Zeitschrift: Rapport de la Direction et du Conseil d'Administration du Chemin de Fer du Gothard

Herausgeber: Gotthardbahn-Gesellschaft Luzern

Band: 5 (1876)

Rubrik: Construction de la ligne

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: 16.07.2025

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

V. Construction de la ligne.

L'*organisation du service technique* a subi de nombreux changements pendant l'exercice qui nous occupe, et par suite l'*état du personnel de la direction technique* a été successivement réduit.

Au commencement du premier trimestre, la section d'études qui existait à Bellinzona pour la ligne Giubiasco-Camignolo (Monte Cenere) a été fondue dans celle de Lugano pour les lignes Camignolo-Lugano et Cadenazzo-Pino, cette dernière n'ayant plus autant à faire avec les travaux de parachèvement et la liquidation des comptes pour la ligne Lugano-Chiasso. Vu l'exécution avancée des bâtiments des lignes tessinoises de plaine, le personnel de la section d'architectes a pu aussi être considérablement réduit. Les avant-projets pour les rampes d'accès au tunnel du Gothard et pour les lignes subalpines, qui jusqu'alors avaient exigé un grand nombre d'ingénieurs, ayant été terminés au commencement de l'année, il a été pareillement possible de procéder aussi dans cette branche à une réduction du personnel technique des sections. Par suite de ces réductions, le personnel technique ne comptait plus au commencement du second trimestre que 287 fonctionnaires et employés, au lieu de 342 qui se trouvaient en service au commencement de l'année. Lorsque, dans le courant de l'été, une grande partie des décomptes relatifs aux lots des lignes tessinoises de plaine et aux travaux de parachèvement de ces lignes furent près d'être bouclés, on reconnut que l'Inspection établie à Bellinzona pour les lignes du versant sud n'était plus indispensable, puisque dans l'intervalle le tracé pour les dites lignes avait aussi été étudié et arrêté en principe et qu'une surveillance et une impulsion directes n'étaient plus nécessaires pour les études de détail et l'élaboration des projets; l'Inspection de Bellinzona fut par conséquent supprimée au commencement du troisième trimestre. Après l'achèvement des plans topographiques nécessaires pour déterminer l'axe de la ligne, les travaux topographiques se trouvaient, eux aussi, toucher en général à leur terme. Il ne restait plus que les travaux purement géométriques pour l'achèvement des plans parcellaires, lesquels pouvaient le plus convenablement s'exécuter en même temps que les travaux relatifs aux projets détaillés et qui par conséquent devaient être placés sous la direction des ingénieurs chefs des sections respectives. La tâche de la section topographique du bureau technique central était dont achevée et la dite section fut dissoute en Juin. Après que, vers la fin de Septembre, le projet détaillé eut été provisoirement fixé, il devint possible de procéder à une nouvelle réduction du personnel technique, en sorte qu'à la fin de l'exercice de 1876 il ne comptait plus que 159 personnes. Dans ce nombre sont compris, outre l'Ingénieur en chef, son Remplaçant et l'Inspecteur des tunnels, 116 ingénieurs, architectes, géomètres, géologues, aspirants et dessinateurs, ainsi que 40 commis, surveillants, magasiniers et garçons de bureau. Parmi ces fonctionnaires et employés, il y en a 43 occupés au bureau technique central à Zurich et au bureau des architectes à Lucerne, 43 sur le versant nord du Gothard et 73 du côté sud.

Passant aux *travaux techniques préalables*, nous devons mentionner d'abord l'établissement d'ultérieures *normes de construction*.

Nous avons parlé dans notre précédent rapport des neuf profils-types qui ont été fixés de concert avec l'entrepreneur et approuvés par le Conseil fédéral pour l'excavation et le revêtement du grand tunnel du Gothard. Au commencement de l'exercice qui nous occupe, ces profils ont subi quelque modification. Le changement consiste en ce que les pieds-droits dans les profils avec voûte en plein-cintre

sont verticaux sur la face tournée à l'intérieur du tunnel, et que leur accroissement d'épaisseur vers la base est reportée du côté du dos. On gagne ainsi de la place à l'intérieur du tunnel, et l'aqueduc qui s'appuie contre le pied-droit ouest se trouve plus éloigné de la voie que cela n'eût été le cas avec des pieds-droits non verticaux à l'intérieur. Le Département fédéral des Chemins de fer et du Commerce renonça provisoirement à soumettre cette modification au Conseil fédéral, mais il consentit à ce que la maçonnerie du côté d'Airolo fût exécutée d'après ces profils modifiés, vu la largeur exceptionnelle que doit y avoir l'aqueduc. D'autres modifications des profils-types, en vue d'une moindre épaisseur de la maçonnerie des pieds-droits et d'une économie correspondante sur le coût, ne purent pas être concertées dans le courant de l'exercice avec l'entrepreneur, à cause du procès que ce dernier avait intenté dans l'intervalle à la Compagnie. Toutefois les tractations y relatives ont été reprises aussitôt que le procès eût été suspendu et ont abouti.

Il a été établi dans le courant de l'exercice diverses normes pour les lignes du Gothard qu'il reste encore à exécuter.

Ces normes s'appliquent à l'épaisseur des murs de soutènement et de revêtement, aux dimensions des voûtes et pieds-droits pour ponts et ponceaux, au profil en travers de la ligne à simple et double voie en remblai et en tranchée dans les terrains peu consistants et dans le roc avec ou sans emploi d'accotements en pierre, à la construction des digues en terre et en pierres, à la disposition et à l'épaisseur des murs de soutènement en pierres sèches et en maçonnerie de mortier, à l'exécution des tranchées dans les diverses natures de roches et à la disposition des murs de revêtement, ainsi qu'aux travaux protecteurs contre les chutes de pierres, à l'excavation et au revêtement des tunnels à simple et à double voie dans les diverses natures de roches, à la construction des ponceaux et ponts couverts d'une dalle ou voûtés, à celle des ponts et ponceaux sur travées en fer suivant les diverses positions de la voie, aux conditions relatives à la construction, à l'exécution et à l'épreuve des ponts en fer, ainsi qu'à leurs dimensions principales, à la surélévation du rail extérieur dans les courbes, à la voie sur les sections de montagne et de plaine de la ligne du Gothard et aux bâtiments des stations.

L'établissement de ces normes demeura toutefois pour le moment l'affaire de la Direction technique et elles ne furent pas arrêtées d'une manière définitive, mais seulement sous réserve des modifications qui paraîtraient opportunes après plus ample étude et information, ainsi qu'après les observations recueillies dans chaque cas particulier lors d'une élaboration plus avancé du projet détaillé. Elles furent néanmoins communiquées au Département fédéral des Chemins de fer et du Commerce pour être soumises à la Commission des experts fédéraux chargés d'examiner les plans et les devis de M. l'Ingénieur en chef Hellwag et de donner leur préavis à ce sujet, et furent approuvées par la dite Commission à l'exception d'une prescription relative à la largeur de la ligne. Tandis que la Direction technique s'en était tenue jusque là pour les sections à simple voie à une largeur de 4,15 mètres en couronne pour les remblais et à une largeur minimum de 6,80 pour les tranchées dans le roc, la Commission recommanda une largeur de 4,05 mètres en couronne pour les sections en plaine et de 4,25 mètres pour les sections de montagne, avec une largeur minimum de 6,40 mètres pour les tranchées dans le roc. Il a été tenu compte de cette modification des normes dans l'élaboration ultérieure du projet détaillé et dans les préparatifs pour la construction.

En ce qui regarde la fixation des *plans de construction*, nous devons mentionner d'abord ce qui a été fait l'année dernière pour la détermination du *tracé de la ligne*.

Nous avons dit, dans notre précédent rapport, que le nouvel Ingénieur en chef s'était vu obligé de soumettre à une révision et à une transformation fondamentales, tant au point de vue de l'économie sur le coût qu'à celui de la sécurité du service, l'avant-projet que lui avait laissé son prédécesseur, M. Gerwig, et que à la fin de l'année 1875 la Direction technique était occupée à récapituler les résultats des études y relatives. M. l'Ingénieur en chef Hellwag a présenté le 3 Février 1876 le nouvel *avant-projet* accompagné d'une description détaillée tant générale que spéciale de la ligne, ainsi que d'un devis approximatif.

En présence du surcroît énorme de coût qui résultait de ce devis approximatif, les travaux techniques ultérieurs concernant le projet durent tendre à rechercher toutes les restrictions qu'il serait possible d'introduire et à en examiner l'admissibilité de la portée.

Cette tendance donna lieu à une série d'études.

L'avant-projet de Février étant basé sur le programme fixé par le Traité international qui, en ce qu'on exigeait dans la construction du chemin de fer du Gothard, va jusqu'à la limite extrême de ce qu'on peut demander d'une grande artère internationale dans un état de complet développement du trafic, les moyens qui se présentaient pour réduire le capital de construction en raison des circonstances actuelles, étaient nombreux et variables suivant le point de vue auquel on se plaçait. En général toutefois on pouvait se proposer: 1° des réductions provisoires dans les travaux susceptibles d'être complétés à mesure que le trafic se développera; 2° des réductions ou des modifications durables dans l'établissement de la ligne; 3° la substitution provisoire ou durable d'autres moyens de transport sur certaines sections; 4° l'ajournement ou l'abandon de sections entières.

En ce qui concerne la ligne alpine proprement dite (Fluelen-Biasca) on commença par constater au moyen de tableaux imaginaires de la marche des trains répondant au trafic présumable de la ligne du Gothard, que pour la première période de l'exploitation, une seule voie serait parfaitement suffisante. Il était pareillement hors de doute qu'on pouvait se borner à n'exécuter d'abord que les terrassements pour une seule voie, sauf en ce qui regarde les tunnels et les travaux d'art principaux, sur les sections où les inconvénients d'une exécution ultérieure des travaux complémentaires pouvaient être considérés comme balancés par les avantages d'une économie d'intérêts sur la partie du capital de construction qu'on éviterait d'employer dès le début. On pouvait aussi sans hésiter laisser de côté pour le moment les travaux tels que les têtes monumentales du grand tunnel, n'exécuter que des bâtiments provisoires pour commencer et restreindre dans les premiers temps les acquisitions de matériel roulant.

Ensuite, il était possible d'introduire des restrictions d'une nature durable sans ôter à la ligne son caractère d'artère de premier ordre. D'après l'expérience faite sur d'autres lignes de montagne déjà en exploitation et qui présentent des rampes de 25 ‰ et au-dessus, ainsi qu'en tenant compte des conditions climatériques relativement favorables de certaines sections de plaine, on pouvait sans hésitation porter à 26 ou 27 ‰, au lieu de 25, le maximum de rampe, de même qu'il est sans influence sensible pour l'exploitation que là où il en résultera une économie particulière de frais de construction, on introduise des courbes d'un minimum de rayon de 280 mètres, au lieu des 300 mètres fixés par le Traité international.

De semblables moyens en vue de la réduction des frais de construction étaient admissibles aussi pour les lignes de raccordement en deçà et au delà des Alpes. En employant des rails en fer au lieu de rails d'acier, en ne construisant que des bâtiments provisoires et en restreignant les expopriations projetées pour les grandes stations, on ne portait aucune atteinte durable au caractère de la ligne. Il paraissait également admissible de réduire quelque peu les éléments de construction des lignes subalpines sans qu'il en résultât de préjudice dans leur relation avec ceux des rampes d'accès. Enfin, il

restait à examiner s'il n'y aurait pas lieu de n'exécuter aussi que pour une seule voie les tunnels des sections de plaine de la ligne principale (Arth-Fluelen et Cadenazzo-Pino).

Outre les études relatives aux diverses modifications que nous venons d'émunérer et qui avaient pour but de recueillir des données positives pour l'élaboration d'un programme fixe touchant le projet détaillé, il y eut encore maintes études à faire principalement par suite des nombreuses propositions reçues concernant l'application de divers systèmes exceptionnels de voies ferrées destinés à remplacer les constructions dispendieuses auxquelles on est obligé d'avoir recours sur certaines sections des rampes d'accès pour donner à la ligne un développement artificiel, ainsi que relativement à la possibilité de remplacer les lignes riveraines des grands lacs par des bateaux-railway.

Tout en étudiant les diverses modifications qui pouvaient être introduites en vue d'une réduction du capital de premier établissement, c. à d. tout en recueillant les données et procédant aux calculs, en élaborant des avant-projets pour de fortes rampes à substituer à la voie ordinaire sur les tronçons Pfaffensprung-Goeschenen, Fiesso-Polmengo et Lavorgo-Giornico, en étudiant le coût de ces fortes rampes suivant qu'on y appliquerait les systèmes Riggenbach, Wetli, Agudio, Fell ou Fairlie, en élaborant des projets pour les bateaux-railway entre Lucerne et Fluelen, Küssnacht et Fluelen, Brunnen et Fluelen, sur le lac des Quatre-Cantons, et Mappo-(Gordola)-Arona sur le lac Majeur, en établissant des devis pour le coût de premier établissement et les frais d'exploitation de ces bateaux-railway, et en démontrant en outre, sur l'invitation du Conseil fédéral, quelles seraient les aptitudes d'une ligne entièrement à une seule voie et quel en serait le coût, il fallut continuer sans interruption à travailler dès le commencement de l'année à l'élaboration du projet détaillé basé sur le tracé qui avait été arrêté à la fin de l'année précédente.

Après que le nouveau tracé eût été déterminé d'une manière générale en se basant pour cela sur des relevés rationnels et adaptés aux conditions locales, tout en utilisant les levés topographiques qui avaient déjà été dressés précédemment, on se servit de ce tracé comme base d'opération sur le terrain, pour y procéder à de nouveaux relevés détaillés et obtenir ainsi des données positives, concordantes avec la nature, afin de corriger le tracé, projeter la construction de la ligne, des nombreux travaux d'art plus ou moins considérables qu'elle comporte, et régler les autres détails de construction, de manière à pouvoir dresser immédiatement, d'après le programme basé sur les études susmentionnées relatives à la plus grande réduction possible du coût, un *projet détaillé* qui fournisse une certitude complète touchant l'exactitude des frais de construction qui n'étaient jusqu'ici calculés qu'en bloc. Dans l'intervalle, on continua aussi les fouilles et les relevés destinés à la fixation de normes adaptées aux conditions, à l'analyse des prix, ainsi qu'à l'établissement de ces prix et des tableaux, de sorte que déjà en Mai on pouvait promettre pour le mois d'Août, tout au moins sous une forme provisoire, le projet détaillé et les devis y relatifs, qui purent être achevés en effet au mois de Septembre.

