

Zeitschrift: Bulletin de la Société vaudoise des ingénieurs et des architectes
Band: 19 (1893)
Heft: 3, 4 & 5

Artikel: La traversée des Alpes par le Val Ferret soit du Grand Saint-Bernard
Autor: Ritter, G.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-17491>

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: 15.04.2026

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

même sens que le régulateur ; mais cette tige étant filetée, dans notre cas avec le pas de vis à gauche, elle s'élèvera, soulevant en même temps par l'étrier *l* le groupe des engrenages *dd'* et le contre-disque *c* qui tendra ainsi à échapper à l'action du disque *b* et *y* échappera dès que le régulateur cessera de s'élever. Le contraire aura lieu naturellement lorsque le régulateur s'abaissera. Il s'ensuit donc que la tige creuse *p* du cinquième engrenage suivra exactement le mouvement du moufle du régulateur, s'élevant et s'abaissant avec lui exactement de la même quantité. Il ne reste donc maintenant qu'à faire actionner le registre du moteur par cette tige creuse et cela soit en utilisant directement son mouvement vertical, comme on le ferait avec un régulateur ordinaire, soit en utilisant son mouvement de rotation par les nombreux moyens que la mécanique met à notre disposition et qui n'ont rien à faire dans la question ; deux dispositions sont simplement indiquées sommairement sur le dessin ; dans celles-ci la tige *p* porte un engrenage *g'* qui commande par la roue *g''* un second axe vertical *q* ; cet axe, dans la disposition indiquée en ligne pleine, est fileté et, au moyen de l'écrou *r*, actionne le levier *s* dont l'extrémité *t* commande le registre ; dans la disposition indiquée en lignes pointillées, ce second axe porte un engrenage *g* qui commande l'arbre du registre. Le régulateur peut être commandé par la poulie *z* et la paire d'engrenages *y* ou de tout autre façon. L'invention porte donc sur la disposition entièrement nouvelle de servo-moteur pour régulateur consistant à faire suivre aux pièces embrayées le mouvement des pièces embrayantes dans le sens de leur axe, sans le secours d'aucun levier ; ainsi tout frottement inutile est supprimé et le jeu est réduit au minimum. Le tachymètre peut être d'un système quelconque, à la condition d'être énergique et sensible. Ce servo-moteur possède en outre deux grands avantages : il peut être réglé en marche et le registre peut être fermé ou ouvert à la main sans ôter la connexité obligatoire entre le tachymètre et le registre.

Le réglage en marche permet au régulateur de ne jamais ouvrir le registre plus que ne le comporte la quantité d'eau disponible. C'est un avantage sérieux en cas d'eau variable et qui ne se retrouve dans aucun appareil semblable. Voici comment on procède :

Une disposition permet de soulever (fig. 2) par le volant à main *V* la vis *i* et le levier *a*, le régulateur et son arbre. Or, la position des contre-disques *cc'* (fig. 1) est en relation directe avec l'ouverture du registre. Si donc j'enlève le régulateur en marche, je fais appuyer le disque *b* contre le disque *c*, lequel se soulevant avec son équipage se trouvera, pour une même position des boules du régulateur, dégagé dans une position plus haute qu'auparavant, position nouvelle qui correspond à une moindre ouverture du registre.

Pour la manœuvre du registre à main, voici comment on opère (fig. 2) :

Le moteur étant en marche, je soulève le petit manchon d'accouplement *b*, au moyen d'un levier à poignée *E*, d'une came *e* et du levier *d* ; je libère ainsi le régulateur de l'arbre qui lui donne le mouvement au moyen des engrenages *y*. Relevant encore le manchon *b*, je l'embraye avec un engrenage conique *c* qui reçoit son mouvement d'un volant à main *M* par l'intermédiaire du pignon *m*. Je tourne ce volant de manière à donner au régulateur un mouvement de rotation inverse de son

mouvement normal ; le registre se fermera et le régulateur se soulèvera avec son arbre. Pour ouvrir le registre, il suffira de faire tourner le régulateur, à main, dans son sens normal et d'embrayer son mouvement en laissant retomber le manchon *b*, dès que le moteur se mettra en marche.

Le temps que met le régulateur pour ouvrir ou fermer entièrement le registre est, pour chaque type, proportionnel au pas de vis *i* (fig. 1). Ce pas de vis est construit et monté de façon à pouvoir être facilement changé. D'une façon générale ce temps ne dépasse pas 10" et en supposant par exemple un tachymètre d'une énergie de 6 kg., pour une variation de 2 % du nombre de tours, le servo-moteur muni d'un disque d'embrayage de 200 mm. de diamètre produit un travail environ 350 fois plus grand que celui qui serait donné par le tachymètre seul¹.

Paris, avril 1893.

LA TRAVERSÉE DES ALPES PAR LE VAL FERRET

SOIT DU GRAND SAINT-BERNARD

par G. RITTER, ingénieur.

Planches 18 et 19.

Préambule.

Dans la réunion publique convoquée à Lausanne le 12 décembre 1892, par la société vaudoise des ingénieurs et des architectes, l'accueil bienveillant fait à mon intervention en faveur du passage des Alpes par le Grand Saint-Bernard (Col Ferret), pour l'établissement d'une nouvelle voie ferrée internationale entre l'Italie et la Suisse, m'a engagé à venir derechef exposer dans une réunion spéciale de la société, d'une manière plus substantielle, les raisons majeures qui, dans cette question et selon moi, militent impérieusement dans le choix du nouveau passage, en faveur du Saint-Bernard contre le Simplon.

Pour la Suisse romande et principalement pour les cantons de Vaud et du Valais, le moment n'est plus aux illusions dans le domaine économique des chemins de fer, car après les événements récents qui ont changé l'orbite dans laquelle se mouvaient les intérêts de ces cantons relativement à ce domaine ; plus aucune faute sérieuse n'est à commettre, si l'on ne veut point rendre irréparablement définitive la situation secondaire qui est faite à notre pays.

Le percement du Simplon serait une de ces fautes irrémédiables, sans limite dans ses conséquences désastreuses, qui feraient du canton de Vaud un triangle absolument mort dans le réseau des voies ferrées servant au trafic international, et ferait du canton du Valais une impasse, un véritable cul de sac, sans valeur ni avenir aucuns dans le même réseau.

Il valait donc bien la peine, au moment psychologique où les deux systèmes de percement du Simplon se disputaient en pleine capitale vaudoise la palme pour embellir si singulièrement, pour ne pas dire si maladroitement, notre situation économique en matière ferrugineuse, de venir jeter dans la balance le projet du Grand Saint-Bernard. Ce système, tout en satisfaisant victorieusement et mieux que celui du Simplon aux besoins généraux internationaux est, et restera toujours un passage

¹ Ces régulateurs servo-moteurs sont construits par l'usine de M. E. de Morsier, à Bologne (Italie).

Regulateur Servo-Moteur à engrenage
E. de Morsier.

