $\frac{i}{r} = 96$ , le poids des rails est de 24<sup>kg</sup>2 le m<sup>1</sup>.

Les éclisses sont des éclisses-cornières de 600 mm. de longueur à 4 encoches, pesant 5<sup>kg</sup>494 les intérieures et 5<sup>kg</sup>475 les extérieures. Les boulons d'éclisses, au nombre de 4, pèsent 400 g. l'un. La longueur normale des rails est de 10<sup>m</sup>556 et de 10<sup>m</sup>417 pour la file intérieure des courbes de 80 à 99 de rayon. Dans les courbes minima de 100 m. de rayon et au-dessous, on a pris des rails de 10<sup>m</sup>611 à l'extérieur et 10<sup>m</sup>501 à l'intérieur et dans les courbes de 60 m. de rayon, 5 rails de 10<sup>m</sup>611 à l'extérieur, 5 de 10<sup>m</sup>417 à l'intérieur avec 1 rail de 10<sup>m</sup>556 et 10<sup>m</sup>611.

Ces rails reposent sur 13 traverses métalliques avec joint en porte-à-faux sur une travée de 0<sup>m</sup>490; les secondes travées, après le joint, ont 0<sup>m</sup>635 et les autres 0<sup>m</sup>880.

Les traverses en acier doux, à résistance de 42 à 45 kg. par centimètre carré, ont une longueur de 1<sup>m</sup>850, une largeur de 0<sup>m</sup>234 à la base; la surface de pose a une largeur de 0,410 et une épaisseur de 0,085. Les extrémités ont une inclinaison de  $1/20$  donnée à la presse hydraulique, c'est ainsi également que les extrémités ont été fermées. Ces traverses pèsent 37<sup>kg</sup>800 l'une, soit par m<sup>1</sup> 48<sup>kg</sup>612.

Les rails sont fixés par des boulons à crochet, poids 280 g., et des cales, poids 265 g. et 325 g. (système Roth et Schueler), entre lesquels on a placé des rondelles Grower, poids 28 g.

*La voie à crémaillère.* La disposition de la crémaillère est sensiblement la même que celle du chemin de fer du Harz.

On a adopté la disposition à 2 lames de 25 mm. d'épaisseur pour les rampes de 0,10 et supérieures, et de 20 mm. pour les rampes inférieures à 0,10.

La disposition des pièces d'entrée est un peu différente; elle est représentée par les fig. 1, 2, 3, 4, planche 51.

La fixation de la crémaillère sur les traverses métalliques est la même que celle de la voie courante, c'est-à-dire qu'au lieu des cales et coins comme au Harz, les supports de crémaillère, en acier laminé, sont fixés sur les traverses au moyen de boulons à écrou. (Voir pl. 51.)

*Branchements de voie.* Les changements de voies sont constitués de lames d'aiguilles de 4<sup>m</sup>250 de longueur, rabotées dans un rail spécial en forme de U renversé et plein.

Les sommiers sont formés de rails ordinaires de la voie courante, rabotés, d'une longueur de 5<sup>m</sup>271. Ces aiguilles et sommiers sont fixés sur des traverses métalliques du même équarrissage que celles de la voie courante et de longueurs spéciales dont les plus longues ont 3<sup>m</sup>10 et sont fixées sur ces traverses avec les mêmes attaches que celles de la voie courante, soit avec des boulons à crochet, cales et rondelles Grower. Les branchements sont tracés avec courbe de déviation latérale de 50 m. de rayon et sont symétriques. La longueur entre la pointe de l'aiguille et la pointe mathématique du croisement est de 13<sup>m</sup>832, la tangente du croisement est de 0<sup>m</sup>13 et l'angle du croisement de 7°, 24' 30".

Les croisements ou pointes de cœur sont en un bloc d'acier fondu d'une longueur totale de 1<sup>m</sup>790, reliés par un éclissage aux rails aboutissants et par des boulons à crochets et rondelles Grower sur les traverses métalliques. Ils pèsent 290 kg. par pointe et proviennent des usines de Skoda à Pilzen (Bohème).