Ce projet détaillé, comparé avec l'avant-projet qui, comme nous l'avons dit, se basait encore sur le programme fixé par le Traité international, présente en principe les modifications suivantes :

Le maximum de rampe a été porté de 25 ‰ à 26 ‰ sur les sections Silenen-Pfaffensprung, Fiesso-Lavorgo et Giubiasco-Robasacco, et de 10 ‰ à 12 1/2 ‰ sur la section Bodio-Biasca; par contre il a été réduit de 12 ‰ à 10 ‰ sur la section Lucerne-Meggen. Le rayon minimum des courbes a été réduit à 280 mètres en certains endroits où les conditions du terrain rendaient excessivement difficile le développement d'une courbe de 300 mètres de rayon. Ce n'est que sur la ligne du Monte Cenere qu'il a été fait une application plus fréquente de courbes d'un rayon de 280 mètres. Les sections Silenen-Gurtnellen, Airolo-Fiesso et Faido-Lavorgo, ont été projetées à une seule voie, sauf les tunnels, les ponts

principaux et les murs de soutènement. Sur la section Silenen-Wasen, au lieu des deux stations auxiliaires d'alimentation de Inschi et de Pfaffensprung, on a intercalé une station de garage et d'évitement près de Gurtnellen. Sur la section Airolo-Faido, les stations de Piotta (Ambri) et de Fiesso ont été portées plus en aval, afin d'éviter la construction d'une station auxiliaire d'alimentation entre Fiesso et Faido. En outre, on a renoncé à la réduction de pente d'environ 200 mètres près de Giornico, la station auxiliaire d'alimentation qui y était projetée a été reportée à 1,9 kilomètre plus près de Lavorgo, et la station précédemment projetée à Lamone a été reportée en amont vers Taverne.

Indépendamment des modifications de principes qui viennent d'être mentionnées comme introduites dans le projet détaillé, ce dernier a subi aussi dans ses détails une série de modifications motivées par le travail d'ensemble, par les plans plus complets et les données plus précises qu'on avait obtenues dans l'intervalle et par une connaissance plus approfondie de toutes les conditions.

Nous mentionnerons les principales de ces modifications, en commençant par les rampes d'accès.

Entre Amsteg et Gurtnellen, il a été possible d'atteindre un terrain plus favorable, ce qui a permis d'introduire d'importantes simplifications dans le corps de la ligne. Au lieu de franchir le torrent de Calcaccia en souterrain, sur la section Airolo-Piotta, on a projeté un aqueduc et l'on a reporté le torrent en tranchée. Sur la section Ambri sopra-Fiesso-Dazio grande, on a complètement transféré le tracé. Le passage du Tessin près Polmengo a été reporté en amont de la croisée de la route, au lieu d'être en aval. Sur la section Faido-Chiggiogna-Fedoccio, la ligne a été entièrement soustraite aux chutes de pierres. Le long de l'éboulement de Calonico, la ligne a été reportée à droite de la route. L'axe de la station de Lavorgo et de la section qui lui fait suite a été placé plus favorablement. Au tunnel de la Lume, on a évité autant que possible les moraines, et au tournant de la route de Biaschina, on a épargné un grand viaduc en transférant la ligne. Sur la section comprise entre le passage supérieur et le passage inférieur du Tessin, près Giornico, on a pu, en plaçant plus convenablement le pont supérieur sur le Tessin, éviter d'entamer profondément les pentes morainiques de St-Pellegrino et, en outre par des modifications essentielles du tracé et de la construction, on a introduit de grandes simplifications. Le dépôt de machines à Bodio a été réduit dans ses dimensions et soustrait aux débordements du Vallone, ce qui rend inutile les travaux de défense prévus pour le protéger contre le torrent. Le niveau de la section Bodio-Poleggio a été abaissé et l'on a réduit les dimensions du remblai.

Quant aux modifications du projet relatives aux lignes subalpines, on s'est placé, pour la gare de Lucerne, encore plus que dans l'avant-projet au point de vue que la Compagnie du Gothard doit simplement pourvoir d'abord à ses propres besoins, toutefois de manière à ne pas exclure la possibilité d'une entente ultérieure au sujet d'une extension de la gare qui la rendrait propre à servir de gare commune pour toutes les lignes aboutissant à Lucerne, ni à rendre plus difficile la réalisation d'un tel projet. En outre, dans le projet détaillé, on a introduit encore des restrictions importantes vis-à-vis de l'avant-projet. Sur la section Zug-Arth, on a pu éliminer trois des quatre tunnels de l'avant-projet. Entre Blatten près Steinen et le Siechenbach, la hauteur du grand remblai a été réduite d'environ 2 mètres. Sur la section Brunnen-Fluelen, l'une des plus difficiles, il a été introduit de nombreuses modifications de niveau et de situation, qui portent presque sur chaque objet et constituent d'importantes améliorations. La ligne d'accès du versant nord du Monte Cenere a été mieux adaptée au terrain, tant pour le niveau que pour la direction. Près de Bironico et de Taverne, le tracé a été sensiblement modifié. Sur la section Cadenazzo-Vira, on a transféré la ligne pour éviter les passages en tunnel sous le torrent de Froda près Quartino et sous celui de Molina près Magadino, ainsi que les travaux souterrains près de Vira.

D'après le projet détaillé on a, comparativement à l'avant-projet, les longueurs de ligne suivantes:

	Avant-projet	Projet détaillé
Lucerne-Pino	kil. 188,35	kil. 189,46
Zug-Arth	» 12,40	» 12,82
Giubiasco-Chiasso	» 51,70	» 51,90
Cadenazzo-Locarno	» 12,50	» 12,22
En tout . .	kil. 264,95	kil. 266,40

Vis-à-vis de l'avant-projet les chiffres pour principaux travaux et matériaux se comportent comme il est indiqué ci-après:

Désignation	Expropriations	Terrassements et travaux d'art						Voie				
		Terrassements proprement dits	Enrochements et pérés	Murs de soutènement et de revêtement	Tunnels	Maçonnerie pour ponts et ponceaux	Constructions en fer	Longueurs de voie	Traverses	Rails en fer	Rails en acier	Accessoires de rails
	mèt. carrés	mèt. cubes	mèt. cubes	mèt. cubes	mètres	mèt. cubes	tonnes	kilomètres	pièces	tonnes	tonnes	tonnes
Avant-projet (Janvier 1876):												
en tout	6,836,160	8,070,000	437,000	469,350	43,467	260,500	10,000	321,500 [1])	373,375	252,50	21,996,75	2,937,00
par kilomètre . . .	43,967	51,903	2,810	3,018	—	1,675	64	—	1,161	par kilom. 69,2		9,1
Projet détaillé (Août 1876):												
en tout	5,993,187	6,587,250	310,169	554,532	42,449	286,008	9,415,8	259,794 [2])	287,780	8,054,00	9,742,00	2,247,50
par kilomètre . . .	38,027	41,790	1,968	3,518	—	1,814	60	—	1,107	par kilom. 68,5		8,6

[1]) Rampes d'accès à double voie.
[2]) Rampes d'accès à simple voie.

Désignation	Bâtiments										Accessoires de la voie											Matériel roulant						
	Bâtiments à voyageurs		Halles à marchandises		Dépôts et remises		Ateliers		Maisons de gardes		Changements de voie	Croisements de voie	Plaques tournantes pour		Chariots transbordeurs	Ponts à bascule	Grues	Stations d'alimentation				Locomotives à			Voitures à voyageurs		Wagons fermés et fourgons à bagages	Wagons découverts
	Nombre	Mètres carrés	Nombre	Mètres carrés	Locomotives	Voitures	Nombre	Mètres carrés	simples	doubles			Locomotives	Voitures et wagons				I	II	III	IV	4	6	8	I et II	III		
					Places				Nombre		Nombre							Classe				roues couplées			Classe			
Avant-projet (Janv. 1876)																												
en tout .	27	7190	28	3528	54	60	3	10600 416 416	166	16	255	310	7	8	4	15	14	1	4	7	4	14	22	20	112	100	600	400
en moyenne	1	266	1	126	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Projet détaillé (Août 1876)																												
en tout .	26	6070	26	2472	49	30	3	9890 380 380	128	53	232	270	7	—	5	11	5	3	4	4	6	11	17	16	70	45	345	265
en moyenne	1	233	1	95	—	—	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Quant aux frais de la construction proprement dite (sans les frais d'administration générale, de formation du capital, d'intérêts pendant la construction, etc.), ils se présentent comme suit:

Chap. V. Construction de la ligne (non compris les lignes tessinoises de plaine).	**Coût de la construction**		**Différence** comparativement à l'avant-projet	
	d'après avant-projet de Janvier 1876	d'après projet détaillé d'Août 1876	plus	moins
	Francs	Francs	Francs	Francs
A. Direction technique	9,319,200	8,383,000	—	936,200
B. Expropriation	11,624,000	9,464,695	—	2,159,305
C. Terrassements et travaux d'art	160,766,000	151,163,261	—	9,602,739
Dont: à ciel ouvert	54,813,610	48,025,561	—	6,788,049
en tunnel	105,952,390	103,137,700	—	2,814,690
D. Voie	11,945,200	10,226,200	—	1,718,300
E. Bâtiments	6,154,000	6,290,010	136,010	—
F. Accessoires de la voie	1,813,000	2,722,570	909,570	—
G. Télégraphie de service	369,000	294,820	—	74,185
H. Délimitation de la propriété, etc.	1,009,900	705,630	—	304,270
J. Matériel, outillage:				
Instruments	408,400	244,400	—	164,000
Outillage des ateliers	510,000	363,000	—	147,000
Matériel pour l'exploitation	205,400	321,685	116,285	—
Matériel roulant	6,935,000	4,249,250	—	2,685,750
Coût de la construction	211,059,100	194,429,221	—	16,629,879 soit 7,88 %
Dont: pour le grand tunnel du Gothard	60,278,900	59,743,185		
pour le reste de la ligne	150,786,200	134,686,036		
par kilomètre	819,457	727,478		

Les chiffres ci-dessus ont trait aux lignes qu'il reste encore à exécuter, y compris le grand tunnel du Gothard, mais en laissant de côté la partie du réseau du Gothard qui est déjà construite.

Au commencement d'Août, lorsque les premières parties du projet détaillé eurent été soumises au Conseil fédéral, cette Autorité demanda des calculs pour diverses alternatives, ainsi que des études de variantes.

En Juillet et Août commencèrent les travaux de la Commission d'experts nommée par le Conseil fédéral dans sa séance du 25 Mars pour examiner les nouveaux plans et devis de M. l'Ingénieur en chef Hellwag, présentés par la Direction du Gothard, et faire son rapport à leur sujet, et la Sous-Commission fédérale se mit à l'œuvre. L'invitation susmentionnée du Conseil fédéral, les délibérations de la Sous-Commission et les nombreuses questions soulevées par elle, astreignirent la Direction technique à une série d'études et de recherches en vue de diverses *modifications du projet.*

Il s'agissait d'abord d'élaborer une modification du projet dans le sens d'une augmentation du maximum des rampes, de 12 ⁰/₀₀ au lieu de 10 ⁰/₀₀, sur les sections Lucerne-Arth et Zug-Arth, modification qui fut étendue plus tard aussi à la section Arth-Silenen. Puis, il y eut à étudier une variante pour la traversée du cône d'éboulement du Grünbach près Fluelen, variante d'après laquelle, au lieu de franchir cet éboulement sur des viaducs, on corrigerait et dériverait le torrent. Il y avait aussi à étudier des variantes et à dresser des devis pour démontrer la possibilité et l'opportunité de reporter plus en aval les stations de Silenen et de Bodio, têtes des rampes d'accès. En outre, il fallut établir un avant-projet pour une toute nouvelle ligne entre Wasen et Goeschenen, dans laquelle les lacets en partie à ciel ouvert qui donnaient le développement voulu à la ligne du versant nord du Gothard étaient entièrement remplacés par des tunnels hélicoïdaux. Il y eut aussi à démontrer que la spire inférieure de la gorge de Dazio ne pouvait pas être rapprochée davantage de la spire supérieure. Après qu'il eût été constaté qu'on ne pouvait pas éviter d'établir une station ordinaire à Giornico, il fallut pour intercaler cette station, transférer la ligne sur un long parcours. On étudia et l'on élabora aussi, d'après les indications de quelques membres de la Commission, des variantes pour le passage du Monte Cenere, dont l'une avec une rampe maximum de 22 ⁰/₀₀ commençait près du tunnel de Dragonato à environ 1 kilomètre de Bellinzona, et l'autre avec une rampe maximum de 18 ⁰/₀₀ directement au sortir de la station de Bellinzona, au lieu de se détacher seulement à Giubiasco de la ligne Biasca-Locarno déjà en exploitation. Ces variantes devaient neutraliser en tout ou partie en faveur du passage du Monte Cenere, la position élevée de la station de Bellinzona obtenue au prix de grands sacrifices. Enfin, il y eut aussi à étudier une variante suggérée en vue d'abaisser le niveau de la section Magadino-Vira.

Les projets précédemment élaborés pour de fortes rampes furent de nouveau repris, à un point de vue en partie différent, et durent être remaniés. Ce furent en particulier des projets de lignes d'accès au tunnel du Gothard, avec des rampes considérables (de 30, 33, 40 et 42 ⁰/₀₀) jusqu'à la limite extrême de l'exploitation à l'aide de locomotives avec adhérence, dont l'étude occupa amplement les ingénieurs.

Les résultats de ces études purent en majeure partie être mis à la disposition de la Sous-Commission technique pendant le cours de ses délibérations.

Dans l'intervalle, en Octobre, l'idée que les lignes qu'il restait encore à exécuter devaient être construites à simple voie prévalut au sein de la Sous-Commission et, par suite de cela, on entreprit de remanier le projet dans ce sens; on avait procédé surtout à une transformation radicale du projet pour la section Arth-Silenen, étudié jusqu'alors au point de vue de l'éventualité de la pose d'une seconde voie dans les tunnels et sur les grands ponts, attendu qu'on avait fini par se convaincre que l'aptitude d'une ligne de plaine à une seule voie, dans des conditions favorables de rampes, équivaudrait en tout cas à celle de rampes d'accès à double voie franchissant le Gothard; il n'y avait donc plus lieu de mettre en doute l'acceptation du principe de la construction à simple voie pour cette section.