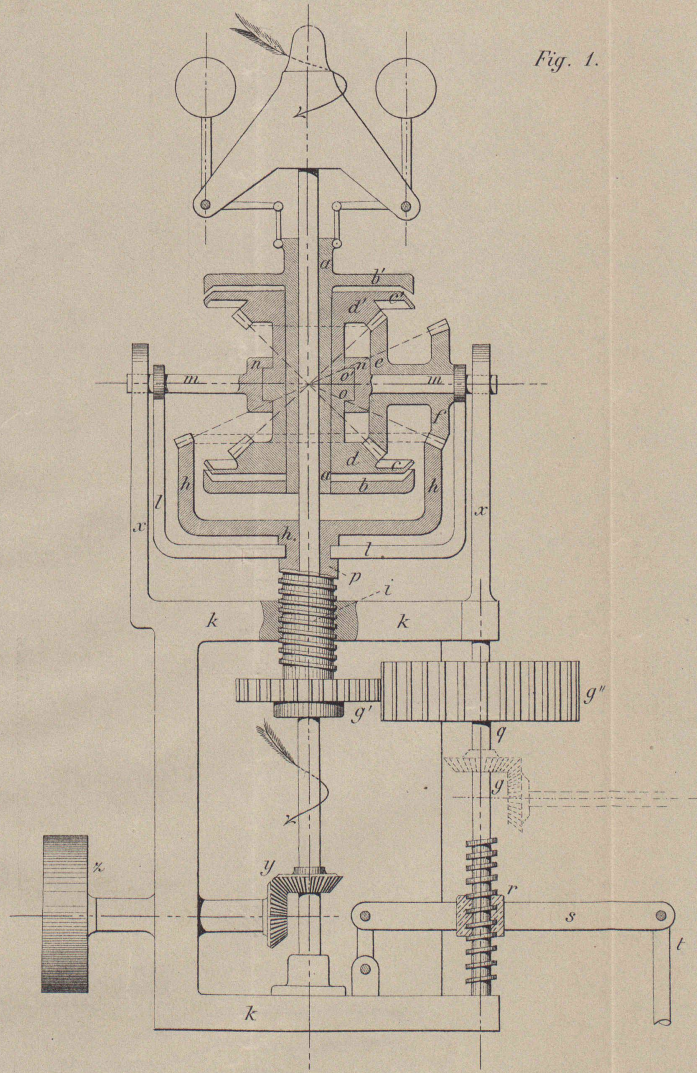
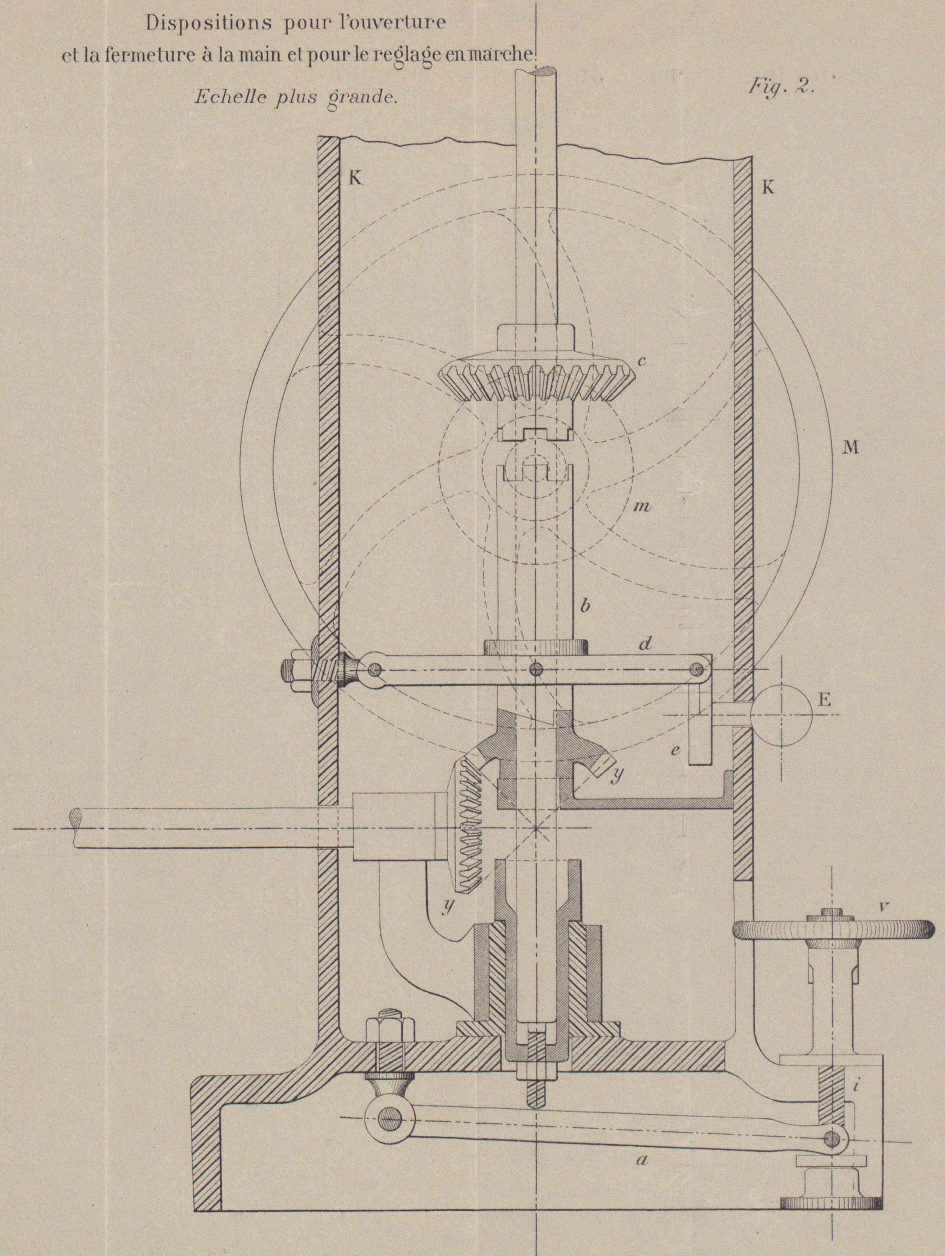


Fig. 1.

Dispositions pour l'ouverture
et la fermeture à la main et pour le réglage en marche.

Echelle plus grande.

Fig. 2.



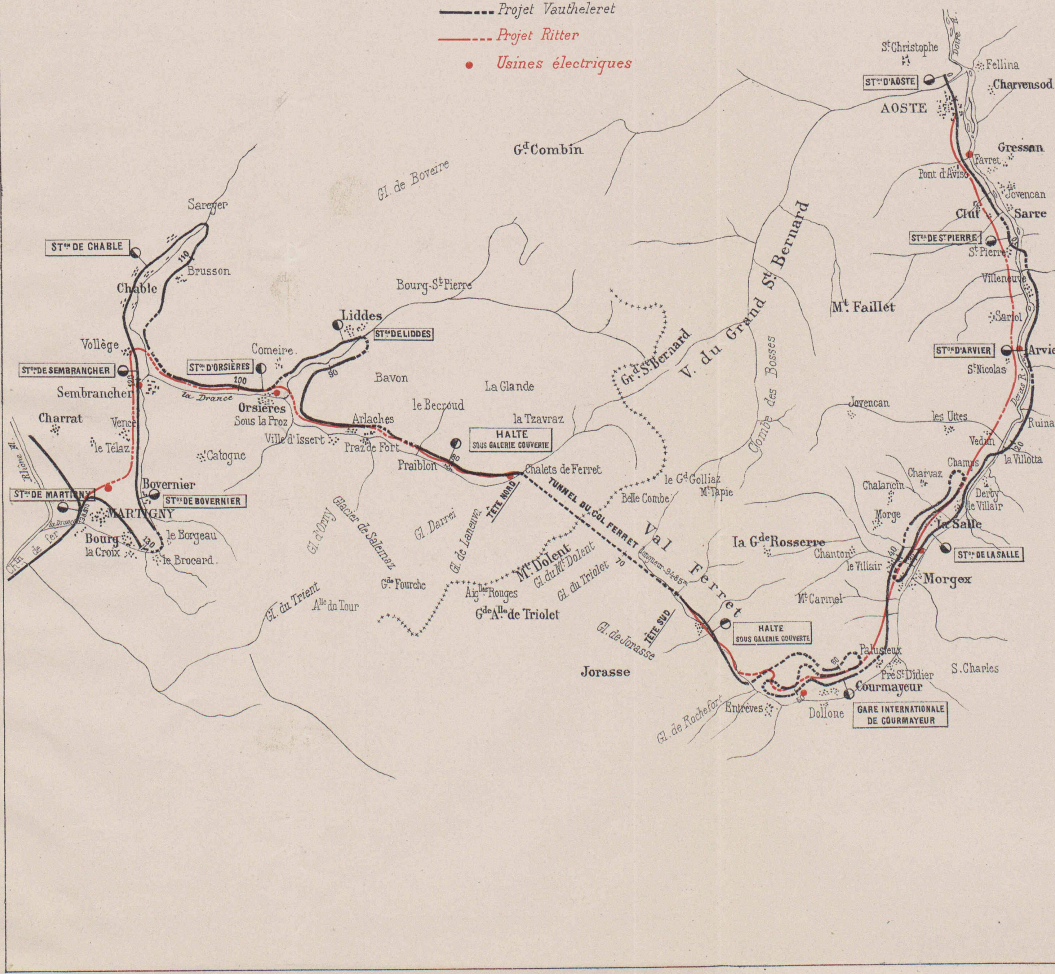
Seite / page

leer / vide /
blank

TRAVERSÉE DES ALPES PAR LE GR^{OS} BERNARD (COL FERRET)