*Gares et stations. Gare de Viège.* Cette gare, point de raccordement avec la ligne du Jura-Simplon, a été établie sur un élargissement de plate-forme de la gare de cette dernière Compagnie, au moyen d'un remblai de 20 000 m<sup>3</sup> environ; elle ne comprend pas le bâtiment aux voyageurs, celui de la Compagnie Jura-Simplon servant aussi à la ligne de Viège-Zermatt; elle comprend deux voies principales et une voie d'évitement, une voie à marchandises de transbordement, longeant les quais et voies à marchandises du Jura-Simplon et reliées aux autres voies par une voie spéciale de communication. Une grue à chariot de 6 t. chevauchant sur la voie à marchandise Jura-Simplon, à écartement normal, et la voie Viège-Zermatt à écartement de 1 m. est destinée à faciliter les transbordements.

Une remise pour 4 locomotives avec atelier, de 31 m. sur 10 m., à 2 voies intérieures, avec réservoir et éjecteur actionné par les locomotives en stationnement, pour élévation d'eau dans le réservoir.

Un quai à combustible. Une remise à voitures à 3 voies, de 55<sup>m</sup>20 de longueur et 13 m. de largeur permettant d'abriter en hiver, pendant le chômage de l'exploitation, tout le matériel roulant, constituent les installations de cette gare.

*Station de Stalden.* Cette station comporte une voie d'évitement de 52 m. de longueur utile; une voie de marchandises en cul-de-sac de 23 m. de longueur utile; un bâtiment à voyageurs; un buffet et une halle à marchandises avec quai de chargement.

*Halte de Kalpetran.* Un simple abri-halte sans voie d'évitement et probablement une prise d'eau pour l'alimentation des machines.

*Station de Saint-Nicolas.* Cette station comporte une voie

d'évitement de 120 m. de longueur utile; une voie de cul-de-sac à marchandises de 50 m. de longueur utile; un bâtiment à voyageurs avec halle et quai à marchandises accolés.

*Halte de Herbrigen.* Un simple abri-halte sans voie d'évitement.

*Station de Randa.* Comme celle de Saint-Nicolas. Longueur utile de la voie d'évitement, 80 m.; de la voie de cul-de-sac aux marchandises, 40 m.

*Halte de Täsch.* Comme à Herbrigen.

*Gare de Zermatt.* Cette gare terminus comporte une voie d'évitement de 130 m. de longueur utile prolongée d'un cul-de-sac de 40 m.; une voie de cul-de-sac à marchandises de 70 m. de longueur utile; une voie de mise en tête de 70 m. et des voies d'accès à la remise aux machines et wagons; un réservoir d'alimentation pour locomotives, avec grue; un bâtiment à voyageurs de 15 m. sur 10 m.; un bâtiment pour buffet de 24 m. sur 10 m., ces deux bâtiments reliés entre eux; une halle à marchandise indépendante, de 10 m. sur 6 m. avec un quai de 15 m.; une remise à locomotives et voitures de 30 m. sur 14 m. et un quai à charbon.

#### Matériel roulant.

*Locomotives.* La Compagnie a commandé 4 locomotives du système Abt. Les locomotives de ce système reposent sur les principes suivants dont la solution a été très heureuse :

1<sup>o</sup> Comme certaines parties de la voie sont exploitées par le principe de l'adhérence, que ce principe est excellent et a été développé le plus possible, la machine à crémaillère doit être en même temps la machine à adhérence la plus parfaite possible.

2<sup>o</sup> Les mécanismes d'adhérence et de crémaillère doivent être complètement séparés et indépendants.

3<sup>o</sup> A chaque point de la voie, la machine doit pouvoir développer toute sa force et pouvoir parcourir tranquillement et, avec toute sécurité, des courbes de très petit rayon, sans rencontrer de fortes résistances.

L'aspect extérieur de la locomotive Abt est celui d'une machine tender ordinaire à deux essieux couplés, avec un essieu Bissel à l'arrière (pl. 54). La commande se fait sur l'essieu du milieu par deux cylindres extérieurs.

La distribution est du système Walchaert.

Comme machine d'adhérence, elle développe un effort de 3000 à 4000 kg., au crochet de traction; elle peut donc encore remorquer en toute sécurité un train de 75 tonnes sur des rampes de 30 mm., et, suivant la rampe, atteindre une vitesse qui peut varier de 20 à 35 kilomètres à l'heure.