Dans sa séance de clôture du 20/22 Novembre, la Commission plénière technique prit les dispositions principales ci-après:

Dans la construction du chemin de fer du Gothard, il y a lieu de faire abstraction des systèmes spéciaux (Fell, Agudio, Riggenbach, Wetli), et de recommander une ligne normale avec rampes maximum de 25 à 26 ⁰/₀₀, voire même 27 ⁰/₀₀ entre Giornico et Bodio. Pour la ligne du Monte Cenere, on peut admettre un maximum de 26 ⁰/₀₀; toutefois, eu égard à l'importance commerciale de cette ligne et la différence de coût n'étant, d'après les calculs de M. Hellwag, que de fr. 1,410,000, il serait à désirer que cette ligne fût établie avec une rampe maximum de 20 à 21 ⁰/₀₀. Pour les tronçons Immensee-

Silenen et Cadenazzo-Pino, il est recommandé un maximum de rampe de 10 ⁰/₀₀; tandis que pour ceux de Bodio-Biasca, Lucerne-Immensee et Zug-Arth, on peut sans inconvénient aller jusqu'à 12 ⁰/₀₀. La Commission se prononce pour le maintien du rayon minimum de 300 mètres prescrit par le Traité international du 15 Octobre 1869. Cependant, dans les cas exceptionnels, on pourra sur de faibles longueurs appliquer le rayon de 280 mètres (minimum du chemin de fer du Brenner), lorsque l'emploi de ce rayon permettra de réaliser d'importantes économies. Pour cela, on demandera dans chaque cas particulier l'autorisation du Conseil fédéral. Toutefois le rayon de 280 mètres ne pourra pas être appliqué dans les tunnels hélicoïdaux. Les rampes d'accès seront établies suivant le projet de M. Hellwag modifié conformément aux décisions de la Commission, c. à d. pour une seule voie; cependant partout où plus tard, lors de l'exploitation, un élargissement ne serait plus possible ou entraînerait un surcroît démesuré de dépense, comme par exemple dans les tunnels, etc., les terrassements et travaux d'art seront d'emblée établis pour deux voies. La Commission se prononce pour l'établissement à une seule voie des lignes de plaine, dans toutes leurs parties, c. à d. aussi pour les expropriations et pour les tunnels. Elle adhère aux propositions de M. l'Ingénieur en chef Hellwag relativement au nombre des stations, dans la supposition qu'on établira aussi des stations de croisement à Sisikon, à Wyler (Gurtnellen), à Giornico et à Robasacco. Le rang des stations, c. à d. la disposition de leurs voies, se règlera sur les exigences de l'exploitation. Les stations auxiliaires d'alimentation n'exigent pas absolument une voie latérale, vu que là où ces stations sont nécessaires l'alimentation des machines peut avoir lieu sur la voie principale. Une voie latérale serait toutefois désirable pour permettre à un train d'en devancer au besoin un autre. Pour les stations de croisement, la Commission estime que la voie d'évitement et la voie de garage (troisième voie) doivent avoir, entre les piquets de sûreté, une longueur d'au moins 300 mètres. Outre les voies d'évitement, les stations suivantes des rampes d'accès devront posséder des voies de garage pour le devancement des trains: Silenen, Wyler, Goeschenen, Airolo, Fiesso, Faido et Bodio. La Commission pense qu'on peut admettre dans les stations une pente maximum de 2,5 ⁰/₀₀ là où il en résultera une notable économie pour la construction; autrement il est à désirer d'avoir des paliers aussi longs que possible pour faciliter une augmentation éventuelle du nombre des voies. La Commission admet pareillement des courbes dans les stations, mais elles ne devront autant que possible pas être d'un rayon inférieur à 500 mètres. La distance d'une station d'alimentation à l'autre pourra être de 10 kilomètres en maximum. Pour la plate-forme du ballast, au niveau des traverses, eu égard à la stabilité de la voie, la Commission juge suffisantes les largeurs minimum ci-après indiquées: a) sur les remblais à une voie: 3 m.40 en plaine, 3 m.60 en montagne; b) sur les remblais à deux voies: 6 m.90 en plaine, 7 m.10 en montagne. La largeur pour double voie répond à un écartement de voies de 3 m.50 d'axe en axe. La Commission estime que des accotements en pierre, encaissant le corps du ballast, sont avantageux au point de vue de l'économie de ballast et de la stabilité de la voie. En ce qui concerne la largeur du corps même du remblai, la Commission trouve suffisante une largeur en couronne de 4 m.00 en plaine et 4 m.20 en montagne (largeur idéale en supposant la plate-forme du ballast intersectée, à la hauteur des traverses, par le prolongement des talus de 1 sur 1 1/2. Les dimensions adoptées par la Commission pour la largeur minimum de la plate-forme du ballast sur les remblais sont applicables aussi dans les tranchées. La largeur minimum des tranchées, au niveau des traverses, ne devra pas être inférieure à 6 m.40 dans les tranchées pour une seule voie et à 9 m.90 dans les tranchées pour deux voies. Vu le caractère de ligne de transit que doit avoir le chemin de fer du Gothard, le profil du gabarit de l'espace libre devra être choisi de manière à répondre aux prescriptions en vigueur en Allemagne, en Italie et en Suisse, pour les unités techniques en matière de chemins de fer. La Commission considère le type de rail du chemin

de fer du Gothard comme convenable en lui-même, sans méconnaître toutefois les avantages de l'unité qu'on tend à introduire dans les types de rails en usage sur les chemins de fer suisses. Du reste, eu égard au bas prix des fers, la Commission recommande d'étudier la question d'une voie tout en fer, par exemple d'après le système Hilf, ce système pouvant être économique à divers égards, comme par exemple sous le rapport du ballastage, etc. Pour l'espacement minimum des voies, d'axe en axe, on peut admettre: 3 m. 50 en voie courante et 4 m. 50 dans les stations.

Les principes contenus dans ces décisions ne diffèrent de ceux qu'on avait suivis dans l'élaboration du projet détaillé, que sous le rapport du maximum de déclivité de la rampe d'accès sud, sous celui de la question de la mesure dans laquelle on devra pourvoir à un élargissement futur pour la pose d'une seconde voie ou établir immédiatement pour une double voie les terrassements et les travaux d'art sur certaines sections des rampes d'accès, et sous le rapport de la largeur de la plate-forme de la voie. Dans le projet détaillé on s'en était tenu pour la section de Giornico (à droite du Ticinetto) en aval à la limite de 26 0/00, et il y avait maintenant à y appliquer le 27 0/00. Pour la ligne Arth-Silenen, il avait été admis jusque là des tunnels, etc. pour une double voie et pour les sections Gurtnellen-Gœschenen, Fiesso-Faido et Lavorgo-Bodio on avait projeté une construction immédiate pour une double voie, tandis que maintenant la première de ces lignes devait être exécutée entièrement et définitivement à une seule voie, et pour les secondes on ne devait exécuter pour une double voie les terrassements et travaux d'art que là où, comme par exemple dans les tunnels, etc., un élargissement dans la période d'exploitation ne serait plus possible ou entraînerait un surcroît démesuré de dépense. La largeur de 4 m. 15 pour la ligne à simple voie, au niveau des traverses, avait été appliquée partout, tandis que maintenant il fallait donner 4 m. 20 sur les rampes d'accès et 4 m. 00 sur les lignes de plaine.

Ces modifications essentielles, ainsi que d'autres d'une moindre importance et qu'on peut aisément de dispenser d'énumérer ici, furent immédiatement adoptées dans l'élaboration ultérieure du projet détaillé en vue de l'excution des travaux et l'on suspendit pour le moment tous les autres projets éventuels qui se trouvaient en préparation. Vers la fin de Novembre 1876, la Direction technique put entreprendre le remaniement du projet détaillé. Il fallut procéder d'abord pour cela à une révision minutieuse du tracé et adapter ce dernier aux nouvelles conditions, puis retravailler tous les profils traversaux de la ligne, revoir la disposition des mouvements de terres, les plans de détail des murs de soutènement et de revêtement, des tunnels, des galeries et des aqueducs, des ponts et des ponceaux, des corrections de torrents et de rivières, des stations, etc., ainsi que dresser à nouveau les devis y relatifs.

Il n'est pas besoin de dire qu'on a visé encore une fois dans tout cela à introduire toutes les simplifications compatibles avec la solidité et à donner au projet la forme qui comporte la plus grande économie possible.

Sur la base des décisions de la Commission fédérale et en tenant compte de quelques rectifications nécessaires à l'égard des montants des devis détaillés présentés par notre Direction technique, on dressa en Décembre un nouveau devis d'après lequel le *coût de la construction proprement dite du réseau du Gothard,* comparativement aux précédents devis, se présente comme suit:

Devis approximatif de Janvier 1876	fr. 246,539,700
Devis détaillé d'Août 1876	» 230,145,721
Nouveau devis de Décembre 1876	» 218,393,671

Il nous reste encore à parler des *projets détaillés pour la construction,* dressés pendant l'exercice de 1876 et qui devront servir de base pour l'exécution.

Commençant par les projets de détail pour les *terrassements et travaux d'art,* nous dirons d'abord que, en ce qui concerne le grand tunnel, il a été établi des dispositions précises touchant le mode d'exécution de l'aqueduc du tunnel et que les projets y relatifs ont été approuvés par le Conseil fédéral. Il a été arrêté que du côté nord et jusqu'à 2800 mètres de l'entrée du tunnel (région des calcaires d'Andermatt), l'aqueduc aura une largeur de $0^{m}.60$ et une hauteur de $0^{m}.65$, et sera couvert de dalles. Du côté sud, par contre, et jusqu'à 830 mètres de l'entrée du tunnel, c. à d. tant que l'aqueduc occupe l'axe du tunnel, il doit avoir 1^{m} de largeur, et depuis ce point jusqu'à 1300 mètres de l'entrée, c. à d. jusqu'à ce qu'on ait passé les fortes infiltrations qui se produisent en ce point, il aura $0^{m}.90$ de largeur avec une profondeur de $0^{m}.85$ sur l'une et l'autre de ces sections et y sera couvert d'une voûte en maçonnerie. D'après les dispositions de la Convention additionnelle de Septembre 1875, l'aqueduc doit, comme nous l'avons déjà dit dans notre précédent rapport, être reporté de côté, contre le pied-droit ouest, et ne restera au centre que dans les parties du tunnel où il y aura voûte au radier, ce qui a pour conséquence que l'aqueduc passera en certains endroits de l'ouest vers le centre. Cette déviation a été admise, du côté nord, à 675 mètres de l'entrée et, du côté sud, à 830 mètres. Sur la section comprise entre 2755 et 2835 mètres, du côté de Gœschenen, où la pression sera excessive, on a adopté le type de revêtement de 1^{m} d'épaisseur de voûte, $1^{m}.20$ d'épaisseur de pied-droit et $0^{m}.70$ d'épaisseur de voûte au radier. Il y aura ici aussi une déviation de l'aqueduc vers le centre, pour laquelle les plans ont déjà été dressés. La question de la jonction du tunnel rectiligne (galerie de direction) du côté d'Airolo avec l'extrémité curviligne du tunnel principal n'a pas encore été réglée, attendu qu'au lieu de ce qui était prévu dans la Convention additonnelle, il a été préparé un nouveau projet.

Pour les *bâtiments* des lignes tessinoises de plaine, il y avait encore à dresser quelques projets de détail. Ces projets concernaient d'abord les bâtiments à voyageurs des stations de Bellinzona, Locarno et Lugano, pour lesquels à mesure que la construction avançait il fallut arrêter les plans détaillés pour la distribution intérieure et extérieure, puis les bâtiments provisoires de la station internationale de Chiasso, pour lesquels il a été préparé des esquisses, et enfin la construction d'une marquise destinée à abriter les diligences postales à la gare de Biasca, pour laquelle un projet fut dressé et arrêté de concert avec l'Administration fédérale des Postes.

Nous abordons maintenant l'*exécution des travaux.*

Commençant par les *expropriations*, nous mentionnerons en premier lieu les changements survenus dans le personnel des Commissions fédérales d'estimation pour les expropriations du côté nord des Alpes. Par suite de ces changements, les dites Commissions d'estimation sont composées comme suit: pour le Canton d'*Uri,* MM. le Conseiller d'Etat Franz à Mayenfeld, Kopp, Chef du service forestier cantonal à Sursee et Franz Xavier Zgraggen à Altorf, comme Membres de la Commission, et MM. Beck-Leu, Conseiller national à Sursee, Hildebrand, Conseiller des Etats à Cham, Suter, Conseiller national à Horben, Wyrsch, Conseiller des Etats à Buochs, Püntener, Architecte à Erstfeld et Daniot, Conseiller d'Etat à Altorf, comme Suppléants; pour le Canton de *Lucerne,* MM. Ryniker, Chef du service forestier à Aarau, von Werdt, Conseiller national à Toffen, Beck-Leu, Conseiller national à Sursee, comme Membres de la Commission, et MM. Baur, entrepreneur à Riesbach, Schuler, membre du Grand Conseil à Schwyz, Fenner, Colonel à Winterthur, Probst, Architecte à Berne, Hartmann, Commandant à Lucerne et Balthasar, Architecte à Lucerne, comme Suppléants; pour le Canton de *Schwyz*, MM. Kobelt, membre du Grand Conseil à Marbach, Wildi, Juge au Tribunal supérieur à Brugg et Suter, Landammann à Ried, comme

Membres de la Commission, et MM. Baumgartner, Landammann à Soleure, Suter, Conseiller national à Horben, Diener, membre du Grand Conseil à Männedorf, Huber, Juge au Tribunal cantonal à Wallenstadt, Schuler, membre du Grand Conseil à Schwyz et Reding, membre du Grand Conseil à Arth, comme Suppléants; pour le Canton de *Zug*, MM. Gaudy, Conseiller national à Rapperswyl, Schluep, Chef du service forestier à Nidau et Hess, Conseiller d'Etat à Oberwyl, comme Membres de la Commission, et Suter, Conseiller national à Horben, Pfyffer-Knörr, Administrateur à Lucerne, Herzog-Weber, Conseiller des Etats à Münster, Herzog, membre du Grand Conseil à Langenthal, Henggeler, Juge au Tribunal supérieur à Ober-Aegeri et Weiss, membre du Grand Conseil à Zug, comme Suppléants.

Il a été acquis à l'amiable: dans la commune de *Wasen*, 83,961 mètres carrés de terrain pour la somme de fr. 63,256, y compris une indemnité pour des étables; dans la commune d'*Arth*, 50,932 mètres carrés de terrain pour la somme de fr. 38,595. 25 y compris un droit de passage et la location d'un grand complex de terrain pendant la construction; dans la commune d'*Airolo*, 374 mètres carrés de terrain pour la somme de fr. 748.

Dans la commune de *Gœschenen*, il a été, en vertu du jugement rendu par la Commission fédérale d'estimation et devenu exécutoire, pris possession pour la somme de fr. 700 des 3459 mètres carrés de terrain nécessaire à l'établissement de la conduite d'eau, etc., pour l'utilisation comme force motrice des eaux de la Gothardreuss et le droit de concession pour l'utilisation de cette force motrice a été payé pour les trois premières années.

Dans la commune d'*Airolo*, il y a eu à payer, en vertu d'un jugement du Tribunal fédéral devenu exécutoire, une indemnité de fr. 326. 35 pour suppression d'un passage de sentier à piétons là où se trouve la gare.

Pour les *lignes tessinoises de plaine* il a été acquis à l'amiable 44,718.23 mètres carrés de terrain pour la somme de fr. 56,669. 77 (y compris les indemnités pour récoltes manquées et autres préjudices, ainsi que pour deux maisonnettes), savoir:

ligne	Biasca-Bellinzona	11,312.65	mètres	carrés	pour fr.	8,540. 73
»	Bellinzona-Locarno	11,668.37	»	»	» »	11,875. 02
»	Lugano-Chiasso	21,737.21	»	»	» »	36,254. 02

Le taux moyen des acquisitions à l'amiable pendant l'exercice de 1876 est de fr. 1. 27 par mètre carré, soit centimes 11.4 par pied carré.

Le Tribunal fédéral a, dans ses séances du 8 Janvier et du 3/4 Février, traité le reste des recours qui lui avaient été soumis.