Plan au 200 000

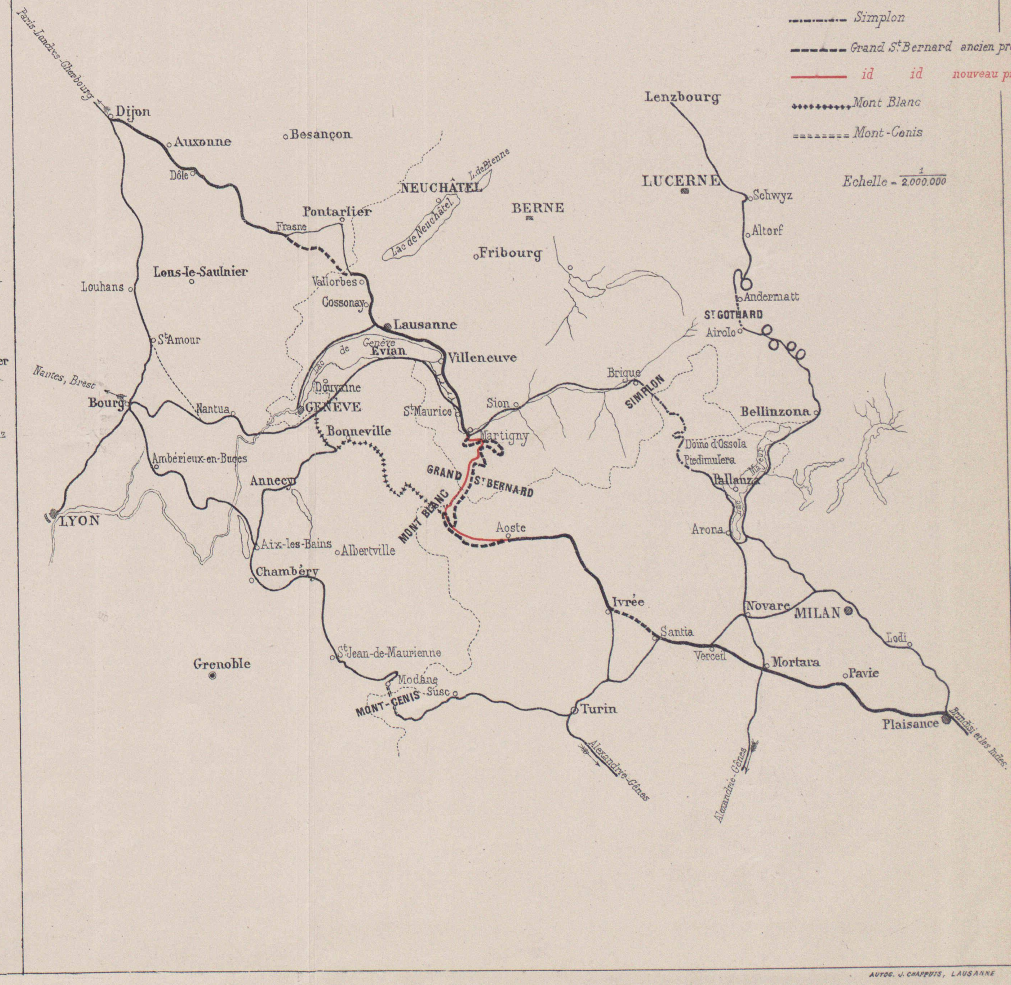
- — — — — Projet Vautherlet
- - - - - Projet Ritter
- Usines électriques



LES DIVERS PASSAGES ALPINS

LÉGENDE

- St Gothard
- - - - - Simplon
- - - - - Grand St-Bernard ancien projet
- - - - - id id nouveau projet
- Mont Blanc
- Mont-Cenis



AUTEUR: G. CHAMPETIS, LAUSANNE

Seite / page

leer / vide /
blank

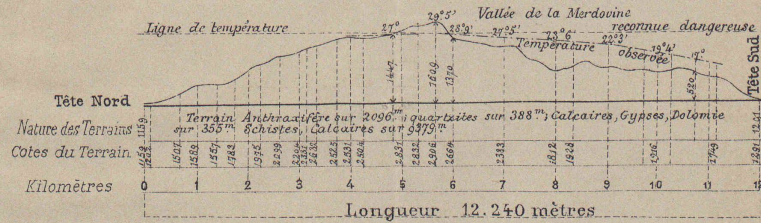
TUNNELS ALPINS

Constitutions géologiques

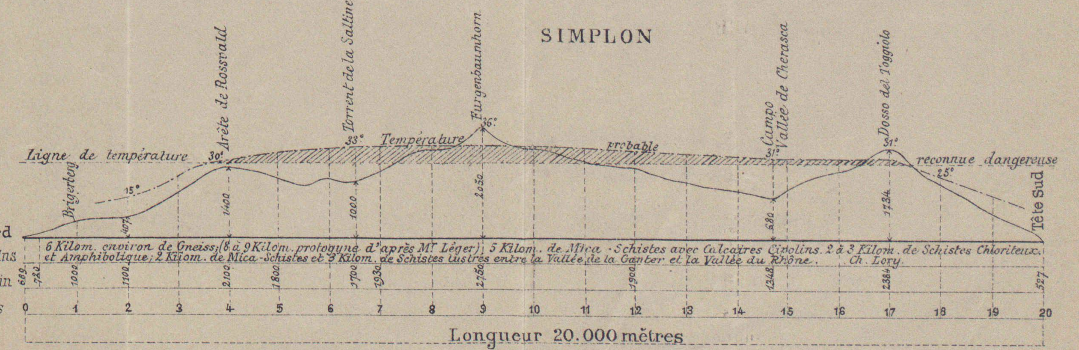
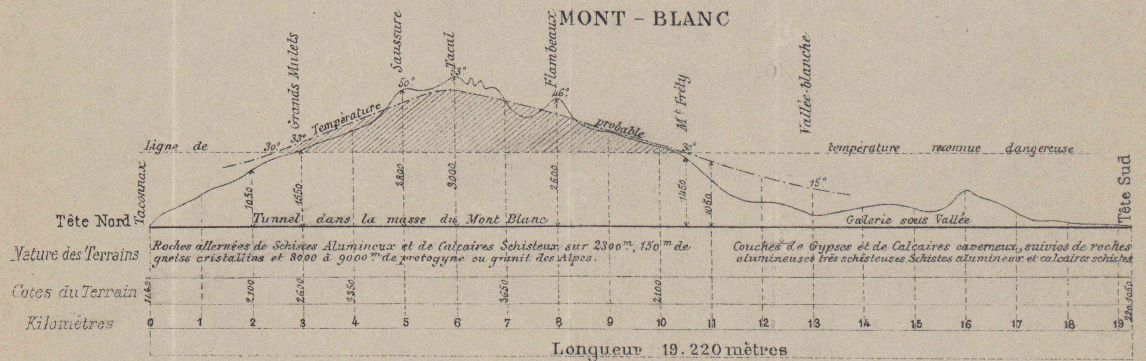
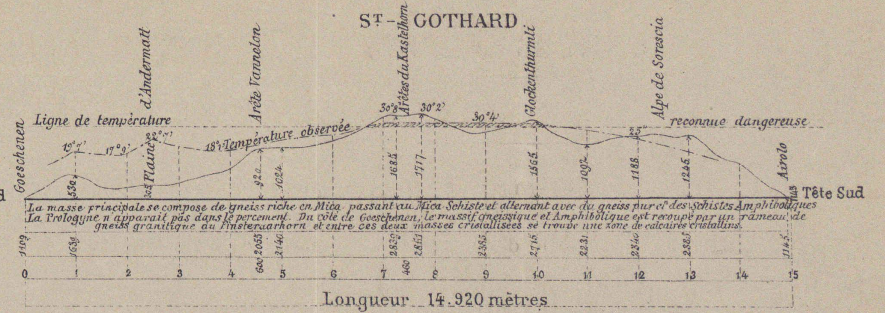
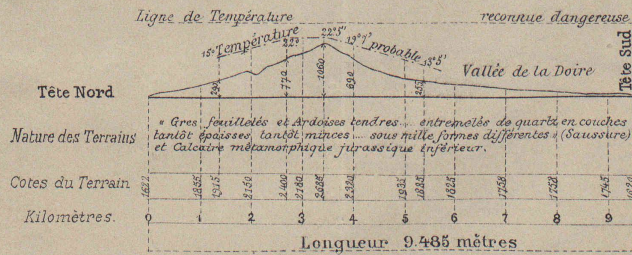
Chaleur observée dans ceux qui existent
et
Chaleur probable dans ceux proposés