Le mécanisme de crémaillère est placé entre les deux essieux à adhérence. La machine est pourvue d'un châssis intérieur contre lequel ce mécanisme est attaché. C'est donc à ce châssis intérieur que sont fixés les deux essieux à crémaillère qui sont reliés par un balancier à articulation sphérique et reçoivent leur mouvement d'une seconde paire de cylindres fixés entre le châssis principal extérieur et le châssis intérieur et qui communiquent à ces châssis un raidissement notable.

Le châssis intérieur étant fixé aux essieux à adhérence, les pignons de la crémaillère sont indépendants du jeu des ressorts et sont en prise constante avec la crémaillère.

Chacun des deux essieux à crémaillère porte deux pignons

dentés et de chaque côté de ces pignons deux disques à freins. Ces deux derniers forment une rainure dans laquelle sont guidés les pignons dentés.

Les pignons dentés ne sont pas calés sur leurs essieux, mais y sont fixés au moyen de ressorts en forme de fer à cheval permettant un certain jeu. Si, en raison d'inégalités dans la crémaillère, une pression trop forte est produite sur une dent, le ressort est comprimé et recule un peu et décharge sur les dents voisines l'excédent de pression.

Les deux pignons parallèles sont calés à une demi-denture d'intervalle; vue de côté, une dent d'un pignon se trouve exactement en face d'un intervalle de l'autre.

Les pignons des deux essieux sont aussi calés à l'intervalle d'un  $\frac{1}{4}$  de denture. On obtient ainsi, avec la division adoptée de 120 mm., tous les 30 mm. un nouvel engrènement et que toujours 4 dents engrènent et travaillent simultanément. Il s'ensuit non seulement une marche très tranquille et très douce qui ne se distingue pour ainsi dire en rien de la marche d'une locomotive à adhérence, mais aussi une sécurité absolue.

La locomotive à adhérence travaille sans solution de continuité sur toute la ligne, le mécanisme de crémaillère ne sert que comme renfort pour franchir les fortes rampes là où l'adhérence ne suffirait plus à la propulsion du train.

Tous les 4 cylindres sont alimentés de vapeur par la même chaudière qui ne diffère en rien, comme mode de construction, de celle de toutes les locomotives.

Chaque paire de cylindres a sa distribution propre; ils ont cependant une vis et un volant de distribution communs. Chaque paire de cylindres a son régulateur.

On pourrait croire, au premier abord, que lorsque, dans les fortes rampes, les 4 cylindres travaillent simultanément, la chaudière ne suffirait pas à les alimenter; mais il n'en est rien et il est à considérer que si, par les fortes rampes, la vitesse vient à diminuer, d'un autre côté, le diamètre des roues à crémaillère étant très faible,  $\frac{1}{3}$  du diamètre des roues d'une machine à grande vitesse, ces roues font, dans l'unité de temps et malgré la faible vitesse, un assez grand nombre de tours. Il faut considérer aussi que 4 cylindres travaillant en même temps, la vapeur d'échappement passe simultanément par le souffleur et procure une combustion et partant une vaporisation très active.

L'expérience a largement prouvé que, sur les fortes rampes, ces locomotives ont une production de vapeur très suffisante.

Cette propriété est remplie par la seconde condition et caractérise ces machines comme une bonne et heureuse combinaison de locomotive à adhérence et à crémaillère.

Le mécanisme de crémaillère n'est naturellement mis en action par le mécanicien que là où la crémaillère existe, c'est-à-dire là où il y a de fortes rampes; partout ailleurs il est inutile et l'on n'emploie que l'adhérence.

Mais par là, la troisième condition est remplie, celle d'avoir une bonne machine combinée, parce que lorsque l'on ne se sert pas du mécanisme à crémaillère, la locomotive peut prendre une grande vitesse et déployer tout son effet, tandis que, sur les fortes rampes où l'on doit modérer la vitesse, l'effet utile se traduit en un effort de traction considérable.

La machine possèdant, outre des essieux moteurs, un essieu Bissel, sa surface d'appui est grande et sa marche très stable;

elle peut passer dans des courbes de très petit rayon sans fatiguer la voie.