Les acquisitions de terrain qui, par suite de jugements de la Commission fédérale d'estimation et du Tribunal fédéral devenus exécutoires, ainsi que par suite d'acceptation par les parties de propositions de la Commission d'enquête du Tribunal fédéral, ont donné lieu pour les lignes tessinoises de plaine à des paiements dans le courant de l'exercice de 1876, comprennent une superficie de 62,352.53 mètres carrés et représentent, y compris 4 maisons, une fabrique de papier avec force hydraulique et un magasin, ainsi que les indemnités pour privation d'eau et tous autres préjudices, une somme de fr. 205,112. 75, soit fr. 3. 29 par mètre carré ou 29,6 centimes par pied carré.

Passant à l'exécution des *terrassements et travaux d'art*, nous décrirons d'abord les travaux du *grand tunnel.*

Pour la *tête nord*, nous avons à signaler de nombreux compléments dans les installations. Dans

notre précédent rapport, nous avons dit que l'entrepreneur s'était décidé à doubler la force mécanique et qu'en suite de cela il s'était procuré 2 groupes de compresseurs de plus pour chaque tête du tunnel. A Goeschenen, on commença en Janvier à creuser pour les fondations destinées aux nouveaux compresseurs; la maçonnerie fut entreprise en Avril et achevée dans les premiers jours de Mai, après quoi eut immédiatement lieu le montage des compresseurs. Au commencement de Juillet, le bâtiment et le montage étaient assez avancés pour qu'un des groupes pût commencer à fonctionner le 9 du mois et l'autre le 15. Chacun de ces deux groupes est mis en mouvement par une turbine et contient 2 cylindres. La force produite par l'un des groupes exige 325 chevaux et elle est à même de fournir, par minute, 5 mètres cubes d'air sous une pression de 8 atmosphères. Afin de pouvoir installer ces nouveaux compresseurs, il a fallu allonger de 15 mètres l'ancien bâtiment des compresseurs. Les réservoirs dont on s'était servi jusqu'alors ne suffisant plus pour cette production d'air comprimé qui avait été doublée, on conduisit l'air comprimé à 8 atmosphères dans les grands réservoirs de 50 mètres, tandis que les anciens réservoirs furent destinés à recevoir l'air comprimé à 12 atmosphères pour la locomotive. Comme on avait fait l'expérience que, en hiver, l'air ne conserve pas dans les conduites à ciel ouvert la température nécessaire pour prévenir la congélation de l'eau qu'il entraîne et que par suite de cela la conduite était fréquemment obstruée, il a été établi à proximité du bâtiment des compresseurs des appareils de dessication destinés à enlever autant que possible l'humidité de l'air. Ces appareils remplissent réellement le but désiré. Il était donc pourvu ainsi à une abondante provision d'air et la perforation mécanique put être appliquée à plusieurs points d'attaque avec des effets plus énergiques que jusqu'alors; la ventilation du tunnel s'en trouva pareillement améliorée et peut être regardée maintenant comme suffisante.

Pour la réparation des locomotives, il a été construit en Août et Septembre un hangar de 12 mètres de longueur sur 7 mètres de largeur. Comme la fonderie devait être transférée par suite de l'allongement du bâtiment des compresseurs, on y affecta le bâtiment qui servait d'atelier de menuiserie et et l'on construisit pour ce dernier une baraque en bois, attenante au magasin à charbon. Derrière le bâtiment des compresseurs à colonne d'eau on intercala aussi un appareil de dessication sur la conduite d'air. Des améliorations furent apportées aux anciens compresseurs dans ce sens que l'injection de l'eau froide n'a plus lieu comme jusqu'ici par la tige du piston et le piston, mais directement par la soupape d'aspiration de l'air. Toutes les soupapes à ressort ont été remplacées par des soupapes à clapet. En ce qui concerne la conduite d'aspiration mentionnée dans notre précédent rapport, il y en avait en Février 400 mètres courants sur place, de sorte qu'en Août et Septembre on put procéder à sa pose dans le tunnel; mais ce travail fut suspendu après que 15 mètres courants eurent été mis en place, attendu que l'entreprise, voyant que l'augmentation de la masse d'air employée comme force motrice avait déjà sensiblement amélioré les conditions, résolut d'attendre jusqu'à ce qu'on pût poser 1000 mètres de conduite à chaque tête.

L'état des conduites d'air dans le tunnel n'a pas partout répondu aux exigences d'une augmentation de la masse d'air; il manquait en particulier continuellement d'une quantité suffisante de tuyaux de $0^{m}.20$ de diamètre. Par suite de cela il arriva fréquemment que lorsque l'air comprimé devait servir tout à la fois pour mettre en jeu les perforatrices, pour alimenter la locomotive et pour fournir aux besoins de la ventilation, sa pression diminuait considérablement et le travail était arrêté. L'entrepreneur pense remédier à cette forte variation de pression en établissant dans la partie achevée du tunnel une double conduite de $0^{m}.20$ et en remplaçant par des tuyaux de $0^{m}.15$ et de $0^{m}.10$ les tuyaux de $0^{m}.10$ et de $0^{m}.06$ qui se trouvent dans le battage au large et au front d'attaque. Depuis le 4 Mai fonctionne pour l'alimentation de la locomotive une conduite d'air spéciale, dont 638 mètres étaient posés

à la fin de l'année. La longueur des voies de service était, à la fin de l'exercice, de 7290 mètres. En fait de locomotives, il n'a été employé que celles dont il a été déjà question dans notre précédent rapport, savoir une locomotive à air comprimé et une locomotive à vapeur. Comme elles ont souvent besoin de réparations, il serait absolument nécessaire qu'il y eût une locomotive de réserve. La commande en a été faite, mais elle n'était pas encore exécutée à la fin de 1876. Le transport à l'aide de l'air comprimé à 11 ou 12 atmosphères promet de bons résultats.

A la fin de 1876, il était employé 17 affûts de perforatrices, savoir : 12 pour la galerie d'avancement, le battage au large et la cunette du strosse, 4 pour les perforatrices verticales système Mac Kean et 1 pour les essais.

Le nombre total des perforatrices était de 179. Sur ce nombre il y en avait 95 en service, savoir :

39	perforatrices	système	Ferroux	(ancien modèle)
20	»	»	»	(nouveau modèle)
28	»	»	Turrettini	
8	»	»	Mac Kean (gros calibre)	

et 84 hors de service, savoir :

12	perforatrices	système	Mac Kean (petit calibre)
20	»	»	Dubois et François
40	»	»	Sommeiller
2	»	»	Burleigh

10 vieilles perforatrices à main provenant du Mont-Cenis.

Les nouvelles perforatrices Ferroux mentionnées dans notre précédent rapport ayant été reconnues très pratiques, grâce à leur construction simple et par conséquent peu sujette à détérioration, on en a successivement fabriqué plusieurs et transformé de celles de l'ancien modèle. Pour la perforation dans la galerie d'avancement, il a été construit et employé vers la fin de l'année un nouvel affût plus convenable sur lequel les perforatrices sont placées en dehors des montants de l'affût.

Passant aux travaux proprement dits, nous décrirons d'abord ceux qui ont été exécutés en dehors du tunnel.

Comme, pour protéger la voie contre les fréquentes chutes de pierres et l'obstruction par les neiges, la voûte du tunnel du côté de Goeschenen devait être prolongée d'environ 50 mètres en avant du point où l'on avait primitivement fixé la tête du tunnel, il a été élaboré un projet avec devis dans lequel est prévu aussi le prolongement de l'aqueduc du tunnel jusqu'à son débouché dans la Reuss. Après que ce projet eut reçu le 2 Mai l'approbation du Conseil fédéral pour la partie comprise entre les profils 38,329 et 38,363 (point fixé d'après la convention pour la tête du tunnel), l'exécution en fut confiée à M. Favre, entrepreneur du grand tunnel, à des prix de série qui avaient déjà été débattus avec lui le 24 Juin 1874 dans la prévision de ce prolongement du tunnel. Les travaux furent entrepris en Mai et activés de telle sorte qu'en Septembre le prolongement du tunnel avec la tranchée qui le précède et l'écoulement de l'aqueduc étaient déjà achevés dans leurs points essentiels et purent être réglés à fin Novembre.

En ce qui concerne la correction supérieure de la Reuss, les dégâts causés aux murs des berges par les hautes eaux de l'année 1875 ont été réparés et ces murs ont été prolongés sur la rive droite en aval du pont sur la Reuss. Les travaux de défense de cette rive se trouvaient ainsi terminés. Sur la rive gauche il n'a pas été entrepris d'autres travaux. On recommença en Avril à faire jouer la mine pour la correction inférieure de la Reuss; mais il fallut suspendre cette opération en Juin à cause des hautes eaux.

Le tableau ci-après indique les travaux exécutés dans le tunnel et le nombre d'ouvriers occupés ainsi que les conditions météorologiques, tant pour l'année entière que pour les divers mois.

Travaux exécutés, nombre d'ouvriers et conditions météorologiques

à la tête nord du Tunnel du Gothard.

Indication de l'objet	Etat des travaux Fin Décembre 1875	1876 Janvier 1	Février 2	Mars 3	Avril 4	Mai 5	Juin 6	Juillet 7	Août 8	Septemb. 9	Octobre 10	Novemb. 11	Décemb. 12	Pour l'année 1876	Etat des travaux Fin Décembre 1876
Tunnel. Galerie d'avancement mètres courants	2810,8	32,5	46,6	75,5	113,8	110,1	95,7	106,0	133,0	70,0	83,3	67,2	72,0	1005,7	3816,5
» Battage au large . . . » »	1480,8	102,7	74,0	91,8	106,2	59,4	83,2	73,7	164,9	124,4	107,5	96,8	80,8	1165,4	2646,2
» Cunette du strosse . . » »	1378,9	86,7	68,0	67,6	38,9	59,5	58,6	47,0	70,3	53,9	81,1	79,3	62,2	773,1	2152,0
» Strosse . . . . . » »	693,8	124,7	108,0	53,7	74,3	55,9	72,3	74,2	87,8	107,4	74,6	82,1	63,9	971,7	1665,5
» Revêtement de la voûte » »	732,8	64,5	34,7	30,0	26,4	71,6	23,0	49,0	59,2	16,8	131,8	72,2	57,0	636,2	1369,0
» Revêtement des pieds-droits est . . . . . » »	469,0	42,0	37,0	91,0	169,0	103,7	95,0	103,0	51,1	51,3	139,9	60,0	81,0	1024,0	1493,0
» Revêtement des pieds-droits ouest . . . . » »	459,0	211,0	40,0	30,0	25,0	40,0	35,0	70,0	70,0	80,0	110,0	22,0	77,4	810,4	1269,4
» Maçonnerie de l'aqueduc » »	160,0	—	—	—	—	—	—	—	22,0	89,0	263,0	46,0	—	420,0	580,0
Nombre d'ouvriers par jour, en moyenne . .	—	1685	1568	1625	1607	1692	1610	1453	1546	1504	1400	1283	1092	—	—
Nombre maximum d'ouvriers pour un jour . .	—	1875	1778	1850	1842	1921	1851	1843	1738	1695	1614	1513	1358	—	—
Température extérieure moyenne. Maximum .	—	+ 4°,7	+ 8°,2	+ 6°,8	+ 8°,5	+ 12°,3	+ 23°,0	+ 25°,0	+ 23°,3	+ 21°,6	+ 23°,5	+ 11°,4	+ 11°,7	—	—
Température extérieure moyenne. Minimum .	—	— 11°,6	— 8°,0	— 7°,7	— 3°,5	+ 1°,1	+ 4°,0	+ 6°,8	+ 4°,7	+ 4°,0	— 2°,0	— 12°,1	— 6°,6	—	—

Les travaux indiqués dans ce tableau ont continué à se régler sur le diagramme fixé par la convention, diagramme dont le profil libre présente une section de 45,10 mètres carrés. Il n'a donc été calculé que l'excavation opérée dans les limites de ce profil libre. Les diverses parties de l'excavation présentaient à la fin de 1876, d'après ce diagramme, les cubes suivants:

Galerie d'avancement	3561,7 ×	7,7 =	27425,1	mètres	cubes
Battage au large	2646,2 ×	9,5 =	25138,9	»	»
Cunette du strosse	2152,0 ×	9,5 =	20444,0	»	»
Strosse	1665,5 ×	18,4 =	30645,2	»	»
Total . . .			103653,2	mètres	cubes

Ce cube total, divisé par 45,10, équivaut à une longueur de tunnel complètement excavé de 2298,30 mètres courants. Sur le chiffre susindiqué, 44226,20 mètres cubes appartiennent à l'exercice qui nous occupe, vis-à-vis de 55384,20 mètres cubes exigés par le programme, soit 980,60 mètres courants de tunnel au lieu de 1228,30 comme le fixait le programme. Il en ressort que du 31 Décembre 1876 au 1er Septembre 1880, il y aura à excaver, d'après le diagramme, du côté de Goeschenen encore 7450 — 2298,30 savoir 5151,70 mètres courants, soit 117,10 mètres courants par mois ou 1405,20 par année.

En ce qui touche les conditions géologiques qui se sont présentées pendant l'exercice de 1876, dans le percement de la galerie d'avancement, nous avons déjà mentionné que vers la fin de 1875 on avait rencontré depuis 2755m une roche avec forte poussée qui pouvait être regardée comme le produit de la décomposition des gneiss d'Urseren, roche sujette à un boursouflement considérable et qui nécessitait par conséquent une voûte au radier. Cette roche se rencontra jusqu'à 2835m, depuis où elle devenait peu à peu plus compacte, tout en continuant à présenter jusqu'à 2856m des parties friables. Ce n'est que depuis ce point qu'on put reprendre la perforation mécanique. La roche avait de la ressemblance avec les gneiss d'Urseren déjà traversés, mais contenait une plus forte proportion de mica et passait souvent au schiste micacé. Il s'y rencontrait de nombreuses géodes et bandes de quartz cireux, et de moindres quantités de pyrites sulfureuses et d'aragonite. Depuis là, les micaschistes alternaient avec un gneiss schisteux et micacé. Ce dernier était, surtout entre 3055m et 3062m, très riche en quartz et en feldspath, et n'était jamais dépourvu de grains d'orthose. Entre 3256m et 3263m, on rencontra une grande quantité de petits cristaux d'oxyde de fer magnétique disséminés dans la roche, ainsi que des veines de calcaire cristallin. Elles formaient la transition à un schiste argileux noirâtre, à feuillets minces, talqueux au toucher, avec un faible mélange de pyrites sulfureuses, analogue à celui de la zone des calcaires d'Alterkirchen. Depuis 3284m, on retrouva le gneiss schisteux et micacé et les micaschistes de la précédente formation, qui constituèrent la roche dominante jusqu'à la fin de l'année. Dans le voisinage des lits assez nombreux de quartz cireux, la roche était souvent décomposée et argileuse, et il fallut souvent un boisage à ces places pour prévenir les éboulements. Ces lits de quartz cireux présentaient assez fréquemment des traces d'oligiste, de gypse et d'aragonite. Entre 3693m.6 et 3802m.0, les schistes noirâtres, alternaient avec un gneiss micacé et des schistes quartzeux. Les schistes noirs consistaient en séricite qui devait sa couleur gris foncé ou noire à un mélange de graphite. On en peut suivre les couches à la surface sur la route d'Oberalp au-dessus d'Andermatt. Le gneiss micacé passait par un appauvrissement presque complet de l'élément feldspathique, entre 3803m.5 et 3814m, à un micaschiste clair et talqueux au toucher. La disposition des couches dans les roches en décomposition rencontrées au commencement de l'année était très irrégulière: N 25° à 80° E ⊢ 58° S à 73° N; dans le gneiss plus compacte et dans les micaschistes elle était en moyenne N 60° E ⊢ 80° SE. On rencontra de nombreuses crevasses dans

les roches traversées en dernier lieu. Les infiltrations ne furent jamais bien considérables et se rencontrèrent surtout dans le voisinage des lits de quartz. Comme maximum du débit des eaux provenant du tunnel, on eut en Mars 34,5 litres par seconde; en Décembre ce débit n'était que de 22 litres. Quant aux températures observées simultanément au fond du tunnel et à son entrée, nous renvoyons aux chiffres 22 et 23 du tableau ci-après.