Echelles { des Profils 0^m01 par kilom^e
des Températures 0^m0005 p^r 1^e c^e

MONT-CENIS



GRAND ST BERNARD . (Col Ferret)



Seite / page

leer / vide /
blank

des Alpes, *vaudois et valaisan* par excellence, quelles que soient les modifications ou la variabilité des conditions du trafic que nous réserve l'avenir, tandis que le système du Simplon n'aurait avant peu que faire avec les intérêts vaudois et valaisans, puisqu'il desservirait plutôt les intérêts concurrents et contraires en annihilant complètement les premiers. L'accueil fait à la démonstration de ce qui précède, exposée dans la séance de la société du 14 janvier, démonstration à laquelle l'assemblée a bien voulu prêter une attention favorable et soutenue, m'a prouvé que la question posée ainsi définitivement serait examinée d'une manière fondamentale.

C'est là tout ce que je désirais !

Certain de ce que j'ai avancé, la décision des techniciens romands n'est pas douteuse et ils m'aideront, j'en suis certain, à faire changer aux pays intéressés la voie désastreuse suivie jusqu'ici dans la question du nouveau percement des Alpes occidentales.

Cette espérance manifestée, je remercie la société vaudoise des ingénieurs et des architectes d'avoir bien voulu admettre que les débats concernant le percement du Grand Saint-Bernard, eussent lieu dans son sein, et je passe à l'exposé succinct du projet et à mes démonstrations.

L'exposé ci-après comprendra huit chapitres, savoir :

Chapitre I^{er}. Description du projet ancien.

- » II. Nouveau projet.
- » III. Conditions orographiques et climatériques du projet.
- » IV. Conditions géologiques et thermiques du dit.
- » V. Coût de la construction.
- » VI. Exploitation et traction.
- » VII. Comparaison des longueurs de parcours sur la ligne du Saint-Bernard et sur les lignes concurrentes.
- » VIII. Résumé et conclusions finales.

CHAPITRE PREMIER

Description du projet ancien de chemin de fer par le Grand Saint-Bernard (Col Ferret).

Voici comment l'ingénieur, M. de Vantheleret décrivait le tracé du projet ancien (voir mémoires de la société des ingénieurs civils de France, avril 1884).

Le projet part de la station d'Aoste (Pl. 18), située sur la rive gauche du torrent Buthier, en face de la chapelle de Saint-Roch, passe ce torrent sur un pont de 30 mètres, s'infléchit à droite, se développe le long des coteaux jusque derrière Sarre et pénètre en tunnel avant Saint-Pierre pour atteindre cette station qui dessert les communes environnantes; puis franchit la Doire en amont de la Tour, se développe sur le coteau, franchit le torrent de Rhêmes, passe sous le chemin de Villeneuve à Introd, atteint Arvier, passe au-dessus de la route nationale un peu avant Liverogne, franchit le torrent de Valgrisanches, arrive en face d'Avise, remonte vers Ruinaz et atteint le défilé de Pierretailée qu'il passe à l'aide d'un tunnel de 390 mètres; franchit ensuite la Doire, passe au-dessus de Champs et de Villaret pour arriver à la station de la Salle, prend ensuite le che-

min de Morgex, s'élève au-dessus de Thorex, franchit le torrent de Colomb, passe sous le Château, franchit le torrent de Charvaz, atteint Villaret, passe au-dessus de Clusaz et arrive à Verrand où l'emplacement est ménagé pour y établir la gare internationale.

Au sortir de la station, le tracé franchit le torrent de Verrand, passe au-dessus de Pussey et de Courmayeur, contourne Soubran et traverse le vallon de Chapy, passe au-dessus de la Saxe, arrive en face d'Entrèves, fait un retour sur lui-même, passe vers la passerelle du Col des Sapins, passe sous l'hermitage et continue à se développer au milieu de la forêt de mélèzes, remonte le vallon de Chapy, traverse le Mont de la Saxe, franchit la Doire, passe sous Planpansier et côtoie la Doire dans la plaine qui s'étend de Planpansier à la Vachey.

Entre ce hameau et le torrent Malatra se trouve la tête Sud du Grand Tunnel à l'aide duquel est traversé le Col Ferret.

A la sortie du souterrain le tracé s'infléchit, franchit la Dranse de Ferret, passe sous le Clou, sous la Folly, au-dessus de la Seiloz et de Praillon, franchit le torrent de Bec rond, descend le coteau jusqu'au Museoir de Plan de Bœuf, s'engage dans la vallée d'Entremont, passe au-dessus de Forny sous Vichères, traverse le massif de Cornet, franchit la Dranse d'Entremont en face Liddes, passe sous Fontaine, s'infléchit dans le vallon de Pont-sec, passe sous Comeire, au-dessus de Reppaz, la Chanton, et arrive à la station d'Orsières au-dessus de Chezles-Giroux.

Le tracé passe ensuite au-dessus de Chanville, traverse la forêt de Montbrun jusqu'au museoir du Plan-du-Gol, entre dans la vallée de Bagnes, passe entre Sapey et Brusson, traverse Verségère, arrive à Champsec, passe Montagnier, puis arrive sous Vollège, passe sous Peutet. En face Bovernier, le tracé franchit la Dranse, passe à niveau la route du Grand Saint-Bernard, traverse le torrent de Durnand, franchit la Dranse, contourne le museoir d'Ecotteaux, descend le flanc du Mont-Chemin, et se raccorde à la station de Martigny qu'il atteint après avoir passé au-dessus de la route de Sion.

Sa longueur totale est de 138 kilomètres 670 mètres depuis la station d'Aoste jusqu'à l'axe de la station de Martigny.

Le tracé comporte 279 courbes et 279 alignements droits les raccordant; les rayons les plus usuels sont de 500 et de 400 mètres quelques-uns n'ayant que 350 mètres, au minimum.

Les alignements et les courbes règnent sur des longueurs sensiblement égales, les premiers sur 69 415 mètres, et les secondes sur 69 255 mètres, soit 50,06 pour 100 d'alignements droits, et 49,94 pour 100 de courbes.

Au point de vue du relief, la déclivité de 23 millimètres n'a jamais été atteinte, et celles employées sont coupées par de fréquents paliers, qui en rendent la montée bien moins pénible; en outre, les tunnels sont en pente et rampe.

Les ouvrages d'art comprennent les tunnels, les travaux pour l'écoulement des eaux et le rétablissement des communications interceptées et les travaux de défense contre la neige.

En dehors du grand tunnel de faite de 9 485 mètres, la ligne comporte 56 tunnels d'une longueur totale de 27 115 mètres.