La sécurité étant, surtout pour les lignes de montagnes, un point capital, le constructeur M. R. Abt a voué un soin tout particulier à l'assurer. Chaque locomotive de son système est pourvue de quatre freins différents :

1<sup>o</sup> Comme pour une locomotive ordinaire, les sabots de freins manœuvrés par une vis, agissent sur tous les essieux adhérents. La vis du frein est manœuvrée par le chauffeur et peut être employé pour les arrêts dans les gares et exceptionnellement en pleine voie.

2<sup>o</sup> Pour régularisation de la vitesse en pleine voie, il y a un frein à air qui fonctionne comme modérable.

Ce frein est appliqué aux deux cylindres à adhérence, au moyen d'une disposition très simple. A la descente, la gravité suffit pour mettre les roues en mouvement, et elles prendraient rapidement une vitesse exagérée si elles ne rencontraient une résistance. On peut facilement imprimer cette résistance aux pistons qui se meuvent avec tout le mécanisme moteur. Si le régulateur est fermé et que les pistons se meuvent dans les cylindres, ils aspirent, à chaque pistonnée, de l'air par le tuyau d'échappement. Si l'on renverse la distribution en sens *inverse* de la marche du train, l'air est bien aspiré, mais ne peut plus s'échapper, le piston le comprime à la prochaine pistonnée, il y aura de nouveau aspiration d'air qui sera de nouveau comprimé avec celui qui était déjà dans les cylindres. Au bout d'un certain nombre de coups de piston, la contre-pression de l'air sera si forte que les roues ne pourront plus se mouvoir.

Mais, comme ce n'est pas ce qu'on cherche pour une simple *modération* de la vitesse, mais seulement pour un arrêt, l'air comprimé est refoulé par les tiroirs et le tube d'admission jusque vers le mécanicien où un robinet permet à celui-ci de le dégager de temps en temps. Ce robinet constitue un régulateur qui est complètement dans la main du mécanicien.

3<sup>o</sup> Les essieux du mécanisme à crémaillère sont munis d'un dispositif analogue qui n'agit naturellement que sur les très fortes pentes et lorsque ce mécanisme est en action.

4<sup>o</sup> Enfin, un frein à ruban très puissant, agit sur les quatre disques qui sont placés à côté des pignons à crémaillère. Ce frein est destiné à suppléer au frein à air, ou en cas d'accident. En outre, les locomotives sont munies de l'appareillage pour actionner un frein continu à vide, système Hardy-Schmidt, dont tous les véhicules sont pourvus, aussi bien ceux à voyageurs que ceux à marchandises.

Ces locomotives ont été construites par la fabrique suisse de locomotives à Winterthur, sur les plans et sous la direction de M. R. Abt, ingénieur, inventeur du système.

Leurs dimensions principales sont les suivantes :

Ecartement des rails . . . . .	1000 mm.
Diamètre du cylindre intérieur (crémaillère) . . .	360 »
Course des pistons . . . . .	450 »
Diamètre des cylindres extérieurs (adhérence) . . .	320 »
Course des pistons cylindres extérieurs . . . . .	450 »
Diamètre des roues d'adhérence au contact . . .	900 »
»                   » porteur (Bissel) au contact	600 »
Ecartement des essieux d'adhérence. . . . .	1960 »
»                   » crémaillère . . . . .	930 »

Ecartement des essieux extrêmes . . . . .	4100 mm.
Diamètre des pignons à crémaillère . . . . .	600 »
Pas de la denture . . . . .	120 »
Surface de chauffe de la boîte à feu . . . . .	6 m <sup>2</sup> 5
» » des tubes . . . . .	59
» » totale . . . . .	65.5
» de la grille . . . . .	1.2
Timbre de la chaudière, atmosphères . . . . .	12
Pression maxima à l'essai . . . . .	18
Nombre des tubes . . . . .	166
Diamètre extérieur des tubes . . . . .	45 mm.
Longueur des tubes . . . . .	2500 »
Epaisseur de la tôle du corps cylindrique . . . . .	13 »
» des plaques de cuivre de la boîte à feu . . . . .	15 mm.
» » tubulaires . . . . .	25 »
Eau dans la chaudière . . . . .	2000 litres.
Contenance des soutes à eau . . . . .	2500 »
» » charbon . . . . .	1000 »
Poids maximum à vide . . . . .	23 500 kg.
» » en service . . . . .	29 000 »
Charge maxima d'un essieu . . . . .	10 250 »