Aperçu des résultats de la perforation mécanique

dans la galerie d'avancement à Gœschenen.

Objet	1876											
	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Système de perforatrices appliqué	3 à 4 perforatrices Ferroux						4 perforatrices Ferroux					
1. Progrès mensuel de la perforation mécanique mètres	3,2	33,1	74,7	113,8	110,1	94,3	106,0	133,0	70,0	83,3	66,1	72,0
2. Progrès journalier, moyen . . . »	1,97	3,11	3,05	3,91	3,57	4,11	3,65	4,44	3,06	3,30	3,24	2,52
3. » » maximum . . »	2,40	4,25	4,00	5,52	4,97	5,85	5,85	5,66	4,69	4,80	4,41	4,59
4. Nombre de perforations entreprises . . .	5	35	78	104	106	90	109	123	76	93	75	72
5. Les mêmes par 10 mètres d'avancement de la galerie	15,63	10,57	10,14	9,14	9,63	9,54	10,28	9,25	10,86	11,16	11,30	10,00
6. Temps moyen employé heures et minutes	39 00	255 50	588 50	698 00	741 00	550 25	698 10	718 30	548 40	606 00	491 30	685 00
7. Chômages . . . . . » »	—	—	55 00	21 00	5 00	166 45	43 00	31 10	167 50	136 20	226 40	66 20
8. Temps moyen pour chaque perforation . .	3 30	3 20	3 36	3 00	3 46	3 17	3 27	2 54	4 19	3 34	3 18	5 19
9. » » p.décharger les mines, déblayer, etc.	4 18	3 59	3 57	3 43	3 13	2 50	2 57	2 56	2 54	2 57	3 16	4 12
10. Nombre de trous percés, en tout	54	344	863	1318	1437	1200	1756	1920	1204	1405	867	1007
11. Les mêmes par 10 mètres d'avancement de la galerie	169	104	116	116	131	127	166	144	172	169	131	140
12. Nombre moyen des trous au front d'attaque, à chaque perforation	11	10	11	13	14	13	16	16	16	15	12	14
13. Profondeur moyenne des trous . mètres	1,00	1,03	1,01	1,09	1,11	1,13	1,10	1,19	1,17	1,19	1,19	1,18
14. Somme des profondeurs moyennes des trous de toutes les perforations . . . mètres	5,0	36,3	79,0	112,9	117,7	102,1	120,2	144,7	89,2	110,3	88,9	85,3
15. La même par 10 mètres d'avancement de la galerie . . . . . mètres	15,63	10,97	10,58	9,92	10,69	10,83	11,34	10,88	12,74	13,24	13,39	11,85
16. Longueur totale des trous percés »	54,0	360,6	875,1	1432,3	1596,7	1357,7	1940,3	2254,8	1411,2	1665,2	1031,1	1190,9
17. La même par 10 mètres d'avancement de la galerie . . . . . »	169	109	117	126	145	144	183	170	202	200	155	165
18. Nombre de perforatrices employées . . .	20	115	308	388	392	360	436	492	304	372	300	288
19. » » qui ont nécessité des réparations .	—	3	11	18	14	11	12	17	15	15	8	13
20. » » » » » pr. %	—	2,61	3,57	4,64	3,57	3,06	2,75	3,46	4,93	4,03	2,67	4,51
21. Temps employé par 1 perforatrice p. percer un mètre . . . . . heures et minutes	1 18	1 04	1 16	0 49	0 56	0 52	0 47	0 38	0 56	0 48	0 58	1 17
22. Température moyenne au front de taille, en degrés centigrades	22°,1	21°,1	21°,0	19°,2	18°,5	18°,6	18°,1	18°,1	19°,1	19°,9	19°,3	18°,8
23. » » à l'entrée du tunnel, en degrés centigrades	0°,3	3°,6	6°,3	5°,4	10°,0	17°,3	18°,4	17°,4	18°,5	9°,8	4°,3	8°,2

Ce tableau ne contient sous chiffre 1 que la partie du progrès mensuel exclusivement réalisée par les moyens mécaniques; c'est pour cette raison que ces chiffres ne concordent pas en tous points avec le progrès indiqué dans le précédent tableau. La même observation s'applique au temps moyen employé, indiqué sous chiffre 6. Le progrès journalier moyen, tel qu'il ressort du chiffre 2, n'a pas non plus été calculé d'après le nombre total des jours du mois, mais d'après le temps réellement employé pour la perforation mécanique, par conséquent d'après les indications du chiffre 6. Les chômages qui figurent sous chiffre 7 ont été causés: en Mars, Juin et Novembre, par des éboulements du ciel du tunnel et par les travaux de boisage que ces éboulements ont nécessités; en Avril et Septembre par le piquetage de l'axe; dans les autres mois principalement par des réparations aux conduites d'eau et d'air ou par des perturbations dans le transport des déblais.

La section moyenne de la galerie d'avancement a varié entre 6 et 7 mètres carrés. Au commencement de l'année, on a dû, comme nous l'avons dit, renoncer à la perforation mécanique dans la roche décomposée et friable; toutefois après une tentative infructueuse faite en Janvier, on put revenir dès le 19 Février aux moyens mécaniques. En Mars et Avril, la roche prit peu à peu plus de consistance, mais elle était facile à perforer et les coups de mine produisaient leur effet presque sur toute la profondeur des trous de mine, parfois même encore au delà. Pendant les trois mois suivants, la perforation s'effectua pareillement dans une roche assez tendre et atteignit en Août le progrès maximum réalisé jusqu'ici, de 133 mètres. En Septembre, la roche devint plus dure, mais vers la fin de l'année elle était moins consistante et rendit souvent un boisage nécessaire. En Décembre eut lieu un changement considérable dans le personnel des ouvriers, ce qui influa d'une manière fâcheuse sur la marche des travaux, comme on le remarque par l'augmentation du temps employé indiqué sous les chiffres 8, 9 et 21. Le progrès total dans la galerie d'avancement est resté de 167,8 mètres au-dessous de celui de l'année précédente et de 243,3 mètres au-dessous de ce qu'exigeait le programme.

Tandis que la galerie d'avancement progresse d'une manière assez indépendante des autres travaux et que, par conséquent, abstraction faite des perturbations susmentionnées, elle suit une marche assez régulière, les autres travaux d'excavation sont en partie intimement liés entre eux et en partie dépendants du transport des matériaux et de l'avancement de la maçonnerie. La marche de ces divers travaux n'était pas réglée de manière à prévenir toute collision entre quelques-uns d'entre eux. La perforation non-mécanique en calotte donna un résultat défavorable; le progrès y était faible et empêchait ainsi les autres travaux d'avancer. Mais depuis que le battage au large en calotte s'effectue par les moyens mécaniques, la principale entrave pour l'avancement des autres travaux a disparu et il a été possible d'introduire un système régulier dans la marche des divers travaux.

Pendant le premier semestre, le battage au large en calotte ne s'opérait en général que sur 2 attaques avec perforation mécanique, tandis qu'on y travaillait sur divers autres points par les moyens ordinaires. Exceptionnellement pendant le temps où, à cause de la nature de la roche, la perforation mécanique était suspendue dans la galerie d'avancement (18 Février), un troisième affût avec perforatrices fut employé au battage au large en calotte. En Juillet la perforation fut entièrement interrompue pendant 7 jours par un éboulement considérable (à 1190^{m} de l'entrée du tunnel). Mais peu après les deux nouveaux groupes de compresseurs commencèrent à fonctionner et l'accroissement considérable de la masse d'air qu'on obtint ainsi permit d'établir encore 2 nouvelles attaques pour la perforation mécanique en calotte, de sorte que depuis ce moment jusqu'à la fin de l'exercice, on travailla sur 4 points à la fois. Le nombre des ouvriers n'en dut pas être sensiblement augmenté, vu que les mêmes hommes pouvaient être employés successivement à la perforation à deux affûts différents. Au début, cette augmentation

des attaques eut pour conséquence un progrès correspondant; mais l'avantage se réduisit dans le dernier trimestre à ce qu'on avait obtenu au commencement de l'année lorsqu'il n'y avait que 2 ou 3 attaques. Ce résultat défavorable s'explique par les causes indiquées plus haut, c. à d. par la substitution des moyens ordinaires aux moyens mécaniques dans la roche tendre et friable, par les perturbations dans les transports causées par les fréquents éboulements dans les roches complètement disloquées qu'on rencontre sous la plaine d'Andermatt et, vers la fin de l'année, par le manque d'ouvriers exercés et par leur fréquent changement. En somme, le battage au large est resté de 112,6 mètres au-dessous du programme.

Dans la cunette du strosse, on a travaillé toute l'année sur 2 étages et avec des machines. Le progrès n'y atteignit pas non plus les chiffres fixés par le programme, ce qu'il faut attribuer en partie à la grande dureté de la roche, mais plus particulièrement aux causes indiquées plus haut. L'entreprise s'efforce d'attaquer la cunette du strosse encore depuis un autre côté, ce qui produirait une amélioration sensible dans les résultats.

L'abatage du strosse et l'excavation pour les pieds-droits et l'aqueduc ont eu lieu par les moyens ordinaires. Un essai fait en Février d'y appliquer les moyens mécaniques n'a pas été poursuivi. Le progrès obtenu en Janvier, où 124,7 mètres de strosse furent abattus, est remarquable. Le progrès total pour l'année est resté de 162,3 mètres au-dessous du programme.

Le monte-charge et son accumulateur ont été à deux reprises pendant l'année transférés plus en avant dans le tunnel, une fois en Mars, où ils ont été reportés de 850^{m} à 1390^{m}, puis en Août, de 1390^{m} à 1685^{m}. On a déplacé pareillement le couloir à déblais (entonnoir) et la rampe qui relie l'étage inférieur du tunnel à l'étage supérieur. Par suite de cela, la longueur du transport au moyen de chevaux s'est trouvée réduite et la longueur du transport à l'aide de locomotives s'est accrue. Le transport laissa souvent à désirer, soit faute d'une locomotive de réserve, qu'on possède mais qui ne peut être amenée en lieu utile que lorsqu'elle pourra franchir le strosse, soit par-ci par-là à cause d'une disposition défectueuse des voies de service, quoique l'expérience ait déjà plusieurs fois démontré qu'avec les locomotives à air comprimé on peut aisément transporter le nombre de wagons voulu pour le progrès prévu par le programme, du moment que des obstacles extérieurs ne s'opposent pas à leur circulation.

La préparation des voussoirs en carrière a été reprise en Avril et continuée jusqu'en Décembre. A la fin de l'exercice, il y en avait 32983 mètres carrés en provision.

La fixation préalable du mode de revêtement du tunnel avait eu lieu au commencement de l'année jusqu'au profil 2800, et s'étendait à la fin de l'exercice jusqu'au profil 3600, tandis que la voûte n'a avancé dans le courant de l'année que de 636,2 mètres et les pieds-droits en moyenne de 917,2 mètres. On avait admis précédemment qu'on pourrait se dispenser de maçonner le pied-droit ouest jusqu'à 2000 mètres de l'entrée du tunnel; mais on reconnut plus tard qu'il était indispensable de le maçonner sur la majeure partie de cette section, et cela eut lieu en effet là où il paraissait y avoir le plus d'urgence. A l'endroit où eut lieu le 8 Avril le grand éboulement, il a été construit sur une longueur de 12 mètres (de 1179^{m} à 1191^{m}) une voûte de 1 mètre d'épaisseur et l'espace vide à l'extrados a été garni de 3 murs transversaux pareillement de 1 mètre d'épaisseur, ainsi que d'une maçonnerie en pierres sèches. Dans la partie où la poussée est considérable, c. à d. entre 2755^{m} et 2835^{m}, on a commencé en Octobre la maçonnerie de revêtement.

En 1876, il a été établi dans le tunnel 11 niches et, à 1000 mètres de l'entrée, une grande chambre.

Nous passons maintenant à la description des travaux à la *tête sud* du tunnel.

Commençant par les installations, nous dirons d'abord que la principale amélioration consiste, de ce côté aussi, dans l'établissement de deux nouveaux groupes de compresseurs. Les travaux y relatifs furent entrepris en Avril et activés de telle sorte qu'en Juin les turbines et les cylindres étaient montés et qu'ils purent commencer à fonctionner dès le 7 et 8 Août. Le bâtiment destiné à recevoir ces compresseurs s'élève sur l'emplacement précédemment occupé par des écuries et fait suite à l'ancien bâtiment des compresseurs; il mesure 17^{m}.7 de longueur sur 10^{m}.7 de largeur. Une partie de ce bâtiment sert de logement pour le contre-maître des ateliers de machines. Au rez-de-chaussée sont les turbines avec les canaux, etc., nécessaires; au premier étage les cylindres, l'appareil pour la dessiccation de l'air, 2 roues Girard, un appareil d'injection et des hydrantes. Il est projeté pour ces locaux un chauffage au moyen de la vapeur. Le bâtiment a pareillement été achevé en Juillet.

Une nouvelle écurie fut commencée en Février et utilisée dès le mois d'Avril. L'atelier de charronnage attenant à la forge aux burins a été allongé.

Nous avons dit dans notre précédent rapport que les petits réservoirs avaient été reliés aux petits compresseurs et qu'ils étaient désormais affectés à l'alimentation de la locomotive avec de l'air à 12 atmosphères. La conduite nécessaire à cet effet a été posée en Janvier, en même temps que celle entre les grands compresseurs et les grands réservoirs, et entre ceux-ci et le tunnel. En Juin fut opérée aussi la mise en communication des compresseurs à colonne d'eau avec le grand réservoir d'air et celle de ce dernier avec la conduite d'air du tunnel. Les anciens compresseurs ont dû être pourvus d'appareils de dessiccation afin de prévenir l'obstruction des conduites par le gel.

La conduite des aspirateurs a été montée en Août et Septembre, après qu'on se fut procuré une quantité suffisante de tuyaux; mais ce travail fut suspendu lorsqu'on eut posé 140 mètres de conduite.