Les ouvrages d'art principaux nécessaires pour l'écoulement des eaux et le rétablissement des communications interceptées comprennent :

7 viaducs de 75 à 200 mètres de long sur 22 à 29 mètres de hauteur, et 407 ouvrages d'art, ponts, passages, aqueducs, etc.

Les galeries couvertes ont été prévues à partir des environs de l'altitude de 1 400 sur une longueur de 15 kilomètres, dont 9 kilomètres sur la partie italienne ou méridionale, moins exposée à la neige, et du reste plus particulièrement tracée en tunnel.

Encore, en réalité, il est probable que l'on pourra réduire cette longueur, car les forêts de pins et de mélèzes à travers lesquelles chemine le tracé sont un protecteur naturel contre les tourmentes. Nulle part, avons-nous déjà dit, le tracé n'est exposé à de sérieuses avalanches. Les seules qu'il rencontre sont de peu d'importance et se trouvent entre la Saxe et Entrèves, au droit des ravins du Mont de la Saxe; quelques galeries couvertes sur 20 mètres de longueur mettront la voie à l'abri de tout danger.

Le fait du voisinage des pins et mélèzes réduit aussi considérablement l'emploi d'écrans contre les tourmentes. Il a été prévu une somme suffisante de ce chef. Du reste, l'on ne peut, a priori, indiquer exactement l'emplacement de ces écrans; comme toujours, ce n'est qu'à la longue, lorsque l'on a pu bien constater l'effet du vent sur les tranchées ou remblais que l'on peut les établir d'une manière définitive et en maçonnerie. De simples écrans provisoires en bois servent à protéger la voie, et à en fixer l'emplacement définitif. L'exemple classique du Karst, sur l'Adriatique, élucide suffisamment la question.

Telles sont les conditions du tracé du Grand Saint-Bernard, qui restent celles d'un bon service pour une ligne internationale dans les montagnes.

Ce qui dominait dans les préoccupations des ingénieurs à l'époque où on étudiait le tracé ci-dessus décrit, était de ne pas dépasser comme pentes ou rampes le 22 ou 23 ‰, afin de rester dans les limites des pentes maxima admises dans les divers tracés du Simplon (voir pages 94 et 95 du mémoire technique publié en 1882 par le comité du Simplon).

La pente moyenne par chaque 10 kilomètres, indiquée ci-après, donnera une idée suffisante des pentes admises dans le projet du Saint-Bernard.

	Pente moyenne par mètre
Les premiers 10 kilomètres ou myriamètres avaient	0,0089
» 2 ^{mes} 10 » » »	0,0148
» 3 ^{mes} 10 » » »	0,0174
» 4 ^{mes} 10 » » »	0,0189
» 5 ^{mes} 10 » » »	0,0154
» 6 ^{mes} 10 » » »	0,0162
» 7 ^{mes} 10 » » »	0,0126
» 8 ^{mes} 10 » (grand tunnel) » »	0,0006
» 9 ^{mes} 10 » » »	0,0201
» 10 ^{mes} 10 » » »	0,0178
» 11 ^{mes} 10 » » »	0,0195
» 12 ^{mes} 10 » » »	0,0198
» 13 ^{mes} 10 » » »	0,0212
Les 8670 derniers mètres » » »	0,0161

L'allongement de parcours qui résultait d'une semblable nécessité forçait le développement du tracé dans les vallées de Bagnes et d'Entremont; aujourd'hui, avec le projet de traction

électrique, cette nécessité disparaît et l'ingénieur peut infiniment plus facilement se soumettre aux exigences du relief du sol, tout en se rapprochant, vu sa configuration, d'une pente plus continue.

Il résultera de ce chef une économie de longueur sur le tracé de 40 ‰ environ, en conservant, malgré ce raccourcissement, aux villages de la contrée une desservance fort convenable et suffisante.

Quant aux distances virtuelles suivant lesquelles on traduirait en longueurs de parcours les rampes d'une ligne, c'était un système admissible avec la coûteuse traction à vapeur, tandis qu'avec l'application des forces motrices naturelles par l'électricité, dont l'emploi plus ou moins considérable ne joue presque aucun rôle comme surcroît de dépense, il n'y a plus à s'occuper de ces majorations.

CHAPITRE II

Nouveau projet de chemin de fer par le Grand-Saint-Bernard (Col Ferret).

Le tracé le plus avantageux, étant admis que la traction électrique sera celle définitivement adoptée, est figuré en rouge sur la planche 18 du *Bulletin* qui donne en noir le tracé ancien de la ligne.

Ce qui importe, c'est de choisir une pente maximum qui permette d'effectuer au besoin la traction avec des locomotives à vapeur aussi bien qu'avec des automotrices électriques et cela sans crémaillère pour augmenter l'adhérence.

Conséquemment, il faudra se rapprocher autant que possible, et sans grands écarts, d'une pente moyenne de 35 ‰ avec 40 ‰ comme maximum.

Le tracé rouge satisfait à cette condition, sa longueur du côté suisse est de 32 350 mètres jusqu'au tunnel de faite, pour une hauteur totale à gravir de 471 mètres sur mer, à 1616 ou à 1145 mètres, cela représente une pente générale moyenne de 35,4 ‰, ou 36 ‰ environ paliers des gares défalqués.

Un autre avantage du raccourcissement possible de la ligne, réside dans l'augmentation des rayons des courbes; le tracé ne devant plus se développer dans des vallées étroites, ni contourner brusquement des contreforts aigus de montagnes, il ne nécessitera plus des contours aussi brusques.

L'avantage considérable d'avoir des cours d'eau abondants longeant partout la voie future, tant en Suisse qu'en Italie, présente donc non seulement la possibilité de choisir un mode de traction économique, mais encore une amélioration énorme du tracé, tant sous le rapport d'une plus grande régularité des pentes et des rampes, que sous celui du rayon des courbes de la future ligne.

Un coup d'œil jeté sur la planche qui donne les deux tracés rend compte suffisamment de ces avantages.

La description du nouveau tracé, comme je le conçois, peut être résumée comme suit :

La ligne partirait de la gare de Martigny et avec une légère courbe se dirigerait presque perpendiculairement contre la montagne du Montchemin, qui serait traversée au moyen d'un tunnel de 1500 mètres de longueur avec pente uniforme de 36 ‰.

De la sortie de la montagne jusqu'à Sembrancher et Vollège, le tracé aurait une grande similitude avec le tracé ancien, sauf que l'altitude en serait plus élevée.

Une gare commune aux localités de Sembrancher, Vollège et Bagnes serait installée en aval de Vollège à une altitude d'environ 775 mètres, les trois localités à desservir étant peu éloignées et situées à 720, 835 et 820 mètres d'altitude, on voit combien la station du tracé rouge qui serait construite quelque peu en amont de celle figurée au tracé noir serait avantageusement placée.

Pour les autres stations elles se trouveraient en général à peu près vis-à-vis des emplacements indiqués sur le tracé noir, ce qui simplifie l'exposé à faire ici du nouveau tracé.

Il sera possible de diminuer aussi notablement la longueur du tracé à construire en souterrain, celui-ci dans le val Ferret, suivrait à peu près parallèlement le tracé ancien dans le sens horizontal, il en serait de même pour la généralité du parcours sauf pour les trois boucles contournant le Montchemin et les vallées de Bagnes et de Lidde; cette dernière vallée serait desservie par la station d'Orsières.

Du côté italien les grands lacets du tracé ancien se développant sur le Mont de la Saxe et dans les ravins de Chalancin au nord de Morgex et de la Salle seraient facilement supprimés et un tracé, s'écartant peu de 26 ‰ en moyenne, relierait la gare d'Aoste, avec sa cote d'altitude de 580 mètres, à celle de l'entrée sud du tunnel transalpin qui est de 1622 mètres. — La ligne de ce côté présenterait un développement de 40 kilomètres environ.

On aurait donc comme développement total du tracé : de	
Martigny à l'entrée nord du tunnel	32 350 mètres
La longueur du tunnel transalpin serait de	9 485 »
Du tunnel à Aoste on aurait	40 000 »

Le total deviendrait pour la ligne entière 81 835 mètres

J'ai compté dans mes calculs comparatifs de parcours une longueur de 85 kilomètres pour faire la part de l'imprévu.