Tout le matériel roulant, voitures à voyageurs et wagons à marchandises, est construit d'après le système américain, et repose sur deux chariots à deux essieux à pivot (bogies); il est muni du mécanisme à crémaillère. Des freins à vide du système Hardy-Schmidt, actionnés, comme nous l'avons dit ci-dessus, depuis la locomotive, agissent sur les deux essieux de chaque chariot, aussi bien des voitures à voyageurs que des wagons à marchandises, ainsi que sur les essieux à crémaillère. Ces freins peuvent aussi être actionnés à main, par des manivelles sur les colonnes de frein à vis placées sur chaque plateforme. On voit donc qu'en ce qui concerne le *freinage*, on a réuni toutes les conditions possibles.

Tout ce matériel est à tamponnage central, la tige de traction passant au milieu du tamponnage.

*Voitures à voyageurs.* Tout le matériel à voyageurs est du système américain avec couloir central d'intercommunication et plate-forme à escaliers aux deux extrémités. Il n'y a que deux classes et le nombre de véhicules se répartit comme suit :

N°	Nombre	Classe	Places	Longueur entre tampons.	Longueur de châssis.	Longueur de caisse.
1	2	II <sup>e</sup>	48	12m900	12m	10m500
2	2	II <sup>e</sup> et III <sup>e</sup>	24, II <sup>e</sup> et 32, III <sup>e</sup>	12m900	12m	10m500
3	3	II <sup>e</sup>	16 <sup>1</sup>	12m900	12m	10m500
4	4	III <sup>e</sup> fermée	56	12m900	12m	10m500
5	2	III <sup>e</sup> ouvertes	56	12m000	12m	10m500

Les poids à vide de ces véhicules sont :

Pour le N° 1	7000 kg.
» » 2	7800 »
» » 3	8000 »
» » 4	7500 »
» » 5	6000 »

Toutes ces voitures sont combinées de manière à avoir quatre places dans le sens de la largeur, soit deux de chaque côté du couloir.

Les véhicules indiqués ci-dessus sous le N° 3 contiennent

<sup>1</sup> Et compartiments pour postes et bagages.

un compartiment pour le service postal, de 2 m. de longueur; un compartiment pour bagages de 3m600 de longueur; un compartiment fermé de 2m40 de longueur à 12 places de II<sup>e</sup> et une plate-forme de 1m50 de longueur formant bréck à 4 places.

*Wagons à marchandises.* Les wagons à marchandises couverts, au nombre de 2, ont une longueur de 11m100 entre tampons, de 10m200 entre les traverses de tête des châssis, une longueur de caisse de 9 m. De chaque côté, il y a une plate-forme de 600 mm. accessible par escalier. La charge est de 12 tonnes.

Les wagons ouverts, au nombre de 2, ont une longueur de 10m400 entre les tampons, de 9m500 entre les traverses extrême des châssis, de 9 m. de longueur de caisse. D'un seul côté se trouve une plate-forme de 600 cm., accessible par escalier, et avec colonne de frein à vis. La hauteur des parois est de 700 mm. La charge de 12 000 kg.

Nous donnons sur la planche 54 le dessin des châssis qui est le même pour le matériel à voyageur ou à marchandises. Ils ont une longueur de 12 m.

Ce matériel a été construit dans les ateliers de la Société industrielle suisse à Neuhausen, près de Schaffhouse, d'après les indications et sous le contrôle de M. R. Abt, ingénieur.

#### Exploitation.

L'exploitation de cette ligne n'est prévue que pour la saison d'été, soit du 1<sup>er</sup> juin au 30 septembre.

Exceptionnellement et suivant la précocité de la saison ou la persistance du beau temps en automne, le Département fédéral des chemins de fer s'est réservé de prescrire le commencement de l'exploitation un peu plus tôt que le 1<sup>er</sup> juin ou son prolongement un peu au delà du 30 septembre.