Comme la Tremola n'avait souvent qu'un très faible débit d'eau pendant l'hiver, la conduite qui s'y rattache ne put pas produire ses pleins effets. Celle du Tessin eut plusieurs fois son orifice obstrué par la glace et la conduite elle-même fut à plusieurs reprises fortement endommagée par des avalanches descendant le long des flancs de la vallée de Bedretto qui obstruèrent pendant quelque temps le lit du Tessin, ce qui nécessita aussi dans le courant de l'exercice de grandes réparations et des travaux protecteurs. Comme les nouvelles turbines doivent être mises en mouvement par l'eau du Tessin, il a été construit dans le lit de cette rivière une nouvelle digue de barrage pour utiliser au besoin toute l'eau du Tessin. Les eaux exceptionnellement basses résultant de la sécheresse de l'automne dernier eurent pour conséquence que toute l'eau du Tessin ne put même pas suffire à alimenter les turbines.

La longueur des voies de service à l'intérieur du tunnel et à l'extérieur était, à la fin de l'année, de 6940 mètres. L'observation que nous avons faite au sujet du transport par les locomotives pour le côté de Goeschenen s'applique aussi au côté sud, toutefois il y a eu ici moins de réparations. Une troisième locomotive perfectionnée et construite d'après un système excellent a été commandée pour le tunnel.

A la fin de l'année, il était employé du côté sud 15 affûts de perforatrices, dont 11 grands et 4 petits, ces derniers pour les machines verticales. Le nombre total des perforatrices existantes était de 101, savoir :

63	perforatrices	système	Mac Kean (nouveau modèle)
15	»	»	» (ancien modèle)
8	»	»	Dubois et François
1	»	»	Ferroux
14	»	»	Mac Kean (ancien modèle), verticales.

Le contre-maître Seguin a introduit une amélioration notable dans la construction et l'emploi des perforatrices Mac Kean, en ce que le tiroir ne consiste plus comme autrefois en un cylindre fermé, mais se compose de deux parties dont la supérieure sert de couvercle et peut être enlevée, et n'est fixée à la partie inférieure que par des vis. Par suite de cette modification, les réparations sont beaucoup plus faciles. En outre le levier qui détermine le mouvement automatique d'avancement de la machine a été transformé d'une manière qui dispense de toute manutention.

En Novembre, il a été employé à titre d'essai une nouvelle perforatrice système Ferroux, afin de pouvoir comparer ses résultats avec ceux de la perforatrice Mac Kean perfectionnée; mais on ne pouvait encore se prononcer à la fin de l'année.

Passant à la description des travaux de construction proprement dits du côté sud, nous donnons dans le tableau ci-après un aperçu des travaux exécutés pendant l'année 1876, ainsi que du nombre d'ouvriers employés et des conditions météorologiques. Dans la partie curviligne à l'extrémité du tunnel, qui ne figure pas dans ce tableau, il n'a pas été exécuté de nouveaux travaux en 1876.

Travaux exécutés, nombre d'ouvriers et conditions météorologiques

à la tête sud du Tunnel du Gothard.

Indication de l'objet	Etat des travaux Fin Décembre 1875	1876 Janvier 1	Février 2	Mars 3	Avril 4	Mai 5	Juin 6	Juillet 7	Août 8	Septemb. 9	Octobre 10	Novemb. 11	Décemb. 12	Pour l'année 1876	Etat des travaux. Fin Décembre 1876
Tunnel. Galerie d'avancement mètres courants	2599,0	121,3	89,0	76,1	63,6	58,6	40,4	52,0	83,0	101,0	117,0	105,0	113,6	1020,6	3619,6
» Battage au large . . » »	1152,0	70,0	100,0	111,0	89,0	113,0	138,0	144,0	111,0	115,0	106,0	123,0	89,0	1309,0	2461,0
» Cunette du strosse . » »	841,0	61,0	77,0	57,0	73,0	71,0	67,0	73,0	68,0	64,0	68,0	67,0	89,0	835,0	1676,0
» Strosse . . . . . » »	530,0	40,0	58,0	67,0	41,0	81,0	64,0	20,0	26,0	61,0	49,0	43,0	40,0	590,0	1120,0
» Revêtement de la voûte » »	830,0	38,7	48,5	9,3	4,9	29,6	71,0	87,9	109,1	74,0	99,1	84,0	64,0	720,1	1550,1
» Revêtement des pieds-droits est . . . . » »	101,9	31,9	68,2	164,2	15,8	36,8	126,6	22,8	—	71,5	62,5	26,9	9,1	636,8	738,2
» Revêtement des pieds-droits ouest . . . » »	730,0	32,3	21,2	13,1	39,0	22,9	0,9	4,0	12,9	22,6	61,6	80,9	82,9	394,3	1124,3
» Maçonnerie de l'aqueduc » »	126,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6,0	—	—	6,0	132,0
Nombre d'ouvriers par jour, en moyenne . .		1394	1526	1461	1463	1705	1643	1891	1877	1649	1540	1628	1558		
Nombre maximum d'ouvriers pour un jour . .		1488	1687	1592	1715	1849	1910	2083	2160	1904	1719	1767	1738		
Température extérieure moyenne. Maximum .		+ 7,0	+10,1	+11,6	+15,8	+20,2	+23,4	+25,4	+24,6	+18,2	+18,5	+ 8,2	+ 5,3		
Température extérieure moyenne. Minimum .		—10,0	—10,2	— 8,0	— 3,6	+ 1,0	+ 5,3	+11,0	+ 5,8	+ 4,8	+ 1,0	— 9,0	— 8,2		

D'après le mode de calcul usité, il résulte que les cubes des diverses catégories de travaux d'excavation exécutés à la fin de l'exercice s'élevaient à:

Galerie d'avancement	3000,0 ×	7,7 =	23100,0	mètres	cubes
Battage au large .	2461,0 ×	9,5 =	23379,5	»	»
Cunette du strosse .	1676,0 ×	9,5 =	15922,0	»	»
Strosse	1120,0 ×	18,4 =	20608,0	»	»
	Total . . .		83009,5	mètres	cubes.

Si l'on divise ce cube total par la section entière du diagramme de 45,10 pour le convertir en mètres courants, on obtient une longueur moyenne de 1840,10 mètres de tunnel complètement excavé. En 1876, la partie excavée représentait 38670 mètres cubes vis-à-vis de 55384,20 exigés par le programme, ce qui correspond à une longueur de tunnel de 857,40 mètres au lieu des 1228 mètres que portait le programme. En admettant 7450 mètres comme demi-longueur du tunnel, il resterait à encaver du côté sud depuis le 31 Décembre 1876 jusqu'au 1er Septembre 1880, encore 7450—1840,10 = 5609,90 mètres, c. à d. 127,50 mètres courants par mois ou 1530 par année.

En ce qui concerne les conditions géologiques de la partie dans laquelle a pénétré la galerie d'avancement, la roche rencontrée pendant les premiers mois était surtout du micaschiste de composition diverse, tantôt passant au micaschiste quartzifère ou amphibolique par la prédominance du quartz et de l'amphibole, tantôt prenant l'aspect du gneiss par l'addition de l'élément feldspathique. Comme accessoires on trouvait des pyrites sulfureuses, de la chlorite et des grenats dans une gangue de quartz. La disposition des couches était assez régulière. Depuis 2900 m, on rencontra fréquemment des lits de schistes chloriteux riches en éléments feldspathiques, en mica magnésien et en fines veines d'amphibole. On peut suivre ces couches à la surface dans la vallée de la Tremola; elles y sont, comme dans le tunnel, fréquemment brisées et courbées. On trouva aussi dans cette couche des pyrites sulfureuses, des pyrites magnétiques et des pyrites cuivreuses, ainsi que des bandes de quartz cireux calcaire. Cette roche amphibolique se continuait jusqu'à 3160 m, où elle passa d'abord au micaschiste, puis (vers 3177 m) au gneiss riche en mica, qui constitue le massif proprement dit du Gothard. Ce gneiss était très quartzeux et l'élément feldspatique n'y était que faiblement représenté. En maints endroits cette roche principale était traversée par des bandes ou des couches de gneiss blanchâtre et compacte ayant l'apparence de schiste quartzifère, mais plus riche en feldspath. La roche contenait fréquemment du calcaire, des pyrites sulfureuses, des veines de quartz et par-ci par-là des roches en décomposition de nature argileuse. La disposition générale des couches était N 50° E ⊢ 74° NO et ne s'écarta guère de cette direction pendant tout le cours de l'année. Il y avait, surtout entre 2950 m et 3020 m, des crevasses, qui causèrent des éboulements partiels du ciel du tunnel. De nouvelles infiltrations se produisirent entre 2803 m et 2847 m sous forme de forte pluie ou de sources minérales, ainsi que entre 2960 m et 3037 m; depuis ce point la roche était en général très sèche. La quantité d'eau sortant du tunnel a été:

en Janvier	245	litres	par	seconde
» Février	233	»	»	»
» Mars	238	»	»	»
» Avril	271	»	»	»
» Mai	239	»	»	»
» Juin	233	»	»	»
» Juillet	236	»	»	»

en Août	224	litres	par	seconde
» Septembre	224	»	»	»
» Octobre	231	»	»	»
» Novembre	206	»	»	»
» Décembre	212	»	»	»

On peut constater ainsi que malgré l'accroissement du nombre des sources vis-à-vis de l'année précédente, il y a eu diminution sensible du débit d'eau. Cela paraît indiquer que les eaux contenues dans les réservoirs souterrains se sont peu à peu écoulées et que les infiltrations ne dépendent plus que de la quantité de pluie ou de neige tombée. Quant aux conditions de température, nous nous référons aux chiffres 22 et 23 du tableau ci-après.

Aperçu des résultats de la perforation mécanique

dans la galerie d'avancement à Airolo.

Objet	1876											
	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Système de perforatrices appliqué	5 à 6 perforatrices Mac Kean					5 Mac Kean		4 à 5 Mac Kean		5 Mac Kean		
1. Progrès mensuel de la perforation mécanique mètres	121,3	89,0	76,1	63,6	58,6	40,4	52,0	83,0	101,0	117,0	105,0	113,6
2. Progrès journalier, moyen . . . »	3,96	3,14	2,44	2,32	2,19	1,76	1,67	2,72	3,73	3,84	3,64	3,64
3. » » maximum . . »	4,99	5,07	3,71	3,53	3,14	4,00	2,19	5,55	4,50	4,83	4,53	5,62
4. Nombre de perforations entreprises . . .	117	87	75	62	60	45	59	83	98	113	103	110
5. Les mêmes par 10 mètres d'avancement de de la galerie	9,65	9,78	9,86	9,75	10,24	11,19	11,34	10,00	9,70	9,66	9,81	9,68
6. Temps moyen employé heures et minutes	732 30	679 40	748 50	657 30	642 40	552 00	740 10	731 10	649 10	731 10	692 30	748 30
7. Chômages . . . . . » »	11 10	10 00	2 50	56 30	120 00	167 00	5 20	19 20	69 50	8 20	26 20	1 30
8. Temps moyen pour chaque perforation . .	3 16	4 12	5 31	6 32	6 06	7 40	8 43	5 16	3 14	3 30	3 42	3 42
9. » » p.décharger les mines, déblayer, etc.	2 59	3 36	4 28	4 05	4 37	4 36	3 50	3 33	3 24	2 58	3 02	3 06
10. Nombre de trous percés, en tout	1925	1402	1211	993	960	695	961	1383	1603	2058	1982	2070
11. Les mêmes par 10 mètres d'avancement de la galerie	159	158	159	156	164	172	185	167	159	176	189	182
12. Nombre moyen de trous au front d'attaque, à chaque perforation	16	16	16	16	16	15	16	17	16	18	19	19
13. Profondeur moyenne des trous . . mètres	1,11	1,10	1,08	1,09	1,07	1,10	1,11	1,10	1,11	1,10	1,9	1,11
14. Somme des profondeurs moyennes des trous de toutes les perforations. . . . mètres	130,2	95,15	81,05	67,55	64,4	49,3	65,7	91,25	109,2	124,15	112,7	121,6
15. La même par 10 mètres d'avancement de la galerie . . . . . »	10,73	10,72	10,65	10,62	10,99	12,20	12,63	10,99	10,81	10,61	10,73	10,70
16. Longueur totale des trous percés . . »	2140,7	1538,2	1308,0	1068,0	1030,8	761,1	1078,3	1524,3	1783,6	2260,3	2166,9	2287,4
17. La même par 10 mètres d'avancement de la galerie . . . . . »	176	173	172	168	176	188	207	184	177	193	206	201
18. Nombre de perforatrices employées. . . .	699	522	442	405	328	225	295	393	429	565	515	550
19. » » qui ont nécessité des réparations	25	22	34	29	28	33	84	58	41	31	53	38
20. » » » » » pr. %	3,58	4,21	7,69	7,16	8,54	14,67	28,48	14,76	9,56	5,49	10,29	6,91
21. Temps employé par 1 perforatrice p. percer un mètre . . . . . heures et minutes	1 05	1 26	1 52	2 28	1 57	2 16	2 23	1 21	0 47	0 53	0 53	0 53
22. Température moyenne au front de taille, en degrés centigrades	22°,2	22°,9	23°,1	23°,6	24°,7	23°,9	22°,7	20°,9	23°,5	23°,1	23°,1	23°,6
23. Température moyenne à l'entrée du tunnel, en degrés centigrades	2°,6	6°,7	8°,4	9°,8	12°,0	17°,3	21°,8	15°,8	13°,9	9°,7	5°,3	2°,8

Comme, du côté sud, la perforation dans la galerie d'avancement a toujours eu lieu par les moyens mécaniques, les chiffres du progrès qui figurent sous 1 correspondent exactement à ceux du progrès mensuel indiqué dans le tableau précédent. Par contre le progrès journalier moyen (chiffre 2) a été calculé d'après le temps moyen réel employé (chiffre 6) et non d'après le total du mois. Les chômages (chiffre 7) ont été causés en Avril et Septembre par les travaux de piquetage de l'axe, en Juin et Août par des éboulements du ciel du tunnel et par les travaux de boisage, en Novembre par un accident, et les autres par des réparations aux conduites d'air et par le remplacement des tuyaux de ces conduites.

La galerie d'avancement a été ouverte sur une section de 6,5 à 7 mètres carrés. La roche se présentait au commencement de l'année dans de bonnes conditions pour la perforation; mais le progrès réalisé fut moindre en Février et dans les mois suivants, soit faute d'une pression d'air suffisante provenant des perturbations déjà mentionnées dans le débit d'eau, soit à cause du changement survenu dans le personnel des ouvriers, qui amena sur les chantiers des gens moins exercés. De Juin jusqu'à la fin d'Août, la roche rencontrée était excessivement dure et tenace, et par conséquent difficile à excaver, ce qui explique les chiffres élevés que présentent ces mois relativement au temps employé (8 et 21) et au nombre des perforatrices qui ont nécessité des réparations (19 et 20). Après que ces couches amphiboliques eurent été traversées, la roche diminua rapidement de dureté, de sorte que les progrès réalisés dans les derniers mois furent beaucoup plus satisfaisants. En somme, le progrès de la galerie d'avancement est resté de 235 mètres au-dessous de celui qui avait été réalisé en 1875 et de 227,4 mètres au-dessous du programme.