Tous les techniciens qui connaissent le val Ferret suisse et italien, ainsi que les vallées d'Aoste et d'Entremont, admettront sans peine la possibilité d'un tracé convenable et avantageux de voie ferrée internationale, dans les conditions que j'ai indiquées, étant admis bien entendu que l'énorme force hydraulique dont on dispose permet l'admission de la traction électrique, et l'emploi de rampes sans crémaillères de 35 à 40 ‰ du côté suisse, rampes déjà admises sur de nombreuses lignes de chemins de fer.

CHAPITRE III

Conditions orographiques et climatériques de la nouvelle ligne du Grand-Saint-Bernard (Col Ferret).

A cet égard qu'il me soit permis de rééditer ici presque entièrement ce que je répondais à notre cher collègue M. Meyer, ingénieur en chef de la compagnie Suisse-occidentale et auteur du neuvième projet de percement du Simplon, à propos de cette question. Voici ma prose publiée dans le n° 2 du 25 septembre 1884, du journal *Le Grand-Saint-Bernard* :

Dans le n° 9, livre IV, de la *Revue polytechnique*, *Schweizerische Bauzeitung*, M. J. Meyer, ingénieur en chef, auteur du

dernier projet de percement par le Simplon, fait de nombreuses critiques au projet du Saint-Bernard en omettant celles que l'on peut faire à son propre projet du Simplon, il arrive à cette triple conclusion, que notre projet est mal étudié, impraticable, enfin coûterait le double de ce que nous le devisons, soit 170 827 000 fr. Hélas! espérons pour les partisans du Simplon que leur ingénieur raisonne mal, car nous allons prouver que, si les vices dont M. Meyer suppose atteint le projet du Saint-Bernard étaient si graves qu'il veut bien le dire, au Simplon par la même cause, la plupart de ces vices présenteraient des symptômes si certainement mortels, que ce serait peine perdue que de chercher plus longtemps à galvaniser ce pauvre projet de percement, dont chacun parle avec respect comme d'une sainte relique technique, cela sans doute par condescendance pour ses auteurs ou partisans, mais à la vue de laquelle chacun, pays ou compagnie intéressés, se sauve dès qu'il s'agit de lui fournir la potion métallique, qui doit depuis plus de trente ans le mettre sur jambes.

Et chose curieuse, il est si connu le malheureux projet que tous les hommes de l'art qui l'ont soigné et en ont successivement entrepris la réalisation, qu'ils appartenissent à la finance, à la diplomatie ou à la science, tous se sont épuisés en vains efforts et ont abouti au même résultat *négligé*.

Mais revenons à notre projet et passons au travail de M. J. Meyer.

Nous ne le suivrons pas dans sa description de notre tracé, sinon pour lui dire, à propos des lacets que fait notre ligne, que si nous avions voulu porter nos pentes à 25 ou 30 ‰, comme au Gothard, au Jura-Industriel et ligne de Besançon, au Brenner, au Sommering, au Mont-Cenis, à l'Arlberg, au Jungne-Lausanne, au Delémont-Berne, toutes lignes internationales, nous aurions, d'après l'étude que nous en avons faite, obtenu une ligne sans lacets de 90 kilomètres, soit un raccourcissement de presque 50 kilomètres; mais que c'est pour rester dans les conditions du Franco-Suisse, de la ligne d'Oron et de tant d'autres à pentes plus modérées, que nous avons allongé notre tracé en desservant en même temps les importantes vallées de Bagnes et d'Entremont.

En fait d'avalanches sur lesquelles il insiste tant dans sa description, nous demanderons à M. Meyer s'il lui serait possible de nous montrer ou citer une trace quelconque qu'il aurait vue, des dégâts causés par les avalanches de neige, si fréquentes, dit-il, dans ces hautes vallées. Les forêts dans lesquelles nous ne cessons de cheminer avec notre tracé ou qui dominent les terrains, pâturages ou prairies dans lesquelles nous passons, sont absolument intactes et ne portent nulle part trace de dégâts pour cette cause. Enfin jusqu'ici, celui qui écrit ces lignes n'a pas même réussi à trouver, malgré ses recherches, un habitant des dites hautes vallées ou propriétaire (gens qui vont cependant journallement en hiver chercher une partie de la récolte en foin, emmagasinée dans les chalets de Ferret), capable de lui indiquer un seul point de la ligne, où il ait remarqué ou constaté une avalanche dangereuse ou pu montrer trace de ses ravages.

Telle est la véritable valeur de cet épouvantail, bon tout au plus à faire blanchir les cheveux de terreur sur la tête de ces ingénieurs de l'Ouest-Suisse de la vieille école, qui contestaient dans le temps la possibilité de construction et de viabilité de la ligne d'Oron,

avec ses pentes de 20 à 22 ‰, taillées dans des molasses fluentes, fariboles que les ingénieurs nos collègues de l'Ecole centrale de Paris ont pu entendre débiter en 1853-54 par leur illustre maître M. Perdonnet, professeur et savant certainement du plus grand mérite, mais aveuglé par son affection pour l'Ouest-Suisse, absolument comme le sont aujourd'hui les amateurs du Simplon, lorsqu'on leur parle du Grand-Saint-Bernard, cette hydre technique ferrugineuse aux trois affreuses têtes, savoir : *celle des altitudes, celle des tourmentes et celle des avalanches neigeuses, etc., etc.*

Nous pensons donc que pour la question des avalanches, il sera bon de s'en occuper lorsqu'on pourra en constater, ce dont personne ne veut rien savoir dans la contrée, sur le parcours de notre tracé. Nous ne les inventerons donc pas comme M. Meyer, sur le flanc Est bien boisé du val Ferret, mais nous irons pour les constater, dans les gorges abruptes des passages du Grand-Saint-Bernard, des ravins de Barasson, de Dronaz, des Planards, de Là, dans les ravins élevés côté ouest du val Ferret et autres lieux analogues du voisinage, dont les escarpements glissants, abrupts et vierges de terre et de végétation sont absolument impropres à la retenue des neiges sèches et pulvérulentes. La zone des avalanches est de 500 à 700 mètres environ au-dessus de notre tunnel de faite. Dans la contrée, c'est chose connue de chacun, inutile d'insister.

Quant aux chutes de neige exceptionnelles, voici ce qu'il en est : on en constate ordinairement de 60 à 70 centimètres dans le val Ferret, et les hivers de chutes considérables jamais plus de 0^m90 ou 1 m. sur le sol. Les stations météorologiques, du Grand-Saint-Bernard d'un côté, située à 2478 mètres, soit 857 mètres au-dessus et près de notre tunnel de faite, et l'autre, celle de Martigny, notre tête de ligne, fournissent de précieux et indiscutables renseignements à cet égard.

Nous dirons simplement ici, que l'enlèvement des neiges des parties hautes de notre ligne s'opérera mécaniquement, par des moyens simples, nouveaux, peu coûteux et d'une efficacité absolue comme déblaiement rapide, journalier et complet de la voie. Pour les menées ou amas dus aux tourmentes et petites avalanches occasionnées par nos tranchées et pour lesquelles nous avons prévu 15 kilomètres de galeries couvertes, paraneiges et défenses diverses, on voit tout de suite à quoi se réduit la chose, et de quoi il s'agit, au lieu des puissantes voûtes que rêve M. Meyer pour combattre un ennemi qui n'existe pas plus qu'aux lignes d'accès du Simplon, savoir les grandes et dangereuses avalanches de montagnes.

Vaut-il vraiment la peine après cela de nous occuper de l'altitude de 1621 mètres qui effraie M. l'ingénieur en chef du Simplon, lorsqu'il dit :

« Qu'une élévation à une altitude de 1621 mètres avec ses conditions climatiques défavorables est absolument inadmissible. »

Eh bien ! coupons encore à l'hydre cette dernière tête par laquelle on cherche, pour des raisons faciles à comprendre, à transformer notre projet.