Les tarifs de la concession prévoient un prix de 16 fr. par voyageur de II<sup>e</sup> classe et de 10 fr. par voyageur de III<sup>e</sup> classe (il n'y a que deux classes) pour le parcours complet. Il a été postérieurement accordé le droit de percevoir une surtaxe de 5 fr. pour les places de luxe (terrasses).

Les parcours intermédiaires seront taxés proportionnellement. Dès le 1<sup>er</sup> juin 1890, la Compagnie du Jura-Simplon a organisé des trains rapides en correspondance avec la ligne Viège-Zermatt et faisant en 3 heures 12 minutes le trajet de Lausanne à Viège au lieu de 6 heures 17 minutes que prenait ce trajet avec les trains ordinaires. Des billets directs seront délivrés pour Zermatt, non seulement à partir des principales gares suisses, mais probablement d'un certain nombre de gares étrangères, notamment au départ de Paris.

Un contrat passé en 1889 entre la Compagnie de Viège-Zermatt et la Compagnie de la Suisse-Occidentale-Simplon, à laquelle a succédé, ensuite de la fusion avec la Compagnie du Jura-Berne-Lucerne, celle du Jura-Simplon, a chargé cette dernière Compagnie de l'exploitation de la ligne aux conditions ci-après :

Le prix de l'exploitation se compose :

a) D'une allocation fixe par kilomètre de ligne calculée sur la longueur réelle de la ligne, arrondie à l'hectomètre supérieur,

De 2400 fr., si la recette brute est de 10 000 fr. ou au-dessous par kilomètre.

De 2500 fr., si la recette brute est de 10 001 à 11 000 fr.	
» 2600 » » » 11 001 à 12 000 »	
» 2700 » » » 12 001 à 13 000 »	

et ainsi de suite, l'allocation étant augmentée de 100 fr. par chaque 1000 fr. d'augmentation kilométrique.

b) Une allocation de 1 fr. 45 pour chaque kilomètre de trains remorqués par une seule machine; 2 fr. 50 par kilomètre de train remorqué par deux machines; 1 fr. 05 par kilomètre parcouru par les machines circulant isolément.

Pour fixer les idées, supposons une recette brute de 15 000 fr. par km. ayant donné lieu à 35 000 km. de trains. Les frais s'établiront comme suit : 2900 fr.  $\times$  35<sup>km3</sup> + 35 000  $\times$  1.45 = 153 120 fr., soit par km. :  $\frac{153,120}{35.3} = 4360$  fr. ou 29 % de la recette brute.

#### Avancement et situation des travaux.

Les travaux ont commencé en novembre 1888 sur les quatre premiers kilomètres, à partir de Viège, sur lesquels le service technique de la Suisse-Occidentale-Simplon avait terminé les études et qui est commun aussi avec le tracé à crémaillère. Au fur et à mesure que les études définitives du nouveau projet à crémaillère dont la régie cointéressée s'était chargée se terminaient et qu'on pouvait procéder aux expropriations, on ouvrait de nouveaux chantiers.

Actuellement la ligne, sauf quelques petits parachèvements et règlements, est terminée jusqu'à Saint-Nicolas. Elle a été ouverte à l'exploitation jusqu'à Stalden le 1<sup>er</sup> juillet et jusqu'à Saint-Nicolas le 27 août 1890. C'est déjà un grand allègement pour les voyageurs, puisqu'on évite ainsi la partie la plus pénible du trajet, où il n'existe pas de route, et que depuis Saint-Nicolas on peut aller à Zermatt en voiture. Aussi dès les premiers jours de l'ouverture l'affluence a-t-elle été grande, allant jusqu'à 400 à 500 voyageurs transportés par jour.

Les travaux sont attaqués sur tout le parcours entre Saint-Nicolas et Zermatt et sont très avancés. Les maçonneries de presque tous les ouvrages d'art sont terminées. On compte que, jusqu'à la fin de cette campagne, la voie définitive sera posée jusqu'à près de Randa, kilomètre 25.

Le nombre maximum d'ouvriers occupés simultanément était de 2057, fin mai 1890. La ligne entière jusqu'à Zermatt sera remise à l'exploitation le 1<sup>er</sup> juin 1891.