Comme, par suite du changement de niveau, c. à d. de l'application du 2 ⁰/₀₀, au lieu de 1 ⁰/₀₀, comme pente du tunnel, la galerie d'avancement se trouvait placée trop bas dans les parties déjà excavées, il fallut en élever le ciel, travail très pénible et par conséquent très lent surtout aux endroits où il nécessitait un déplacement des boisages. Relativement à l'excavation des autres sections du diagramme ou profil du tunnel, ce qui a été dit pour le côté nord s'applique également au côté sud.

Par suite de l'avancement trop lent du battage au large en calotte, tous les autres chantiers étaient si rapprochés les uns des autres qu'ils se gênaient mutuellement. En outre, les nombreuses pompes employées pour enlever l'eau des fondations du pied-droit ouest et de l'aqueduc, pompes dont 7 en moyenne étaient en jeu, absorbaient une telle masse d'air qu'il n'en restait plus assez pour la perforation mécanique. Cet inconvénient a cessé en partie depuis que les nouveaux compresseurs ont commencé à fonctionner; mais il fit sentir encore ses fâcheux effets jusqu'à la fin de l'année, car ce ne fut que vers la fin de Février 1877 que les eaux purent être définitivement conduites dans l'aqueduc.

Ainsi que nous l'avons déjà exposé dans notre précédent rapport, le battage au large en calotte s'exécute sur deux étages dont le plus élevé se trouve au même niveau que la galerie d'avancement, tandis que l'autre est situé à la hauteur de la naissance des voûtes. A l'étage supérieur, il y avait en général 3 attaques; à l'étage inférieur il n'y en avait d'abord qu'une seule, dans la partie est; mais lorsque les nouveaux compresseurs eurent été établis on procéda aussi avec des machines au battage au large à l'étage inférieur dans la partie ouest. Ce qui restait encore pour achever l'excavation à section complète en calotte fut enlevé par les moyens ordinaires. De fréquentes accumulations d'eaux, à l'écoulement desquelles il n'avait pas été suffisamment pourvu, ainsi que la nécessité réitérée de procéder au boisement, retardèrent sensiblement les travaux; en Décembre il s'y ajouta encore un manque d'air par suite d'arrêt dans le fonctionnement d'un des nouveaux groupes de compresseurs dont la turbine s'était brisée.

Dans la cunette du strosse, on travailla du commencement de Janvier jusque vers fin Mai, par les moyens mécaniques et sur deux étages comme précédemment. Mais comme la maçonnerie de la voûte avait dû être faite avant qu'on pût ouvrir la cunette du strosse et qu'elle n'était ni dûment protégée ni suffisamment consolidée, il arriva plusieurs fois que la voûte fut gravement endommagée par les coups de mine de la cunette du strosse. C'est principalement par ce motif et en partie aussi à cause du manque d'air que la perforation mécanique dut être interrompue dans la cunette du strosse et qu'on n'y travailla plus que par les moyens ordinaires jusqu'à la fin de l'année. On ne put par conséquent pas réaliser le chiffre du programme pour la cunette du strosse. Toutefois si le progrès du battage au large en calotte atteint le chiffre fixé par le programme, il sera possible d'y arriver aussi dans les travaux de maçonnerie de la voûte et d'ouverture de la cunette du strosse qui lui succèdent.

L'abatage du strosse fut pratiqué par les moyens ordinaires, c. à d. à bras d'hommes; mais, comme il a été dit, il n'avança pas avec toute la vitesse désirable, soit à cause de collisions fréquentes avec les travaux de maçonnerie, soit à cause de la construction lente de l'aqueduc définitif. Tant que l'aqueduc définitif n'était pas achevé, la masse principale des eaux s'écoulait par des canaux en bois posés sur l'étage du strosse. Ce n'est qu'après qu'on eut obtenu assez d'air pour pouvoir employer un nombre suffisant de pompes, que les travaux de l'aqueduc, de l'avancement desquels dépendent les progrès du strosse, purent être dûment activés. Comme l'excavation, par les moyens ordinaires, de l'aqueduc attenant au pied-droit ouest ainsi que celle pour les fondations du pied-droit lui-même, exigeait un temps considérable, on y appliqua dès le 21 Novembre en partie aussi les moyens mécaniques et l'on obtint de cette manière un progrès beaucoup plus satisfaisant.

Au commencement de l'année, le monte-charge qui avait servi jusqu'alors fut démonté et en Mars on en établit un autre à 820 m. A mesure que les travaux avancèrent, il y eut nécessité de reporter ce monte-charge plus en avant dans le tunnel. Son déplacement eut lieu en Novembre, à profil 1309, où il commença à fonctionner le 21 Décembre. En arrière du monte-charge il doit être établi, de côté et d'autre, des rampes entre l'étage inférieur et l'étage supérieur, comme il en existe depuis longtemps entre la galerie d'avancement et le bas de la cunette du battage au large. Ces rampes tiendront lieu aussi du monte-charge qui ne suffit pas toujours et seront très utiles surtout lorsque le monte-charge devra subir des réparations.

La préparation des voussoirs a été reprise dans diverses carrières au commencement du second trimestre et elle a été poursuivie jusqu'en Novembre. A la fin de l'année, il restait un approvisionnement total de 30498 mètres carrés de voussoirs sur le chantier.

La fixation préalable du mode de revêtement eut lieu en Mars jusqu'à 2300 m de l'entrée du tunnel et en Décembre jusqu'à 3500 m, mais n'est pas encore définitivement arrêtée pour cette dernière partie. Le progrès de la maçonnerie de voûte a été, en 1876, de 720,1 mètres et celui de la maçonnerie des pieds-droits, de 515,3 mètres en moyenne. Entre 830 m et 947 m, ainsi qu'entre 1043 m et 1239 m, on n'a pas fait de revêtement vu qu'il n'y avait pas urgence. Relativement à la qualité de la maçonnerie, ce qui a été dit pour le côté nord s'applique pareillement ici. Lorsque les parties les plus aqueuses seront revêtues de maçonnerie, ce qui peut se faire jusqu'en Mars, les travaux seront moins pénibles.

En 1876, il a été excavé 9 nouvelles niches sur les côtés du tunnel, et une chambre a été établie à 970 m.

Après avoir décrit, dans ce qui précède, la marche des travaux de l'une, puis de l'autre tête du tunnel, il nous reste à parler de ce qui concerne le *tunnel dans son ensemble.*

Nous avons mentionné en détail dans notre précédent rapport les négociations à la suite desquelles fut conclue avec l'entrepreneur la Convention additionnelle du 21/25 Septembre 1875 en vue de modifier à certains égards les dispositions de la Convention principale et en particulier de fixer un programme de manière à régler dûment la marche des travaux. Nous avons mentionné aussi que nous avions eu lieu de suspendre dès le 1er Août 1875 les paiements d'à-comptes pour la galerie d'avancement et que jusqu'à la fin de l'année il n'y avait pas eu de motifs de les reprendre, attendu qu'il ne ressortait pas de l'état des travaux que M. Favre fût en état de remplir les conditions du programme stipulé dans la Convention additionnelle. M. Favre, de son côté, admettait avoir satisfait à ces conditions et s'adressa par conséquent au Conseil fédéral pour obtenir que les réserves contenues dans la Convention additionnelle fussent écartées. Le Conseil fédéral, malgré les améliorations et les progrès survenus depuis lors dans les travaux du tunnel, ne crut pas pouvoir décider que M. Favre fût en mesure de remplir les engagements qu'impose le nouveau programme de la marche des travaux. Mais comme l'entrepreneur avait encore à consacrer des sommes considérables à l'extension et à l'amélioration des installations ainsi qu'à de nouvelles acquisitions de perforatrices, de wagonnets, de tuyaux pour conduites d'air, etc., le Conseil fédéral décida en date du 7 Janvier 1876 qu'il serait payé à M. Favre le 70 % de ce qui lui était dû pour les travaux exécutés dans la galerie d'avancement depuis le 1er Août 1875, et que les 30 % restants ne lui seraient payés qu'autant qu'il justifierait que ce solde lui est nécessaire pour l'extension des installations et l'augmentation du matériel et qu'il recevra réellement cette destination. Par suite de cette décision, M. Favre eut à prouver que depuis le 1er Août 1875 il avait dépensé en extensions et améliorations des installations une somme au moins égale à celle qui était représentée par le 30 % de ce qui lui était dû par la Compagnie, et il eut ensuite à justifier chaque mois d'une augmentation correspondante du matériel. M. Favre ayant fourni ces justifications, le montant intégral de ce qui lui revenait pour la galerie d'avancement lui a été payé.

Le tableau ci-après montre dans quelle mesure M. Favre a réussi, en 1876, à satisfaire au nouveau programme.

Désignation des travaux	Etat des travaux au 31 Décembre 1875			Progrès en 1876			Etat des travaux au 31 Décembre 1876		
	D'après programme	En réalité	Différence	D'après programme	En réalité	Différence	D'après programme	En réalité	Différence
Galerie d'avancement	4904	5409,8	+ 505,8	2496	2026,3	— 469,7	7400	7436,1	+ 36,1
Battage au large . .	2536	2632,8	+ 96,8	2556	2474,4	— 81,6	5092	5107,2	+ 15,2
Cunette du strosse .	2358	2219,9	— 138,1	2688	1608,1	— 1079,9	5046	3828,0	— 1218,0
Strosse	1356	1223,8	— 132,2	2268	1561,7	— 706,3	3624	2785,5	— 838,5
Voûte	1812	1562,8	— 249,2	2316	1356,3	— 959,7	4128	2919,1	— 1208,9
Pieds-droits	1136	880,0	— 256,0	2472	1432,4	— 1039,6	3608	2312,4	— 1295,6

Il ressort de cette récapitulation qu'il n'a pas encore été satisfait aux exigences du programme. La principale cause en est que jusqu'au moment où le nombre des compresseurs a été augmenté, on ne disposait pas d'une force motrice suffisante pour le nombre voulu d'attaques avec les moyens mécaniques en particulier pour le battage au large, ce qui était des plus préjudiciable pour la bonne marche des travaux. Il a été reconnu avec évidence que le battage au large en calotte dont, abstraction faite de la petite galerie, dépend l'avancement de tous les travaux du tunnel, est infiniment plus économique et plus rapide quand il a lieu avec des machines que lorsqu'il s'opère à bras d'hommes. Du côté d'Airolo, la voûte du tunnel ayant dû, à cause du peu de consistance de la roche, être immédiatement maçonnée, avant qu'on pût procéder à l'excavation des étages inférieurs, les travaux de la cunette du strosse et du strosse sont nécessairement restés en arrière du programme. Du côté de Gœschenen, la cunette du strosse a pu être ouverte, il est vrai, avant que la voûte fût maçonnée; mais la cunette était déjà au commencement de l'année poussée si près du battage au large qu'elle ne pouvait plus avancer bien rapidement pour ne pas entraver la première de ces opérations. Ce n'est que vers le milieu de Juillet, lorsque les nouveaux compresseurs eurent été établis, qu'il y eut amélioration dans le travail mécanique. En effet, si l'on compare le progrès mensuel moyen, réalisé pendant le premier semestre et celui du second semestre, on a :

	Moyenne mensuelle De Janvier à Juin.	Moyenne mensuelle. De Juillet à Décembre.
	Mètres.	Mètres.
Galerie d'avancement	153,9	183,9
Battage au large	189,7	222,7
Cunette du strosse	130,9	137,1

Le progrès n'augmenta toutefois pas dans la mesure à laquelle on aurait pu s'attendre en raison de l'accroissement de la force motrice. Il faut l'attribuer en partie à ce qu'il a fallu plusieurs mois pour modifier l'organisation des travaux qui était la conséquence de l'insuffisance des moyens mécaniques, en partie aussi aux difficultés techniques résultant de la nature de la roche à perforer. Du côté de Gœschenen, les couches friables entre 2750^{m} et 2835^{m} dont il a été parlé et dans lesquelles la poussée est considérable, créent d'énormes difficultés et, aussi longtemps qu'on ne les aura pas complétement excavées et maçonnées, elles seront un obstacle continuel pour le transport des déblais provenant de l'excavation ultérieure. Il ne faut pas songer à voir ces difficultés surmontées avant le second semestre de 1877. Du côté d'Airolo, le principal obstacle à l'avancement convenable des travaux dans la partie antérieure du tunnel consiste toujours dans la masse d'eau qu'on rencontre jusqu'à 1238^{m} de l'entrée du tunnel. Cette eau a été jusqu'ici très imparfaitement dérivée à l'aide de canaux provisoires en bois sur le côté est du battage au large et il n'a par cette raison pas été possible d'abattre entièrement le strosse de ce côté-là. Toutefois, dans le courant du second semestre, l'aqueduc définitif a pu, à l'aide de pompes plus nombreuses, être creusé et maçonné sur une assez grande longueur. Lorsqu'il sera avancé de manière à pouvoir servir à l'écoulement de toutes les eaux sur cette section, comme on peut l'attendre en Mars 1877, l'abatage complet du strosse ne présentera plus de difficultés techniques et, d'après l'expérience acquise depuis la fin de l'exercice qui nous occupe, il n'est plus guère douteux qu'on ne puisse alors satisfaire aux exigences du programme.

En ce qui concerne la vérification de l'axe du tunnel, nous avons encore à mentionner qu'il a été procédé en Septembre à un piquetage des deux côtés du tunnel, directement depuis les observatoires, avec opérations simultanées pour la mesure minutieuse des longueurs et un nivellement de précision. Le piquetage du côté d'Airolo a pu être achevé en 2 jours, mais celui du côté de

Gœschenen a presque exigé 4 jours à cause du mauvais temps survenu brusquement et qui s'opposa longtemps aux signaux en plein air. La direction ne s'écarte de côté et d'autre que de quelques centimètres des déterminations obtenues précédemment par le prolongement successif des mesures. Dans ces opérations le télégraphe a servi aussi à assurer une prompte entente.

Les travaux de parachèvement qu'il restait encore à exécuter sur les *lignes tessinoises de plaine* et dont il a été question dans notre précédent rapport, ont tous été terminés dans le courant de 1876.