Comment ! Ce serait donc en Suisse et au dire des hommes techniques suisses, qu'un chemin de fer ne pourrait dans ce pays franchir souterrainement les Alpes à 1621 mètres sur mer, soit à 254 mètres seulement plus haut que le Brenner, qui franchit à ciel ouvert les Alpes tyroliennes, plus au nord, à

1367 mètres d'altitude et avec plein succès comme sécurité d'exploitation en toute saison !

En Suisse on ne pourrait donc pas réaliser, à environ 700 mètres plus bas, ce qu'ont fait les Américains sur l'Union-Pacific pour franchir les Montagnes-Rocheuses entre Homaha, sur le Missouri, et le Lac salé, soit à 2313 mètres ; ou à 420 mètres plus bas que ce qu'a réalisé le Central Pacific, allant du Lac salé à Sacramento en Californie, en franchissant la Sierra Nevada à 2140 mètres !

Quoi, c'est vous défenseurs du Simplon qui ne craignez pas de patronner un percement des Alpes où il faudra travailler, **treize** kilomètres durant, jusqu'à 2000 mètres sous le sol dans une fournaise, de 6° probablement 10°, plus chaude que celle des trois kilomètres du Gothard, dont le percement a cependant compromis la santé de 60 ‰ de ses travailleurs, parmi lesquels un septième atteint mortellement ; c'est vous qui venez avancer qu'en Suisse, à la frontière même de la chaude Italie, on ne saurait faire ce qu'a fait le Northern Pacific, à la frontière du Canada, pays des glaces, des grands froids et des monceaux de neige, comparé au nôtre, en franchissant avec sa voie ferrée, la chaîne de faite des montagnes du pays, à 1652 mètres, soit 31 mètres sur mer plus haut que notre ligne du Saint-Bernard ! Vraiment, il est permis de s'étonner, de tant d'audace alors qu'il s'agit de votre prodigieux tunnel, et en même temps d'un manque si complet de courage, lorsqu'au contraire il s'agit de notre ligne si facile à construire !

Si vous appelez conditions climatiques défavorables celles des Alpes helvético-italiennes que traverse le projet du Grand-Saint-Bernard, et que tempèrent, en hiver, les vents du sud, si chauds et si dominants, arrivant directement de ces rives méditerranéennes qui sont le paradis de l'Europe pendant la mauvaise saison, sans parler de celles du Valais qui est la plaine suisse la plus chaude, de quel nom vraiment faut-il appeler les conditions atrocement rigoureuses des montagnes du grand continent américain, traversées à de si grandes hauteurs et altitudes par de nombreuses voies ferrées, dont le nombre augmente d'année en année, et dont le matériel roulant n'en chemine pas moins parfaitement bien ?

Aussi, sans avoir eu à donner votre voix pour l'exécution de toutes ces lignes qui fonctionnent régulièrement toute l'année, vous l'auriez assurément et en cas de besoin encore moins accordée à la ligne Ando-Péruvienne, qui franchit les Andes à la hauteur presque du Mont-Blanc, soit à 4768 mètres ; et si, pour cette dernière, l'altitude est compensée, direz-vous par la latitude, en revanche de combien toutes les précédentes ne sont-elles pas plus défavorablement situées que le Saint-Bernard, placées qu'elles sont au cœur même de cette froide Amérique du Nord, continent à nul autre pareil sous le rapport frigorifique en hiver, en raison des masses de neiges tombées, des ouragans glacés et enfin des descentes si considérables du thermomètre qui y gèle quelquefois lui-même.

Nous osons donc, avec ces nombreuses et irréfutables preuves en main, carrément affirmer qu'il en est de cette prétendue impossibilité, absolument comme il en fut de celle avancée autrefois pour franchir le Jura à 1000 mètres de hauteur, lorsqu'il s'agissait de construire le Franco-Suisse, et qu'il ne fallut alors rien moins que l'intervention de M. Mary, inspecteur général des Ponts et Chaussées de France en faveur de cette

ligne, pour en assurer l'exécution en déclarant tout le contraire de ce que proclamait son collègue à l'Ecole centrale, M. Perdonnet, à propos des pentes de la ligne d'Oron cependant inférieures à celles du Franco-Suisse.

Alors aussi les neiges, les tourmentes, le froid, s'alliaient aux rampes pour rendre les projets insensés, et aujourd'hui non seulement on franchit le Jura, mais on le sillonne de voies ferrées principales dans tous les sens et de chemins de fer régionaux jusque dans ses plus hautes vallées.

Nous serions vraiment la risée du monde entier, notamment des vaillants moines du Saint-Bernard si de semblables raisons devaient nous arrêter, et les rochers qui virent passer Napoléon jauniraient de honte à la vue de la poltronnerie sans pareille des descendants de ceux qui traînèrent ses canons, si ces mêmes descendants reculaient à des altitudes où les Américains travaillent et opèrent journellement dans de plus mauvaises conditions pour satisfaire aux besoins de leur commerce.

Et aujourd'hui que diraient encore s'ils revenaient, tous les entichés de leur fameux Ouest-Suisse; cette grande ligne de plaine, devenue l'une des moindres de toutes comme activité et dont il a fallu même abandonner aux herbes un tronçon, s'ils pouvaient constater que pour la sauver de la ruine, il a fallu racheter ou lui associer non seulement le prétendu impossible Oron, le non moins impossible Franco-Suisse, mais encore la troisième ligne parallèle de la Broye, puis par-dessus le tout construire une quatrième ligne à fortes rampes en travers, d'Yverdon à Fribourg, et prendre enfin à charge la ligne de Vallorbes, traversant le Jura avec des rampes encore plus fortes, pour aboutir au même point élevé que le Franco-Suisse à Pontarlier.

Il nous semble que si ces enseignements du passé, dont les actionnaires de la Suisse-Occidentale sont aujourd'hui les victimes, doivent servir à quelques-uns, ce doit être à vous surtout, MM. les défenseurs du Simplon, qui, faute de pouvoir arriver à construire votre ligne, malgré vos efforts d'un tiers de siècle, devriez au moins rester neutres en présence des nôtres, efforts qui, s'ils aboutissent, sauveront votre Suisse-Occidentale bien mieux que vous ne sauriez le faire vous-mêmes avec votre ligne du Simplon longeant, à peine arrivée en Italie, le Gothard, à quelques kilomètres de distance, nous le répétons.

De cette prose il n'y a pas un mot à retrancher pour ce qui concerne l'argumentation. Je dirai seulement qu'avec le nouveau tracé on pourra supprimer presque totalement les galeries couvertes prévues, et que sur les quelques kilomètres aboutissant au tunnel transalpin, tant du côté italien que du côté suisse, il faudra construire la ligne constamment en complet remblai, de manière à charger le vent lui-même de la débarrasser de ses neiges tombées pendant les ouragans et tourmentes comme aussi de faciliter l'enlèvement de celles tombées par les temps calmes.

J'ai voulu avoir cet hiver, admissible assurément comme hiver de grande neige, une preuve nouvelle des excellentes conditions climatiques du val Ferret sous le rapport des chutes de neige; le conseil communal d'Orsières à ma demande s'est chargé de faire mesurer l'épaisseur de la neige tombée les premiers jours de février, c'est-à-dire après les formidables chutes qui ont arrêté presque partout la circulation des trains sur les voies ferrées: voici les résultats de ce mesurage officiel, à moi transmis par lettre du conseil du 6 février dernier.

Lieux.	Epaisseur de neige en rase campagne.
Orsières-ville	0 ^m 50
Issert	0 ^m 50
Praz de Fort	0 ^m 55
Branche	0 ^m 60
Praillon	0 ^m 62
Seiloz	0 ^m 64
La Folly	0 ^m 65
Ferret et le Clou	0 ^m 68

L'éloquence de ces chiffres me permet, je le pense, de passer au chapitre suivant, en laissant là et les avalanches et la neige et l'altitude et les tourmentes, et d'affirmer une fois de plus que le val Ferret est situé et orienté si favorablement, qu'une voie ferrée y sera établie dans des conditions climatiques bien meilleures que celles des lignes d'accès du nouveau projet du Simplon proposé par M. Masson et consorts.