La construction de la ligne de Viège-Zermatt est une œuvre à laquelle les membres de la Société vaudoise des ingénieurs et architectes ont pris une grande part. Nous avons, dans notre note précitée de 1888, page 122, indiqué les noms de ceux qui ont coopéré aux premières études faites par le service technique de la Suisse-Occidentale-Simplon<sup>1</sup>: MM. J. Chappuis\* et Stockalper avaient comme collaborateurs pour l'exécution de la ligne : M. Freymond\*, chef de service; MM. Rey\*, Busset\*, Morin\*, Bron\*, chefs de section; et comme conducteurs de travaux : MM. Delisle\*, Déglyse, Rynck fils, Pidoux\*, d'Alèves, Massard, Bollens\*, Durand\*, Bron\*, Nicole\*. Ajoutons M. Wolff\*, associé de M. Chappuis, qui a construit les

<sup>1</sup> Tous les noms précédés d'un astérisque sont ceux des membres de la Société vaudoise ou d'anciens élèves de la faculté technique de Lausanne, qui a fait le 12 mai 1890 sa course annuelle, au nombre de plus de quarante, sur cette ligne.

ponts. Le contrôle a été exercé par M. Meyer\*, ingénieur en chef du Jura-Simplon, et M. Perey\*, ingénieur-chef du bureau technique de cette Compagnie, qui avaient comme agents sur place MM. Dapples\* et de Wek\*, ce dernier remplacé par M. Rynck père.

#### LES EAUX DU LÉMAN A PARIS

par R. Guisan, ingénieur.

L'alimentation de Paris en eaux potables est une question importante. Il y a quarante ans, une quantité de 60 litres par jour et par habitant était jugée suffisante et Paris disposait alors de 69 litres. Dès lors la population s'est considérablement accrue et l'on a dû amener à Paris de nouvelles sources, entre autres celles de la Dhuis et la Vanne.

Aujourd'hui Paris possède par jour : en eaux de sources 140 000 m<sup>3</sup>., en eaux de rivières ou de canaux 450 000 m<sup>3</sup> soit 220 litres par habitant. Cette quantité est généralement jugée suffisante pour les villes de moyenne importance, en fixant comme suit les divers besoins :

Usages domestiques . . . . .	75 litres
Etablissements industriels . . . .	50 »
Services publics . . . . .	30 »
Fontaines. . . . .	65 »

Total . . . . . 220 litres.

Mais les exigences d'une ville comme Paris sont tout exceptionnelles. Avec ses deux millions trois cent mille habitants (et plus de trois millions en y ajoutant la banlieue), formant 810 000 ménages, ces 140 000 m<sup>3</sup> d'eau de source par jour, ne font que 61 litres par habitant. Dans une métropole de cette importance, il faut tenir compte du nombre considérable des établissements industriels, de l'extension exceptionnelle que prennent les divers services publics, voirie, abattoirs, hôpitaux, lycées, casernes, parcs, jardins, etc. Il est indispensable d'y ajouter le lavage des égouts; ceux-ci entraînent à la Seine un liquide épais, sursaturé de matières organiques solides qui se déposent au fond ou sur les bords du fleuve, en infectant les environs. On a essayé d'obvier à ce danger en établissant dans la presqu'île de Gennevilliers un système d'épuration des eaux d'égout par infiltration. Les matières infectieuses en suspension dans ces eaux représentent *annuellement* le volume énorme de trois cent mille mètres cubes. Cela suffirait pour former une couche de 5 mètres d'épaisseur sur toute la place de Beaulieu. On comprend que la presqu'île de Gennevilliers ne va pas tarder à être sursaturée, aussi pense-t-on à créer un aqueduc évacuateur de Paris à la mer, lequel coûtera cher et sera d'un difficile fonctionnement.

Pour rendre à la Seine son rôle naturel d'évacuateur des eaux d'égout de Paris, il faut augmenter le volume de ses eaux et pour cela doter les maisons et les rues d'une quantité d'eau bien supérieure à celle dont on dispose maintenant et qu'il faut bien se résoudre à aller chercher au loin.

Dans cet ordre d'idées, M. Guillaume Ritter avait, il y a quelques années, étudié un projet pour amener à Paris les eaux du lac du Neuchâtel<sup>1</sup>. Il comportait 118 500 m. de ponts-

<sup>1</sup> Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft in Solothurn, 1888, page 209.