En ce qui concerne les *terrassements et travaux d'art*, nous mentionnerons comme effectués en régie par la Compagnie, le remblai de la station de Bellinzona, les travaux de parachèvement du tunnel de Maroggia, le règlement et la consolidation des talus coulants de la tranchée de Coldrerio et l'exécution des terrassements et travaux d'art de la station internationale de Chiasso. Relativement à l'importance de ces deux derniers, nous citerons les chiffres suivants. Il a été enlevé dans la tranchée de Coldrerio, afin de diminuer l'inclinaison des talus, environ 125,000 mètres cubes qui ont été transportés sur la voie définitive pour servir au remblai de la station de Chiasso. La distance de transport était de 6 kilomètres et en 9 mois environ il a été parcouru 588,000 kilomètres-essieux de wagons, dont 105,800 appartiennent à l'année courante. Le transport des matériaux était terminé à la fin de Février. Les talus de la tranchée de Coldrerio ont été consolidés au moyen de clayonnages sur une longueur totale de 10,000 mètres. Le remblai de la plate-forme de la station internationale de Chiasso a exigé, indépendamment des 125,000 mètres cubes de déblais provenant de la tranchée de Coldrerio, encore environ 160,000 mètres cubes tirés de la chambre d'emprunt près de kilomètre $24^{000}/_{240}$. Le transport en a été opéré sur une voie de service construite par l'entrepreneur. Nous mentionnerons encore ici les doubles travaux d'art exécutés sous la station pour le passage du torrent de la Faloppia et de la route de Pedrinate avec une section d'écoulement de 12^{m} pour le torrent et une largeur de route de 6^{m}. Cet ouvrage mesure 101^{m} de longueur de tête en tête. Vu le peu de consistance du sol sur lequel s'étend la station, on a dû établir cette dernière sur des fondations de pilotis, qui ont exigé 1215 pieux de 5 à 7^{m} de longueur. Les principaux cubes pour cet ouvrage sont 1770 mètres cubes de béton et environ 7000 mètres cubes de maçonnerie.

Relativement à la *voie*, les travaux de construction pendant l'exercice qui nous occupe se sont bornés à l'achèvement des voies des stations de Bellinzona et de Chiasso. La disposition des voies à cette dernière station a été exécutée d'après des plans arrêtés de concert avec la Compagnie des Chemins de fer de la Haute-Italie. Il n'a été conservé qu'environ 700 mètres de la précédente disposition des voies de la gare de Chiasso et il dut être placé 6500 mètres de voies nouvelles. Le matériel nécessaire a pu être pris sur les précédentes fournitures.

Le nombre d'ouvriers occupés en 1876 pour les terrassements et la voie était de :

	En moyenne par jour	En maximum par jour
Section Biasca-Bellinzona	35	66
» Bellinzona-Locarno	32	46
» Lugano-Chiasso	338	432

Les *bâtiments* de la ligne Biasca-Locarno mentionnés comme non encore achevés dans notre précédent rapport, savoir les bâtiments à voyageurs des stations de Giubiasco, Cadenazzo, Bellinzona et Locarno, ont été presque terminés tant à l'intérieur qu'à l'extérieur. Les deux premiers ont pu être utilisés dès l'arrière-saison. Le bâtiment à voyageurs de la station de Bellinzona a été consigné au service de l'exploitation au commencement de l'année 1877 et celui de la station de Locarno a été approprié à sa destination au printemps dernier. Dans l'aile nord du bâtiment à voyageurs de la station de Bellinzona on a été établi, au moyen d'un plancher intermédiaire et de quelques cloisons, les locaux provisoires nécessaires pour les bureaux et les magasins de l'économat. La marquise à établir pour les diligences à la station de Biasca a pareillement été exécutée. Les bâtiments provisoires à voyageurs à Locarno et Lugano ayant été utilisés par le service de l'exploitation jusqu'à la fin de 1876, on n'a pas encore pu construire les lieux d'aisance définitifs qui se trouveront sur l'emplacement occupé par les bâtiments provisoires susmentionnés. A Bellinzona, le bâtiment provisoire à voyageurs sera conservé pour le moment et sera transformé en logement pour les aiguilleurs, avec lieux d'aisance pour les voyageurs.

Sur la ligne Lugano-Chiasso, le bâtiment à voyageurs de Lugano a été consigné au service de l'exploitation et la marquise en fer projetée du côté de la sortie a été exécutée. Les bâtiments de la station de Chiasso, qui ont dû être construits en 1876, ont pu être adjugés aux entrepreneurs en Mars et étaient achevés lors de l'ouverture de la ligne de raccordement des chemins de fer de la Haute-Italie. Ils consistaient en agrandissements de l'ancien bâtiment provisoire à voyageurs, en construction d'une halle de 106 mètres de longueur pour la douane, d'un dépôt de machines et d'une remise à voitures pour la Compagnie de la Haute-Italie, d'un réservoir et d'une cage pour une roue hydraulique, d'une maison de garde et des dépendances nécessaires.

Le nombre d'ouvriers occupés en 1876 pour les bâtiments était de:

	En moyenne par jour	En maximum par jour
Section Biasca-Locarno	55	85
» Lugano-Chiasso	40	56

Enfin nous mentionnerons encore les bâtiments de service à Wasen et à Airolo, dont il était question déjà dans notre précédent rapport et qui ont été achevés et occupés dès l'été de 1876.

En ce qui concerne les *accessoires de la voie* pour la station internationale de Chiasso, nous dirons que tous les accessoires qui se rattachent à l'établissement des voies, savoir: les changements, les croisements, les plaques tournantes, les chariots transbordeurs, etc., qui ont été pris sur les précédentes fournitures à l'exception de 10 croisements de voie en fonte dure et de 6 plaques tournantes de $4^{m}.50$ de diamètre pour wagons, ont été posés et mis en place dans le courant de 1876. C'est aussi dans cet exercice que rentre l'établissement de la nouvelle alimentation d'eau à la gare de Chiasso, où une roue à aubes de 3^{m} de diamètre fournit la force motrice pour un débit d'eau de 3 litres par seconde. L'alimentation des machines a lieu au moyen de deux réservoirs d'une contenance de 32 mètres cubes chacun et donc le remplissage exige 6 heures. L'eau est amenée aux grues hydrauliques par une conduite de 730 mètres de longueur et de 150 millimètres de diamètre. L'alimentation d'eau était achevée au milieu d'Août 1876 avec tous les travaux de maçonnerie et de taillage de pierres qu'elle exigeait et avec deux cages en bois pour les pompes et la roue hydraulique, ainsi que pour les deux réservoirs, et les épreuves auxquelles il a été procédé ont répondu à l'attente.

Relativement à la *télégraphie de service* et au *matériel et outillage,* les lignes tessinoises de plaine sont complètement pourvues de ce qui est nécessaire et il n'y a eu par conséquent aucune acquisition à faire en 1876.

La *délimitation* du domaine du chemin de fer, dont l'exécution a passé entre les mains de l'administration de l'exploitation, a été en grande partie achevée en 1876 tant sur la ligne Biasca-Bellinzona-Locarno que sur celle de Lugano-Chiasso. Il a été émis une instruction spéciale touchant l'établissement du cadastre du chemin de fer, d'après lequel seront dressés et rectifiés les plans parcellaires, ainsi que les registres cadastraux.

Pour la *liquidation des comptes* relatifs aux travaux de construction des lignes tessinoises de plaine, il a fallu dresser 34 états pour les terrassements et travaux d'art. Sur ce nombre, il y avait à la fin de 1875 règlement complet touchant 5 lots. Les liquidations relatives à 8 lots donnèrent lieu à procès soit par suite de mise en régie, soit à cause de prétentions exorbitantes de la part des entrepreneurs. Dans l'exercice de 1876, les procès relatifs à 6 lots furent terminés par jugements du Tribunal fédéral et il ne restait plus à la fin de l'exercice que deux procès en suspens. La liquidation définitive a pu avoir lieu à l'amiable pour 14 lots; pour une de ces liquidations le solde qui restait dû a été payé. Les tractations avec les entrepreneurs se poursuivent encore touchant le règlement définitif des différences pour 6 lots de terrassements et travaux d'art. Les comptes avec les fournisseurs de ponts en fer, ainsi qu'avec les entrepreneurs des travaux de parachèvement, ont été complètement réglés, de sorte que, sauf les ententes qui n'ont pas encore abouti et les procès encore pendants, les comptes relatifs aux terrassements peuvent être considérés comme entièrement liquidés.

Les décomptes pour les bâtiments des lignes tessinoises de plaine ont marché de front avec l'achèvement des dits bâtiments. La besogne était aussi ici très considérable vu que ces travaux avaient été adjugés à différents entrepreneurs et sur métré. Les tractations y relatives ont été poursuivies de telle sorte qu'à la fin de l'exercice il ne restait plus à régler que les décomptes pour les travaux de maçonnerie et de taille de pierres, ainsi que de petites notes d'artisans pour les bâtiments à voyageurs de Bellinzona, Locarno et Lugano récemment achevés.

Quant à la voie et aux accessoires de la voie, tous les comptes ont été liquidés dans le cours de l'exercice.

En ce qui concerne la délimitation et le bornage de la propriété du chemin de fer, il ne restait plus durant l'exercice qu'à régler les comptes relatifs aux plantations de haies vives, ce qui a pareillement eu lieu depuis lors.

Ainsi que le mentionnait notre précédent rapport, le Conseil fédéral avait décidé qu'il serait procédé au commencement de Juillet et à fin Décembre 1876 ou au commencement de l'année 1877, pour les lignes tessinoises de plaine, à de nouvelles *collaudations* officielles en vue de constater le complet achèvement de tous les travaux qui à l'époque de l'ouverture des dites lignes n'étaient pas encore entièrement terminés. Ces collaudations n'ont toutefois pas eu lieu dans le courant de 1876, mais ont été reportées à l'année 1877.

Nous mentionnerons enfin la *consignation des lignes exploitées* à l'administration de l'exploitation, ainsi que la *remise de tous les matériaux, outils, instruments, machines, magasins* et *établissements de préparation des traverses, etc., provenant de la construction,* en mains de l'économat.

La consignation de la ligne Biasca-Bellinzona-Locarno eut lieu le 8/18 Février; celle de la ligne Lugano-Chiasso (à l'exception momentanée de la station de Lugano, de la section du pont de Bissone au tunnel de Maroggia, de la tranchée de Coldrerio et de la station de Chiasso) les 22, 23 et 24 Février; celle de la station internationale de Chiasso le 14 Août; celle de la section Bissone-Maroggia et de la tranchée de Coldrerio le 26 Août, et enfin celle de la gare de Lugano le 6 Octobre.

La remise des matériaux et de l'outillage provenant de la construction des lignes tessinoises de plaine a eu lieu successivement sur les divers chantiers.

Les *accidents* survenus pendant la construction du chemin de fer du Gothard sont récapitulés dans le tableau suivant:

Cause des accidents	Personnes tuées						Personnes blessées					
	Rampe d'accès nord	Tunnel du Gothard		Rampe d'accès sud	Lignes tessinoises de plaine	Total	Rampe d'accès nord	Tunnel du Gothard		Rampe d'accès sud	Lignes tessinoises de plaine	Total
		tête nord	tête sud					tête nord	tête sud			
Chutes d'individus	1	.	.	.	.	1	.	10	2	1	8	21
Explosions de dynamite (pour la plupart en rallumant des mines non-parties)	.	2	5	.	.	7	.	11	1	.	.	12
Chutes de blocs de roche, de pierres d'appareil ou de pièces de bois .	.	7	2	.	.	9	.	15	10	.	.	25
Ecrasement sous wagonnets . . .	.	4	2	.	.	6	.	8	3	.	.	11
Collision entre wagonnets	.	.	1	.	.	1	.	6	3	.	.	9
Ecrasement sous locomotive . . .	.	1	.	.	.	1	.	2	.	.	.	2
Accidents causés par les machines .	.	.	.	.	.	.	.	4	2	.	.	6
Explosions de conduites d'air . . .	.	.	.	.	.	.	.	1	1	.	.	2
Total	1	14	10	.	.	25	.	57	22	1	8	88

Nous avons de nouveau enjoint à notre personnel chargé de la surveillance des travaux du grand tunnel du Gothard, de contribuer par tous les moyens à prévenir les accidents. Notre Direction technique n'a non plus rien négligé pour agir par la voie des recommandations, la seule qui lui soit ouverte en présence des conventions relatives à l'exécution du grand tunnel du Gothard, pour que M. Favre

organise ses travaux d'une manière qui tienne mieux compte que jusqu'à présent de la santé et de la vie des ouvriers. Nous avons, en outre, après que ces recommandations furent demeurées sans effet, fait remarquer au Département fédéral des Chemins de fer et du Commerce qu'il n'y avait que les Autorités qui pussent intervenir efficacement pour remédier à cet état de choses, ou en cas d'accidents attribuables à l'entreprise, les intéressés par des plaintes portées devant les tribunaux. Par suite de cela, le Département susdénommé a rappelé aux Gouvernements d'Uri et du Tessin leur obligation de veiller sur la vie et la santé des milliers d'ouvriers occupés par M. Favre et de prendre les mesures qu'ils jugeraient nécessaires à cet effet, et a invité en outre les dits Gouvernements à faire placarder sur les chantiers et dans les locaux fréquentés par les ouvriers la loi fédérale du 1er Juillet 1875 relative à la responsabilité des entreprises de chemins de fer en cas de mort et de blessures par suite d'accidents, et à charger les autorités communales et les agents de police de renseigner au besoin les intéressés sur le sens et la portée des dispositions contenues dans cette loi. Il y a lieu d'espérer que ces mesures, qui ont déjà engagé M. Favre à augmenter son personnel de surveillants, porteront de bons fruits.

VI. Exploitation.

A. En général.

Tarifs. Par suite de l'ouverture du tronçon Chiasso-Como qui met notre ligne de Lugano-Chiasso en relation directe avec le réseau des chemins de fer de la Haute-Italie, nous avons dû prendre des arrangements avec l'Administration de ce réseau touchant le *transport direct des voyageurs, bagages, chiens et marchandises.*

En ce qui concerne le *transport des voyageurs* et des bagages, il est délivré des billets de voyageurs et des bulletins de bagages directs de nos stations pour les stations italiennes voisines, ainsi que pour les principales gares des chemins de fer de la Haute-Italie et pour quelques gares des chemins de fer Romains. Il a pareillement été introduit des billets de voyageurs et des bulletins de bagages directs entre Biasca et Bellinzona d'une part, Gênes et Turin de l'autre, via Locarno.

Quant au *transport des marchandises,* on n'a pas encore établi pour le moment d'expédition directe ni de tarif direct, mais on est convenu que les expéditions entre les stations de notre ligne Lugano-Chiasso et les stations des chemins de fer de la Haute-Italie pourront être enregistrées directement dans les deux directions. Les expéditeurs ont à joindre à leurs marchandises deux lettres de voiture, l'une sur la formule usitée sur les lignes de la Haute-Italie, l'autre sur la formule adoptée par les chemins de fer suisses. Chacune des deux Administrations transporte les marchandises aux conditions de ses propres règlements, jusqu'à et depuis Chiasso. La transmission à la station internationale a lieu d'après un bordereau sur lequel se fait aussi le décompte de ce qui revient à chaque Administration. Les formalités pour la douane suisse sont remplies par nous à la station internationale de Chiasso, en tant que les expéditeurs n'en ont pas disposé autrement, et celles pour la douane italienne par l'Administration des chemins de fer de la Haute-Italie. Nous avons établi un tarif pour les manipulations y relatives conformément à l'art. 13 du règlement suisse de transport.

La loi fédérale du 3 Juillet 1875 sur l'introduction du *système métrique* devant entrer en vigueur le 1er Janvier 1877, la Conférence des Administrations de chemins de fer suisses s'est vue obligée de sup-