CHAPITRE IV

Conditions thermiques et géologiques.

L'ingénieur de Vantheleret avait établi des profils comparatifs avec indication des couches géologiques traversées et des courbes comparatives des températures trouvées au Mont-Cenis et Gothard¹.

Dans son mémoire à la Société des Ingénieurs civils de France déjà cité, cet ingénieur s'exprime comme suit:

« Une des grandes difficultés des traversées alpines réside dans la haute température qui règne par suite de la hauteur du massif montagneux qui surmonte le souterrain.

» Cette question n'est pas toujours appréciée à sa juste valeur, et cependant elle peut devenir capitale et même motiver le rejet complet d'un tracé.

» L'exemple du percement du Gothard est là pour nous éclairer, et il est corroboré par ce qui s'est passé au Mont-Cenis. Si cette dernière percée a fait moins de bruit, au sujet des accidents dont nous voulons parler, c'est que l'opinion était alors préoccupée par les graves événements qui s'accomplissaient en Europe et que la période dangereuse du travail avait été atteinte depuis peu lorsque les deux galeries d'avancement se sont rencontrées.

» Quand on pense qu'au Gothard, les tableaux de contrôle et de statistique accusaient l'énorme proportion de 60 pour 100 d'ouvriers malades par suite de la chaleur souterraine, l'on est frappé de stupeur et l'on se sent arrêté avant de jouer de nouveau avec tant de vies humaines.

» A mesure que l'on s'enfonce dans le sol la chaleur augmente en raison de l'état d'ignition du noyau terrestre; mais aucune loi physique n'a encore été trouvée sur l'accroissement de la chaleur. Les mines en exploitation, dont quelques-unes ont des puits foncés à une profondeur considérable pourraient fournir quelques renseignements à ce sujet, mais ce travail, déjà entrepris par Humboldt, Arago, etc., présente de grandes divergences, en raison des conditions dans lesquelles se trouvent les différentes mines.

» Arago a bien posé d'une façon empirique que la tempéra-

¹ Voir la planche 19.

ture des roches augmente en moyenne de 1 degré centigrade par 30 mètres de profondeur, mais il y a des écarts tellement grands que l'on ne peut poser son opinion comme une loi, ce à quoi il se refuse lui-même.

» Dans la question qui nous occupe, celle du percement d'un souterrain alpin, ce qu'il importe de savoir c'est si l'on peut prévoir quelle température interne atteindra la roche, et par suite, dans quelles conditions thermiques pourra s'effectuer le travail.

» Au Mont-Cenis comme au Saint-Gothard les effets de la température ont commencé à devenir inquiétants dès que l'on a atteint 29 degrés centigrades.

» D'autres causes viennent encore ajouter à l'effet de la température de la roche; l'espace restreint où s'effectue le travail sur lequel il y a une trop grande agglomération d'hommes, les lampes des mineurs, les explosions des mines, etc., ce qui fait que la température maximum régulière a été de 32°5 au Gothard.

» Les fortes températures ont pour effet de saturer l'air d'humidité par la transformation en vapeurs de tous les suintements, et l'on a constaté que cette humidité était neuf fois supérieure à celle de l'extérieur.

» Dans ces conditions le travail devient pénible, sinon impossible, et il se manifeste des troubles qui finissent par ruiner la santé de l'homme le plus robuste, lorsqu'il peut y résister.

» Et puis, que faire, quel travail demander à des hommes dont les pulsations atteignent le chiffre de 150 par minute (chiffre normal : 70); avec une température corporelle de 40° (température normale : 37°5).

» Aussi, au Saint-Gothard, fut-on obligé de ne plus faire travailler les ouvriers que 2 jours sur 3, et de réduire les heures de travail par jour de 7 à 5, tout en augmentant les salaires de 25 pour 100.

» Aussi partageons-nous l'avis du docteur Giaccone lorsqu'il dit que, « au Gothard, on a atteint l'extrême limite du » supportable. En essayant d'aller plus loin on se lancera » inévitablement dans une malheureuse aventure d'autant plus » terrible et inexcusable qu'elle serait prévue. »

Est-il possible maintenant de prévoir la température que l'on rencontrera dans les souterrains proposés pour la nouvelle percée des Alpes? Leur position entre le Mont-Cenis et le Gothard, dans le même massif, ne peut-elle être soumise à la même loi que l'on a trouvée pour ceux-ci?

» Evidemment oui, jamais calcul basé sur des probabilités n'aura eu plus de chance de se vérifier.

» En suivant les données de MM. Sonderegger, Renevier, Giaccone, Heim, Stœckalper, Stapff, etc., nous résumons ici à grands traits les observations et les calculs de ces messieurs :

» Au Simplon, pour le dernier tracé proposé, la température dépassera 30 degrés sur une longueur centrale de 13 kilomètres pour atteindre le maximum de 36 degrés vers le centre du massif.

» Au Mont-Blanc, la température sera supérieure à 30 degrés sur 8 kilomètres; elle ira progressivement sur ces 8 kilomètres de manière à dépasser 50 degrés sur 3 de ceux-ci pour atteindre le maximum de 53 degrés et demi.

» *Au Grand-Saint-Bernard, ces énormes températures sont bien loin d'être atteintes; sur environ 2 kilomètres, la température dépassera 20 degrés pour atteindre le maximum de 22 degrés et demi.*

» Ces résultats sont assez catégoriques, et, rapprochés du tableau véridique que nous avons fait des conditions dans lesquelles s'opère le travail avec ces températures, suffiraient à eux seuls pour faire rejeter le Simplon et le Mont-Blanc et faire adopter le Grand-Saint-Bernard.

» Un autre avantage en faveur du percement du tunnel du Grand-Saint-Bernard est que les puits d'extraction donneront une bonne ventilation à un prix minime.

» Si, au Simplon, par exemple, on voulait agir ainsi, il faudrait foncer des puits de 680 à 1000 mètres de profondeur; de tels chiffres dépassent toute prévision de dépenses pratiques. »

Ce qui précède est conforme à l'état des choses comme température dans les profondeurs terrestres et conforme aux expériences faites au Mont-Cenis, au Gothard, plus tard à l'Arlberg.

J'ajoute toutefois qu'il existe un moyen efficace certain de combattre victorieusement l'influence de la grande chaleur souterraine, dans le percement des grands tunnels au travers de hauts massifs de montagnes, mais il ne réside ni dans la ventilation, ni dans la projection d'eau pulvérisée, ni enfin dans l'introduction de corps froids, tels que glace, eau fraîche, etc., procédés divers que l'on a proposés pour combattre la chaleur centrale.

Jusqu'ici on s'est toujours placé à côté du problème à résoudre en le posant mal, et celui-ci mal posé, a toujours fait faire fausse route dans la recherche des moyens de combat.

J'espère pouvoir sous peu exposer le système infaillible et certain que je prétends exister, mais que je n'ai pas mission ni intérêt à divulguer, avant que le percement du Saint-Bernard soit sorti victorieux de sa lutte avec celui du Simplon par un tunnel de base.

Quant aux conditions géologiques, celles exposées et décrites à propos du projet primitif peuvent encore servir ici.

Voici d'une manière générale la nature des terrains traversés :

Après Martigny, le Mont-Chemin, sur lequel se développe le tracé, est un calcaire très solide mêlé de schistes.

A partir de Bovernier jusque vers Sembrancher, le terrain devient plus calcaire avec quelques parties marneuses.

Vers Vollège, le tracé se trouve sur une alluvion solide dans laquelle on peut voir des gisements d'un tuf léger.

Le reste de la vallée est un mélange de calcaires et de schistes.

De Chamaille à la Reppaz, au-dessus d'Orsières, réapparaissent les tufs solides. De ce point recommencent les schistes durs, notamment vers Comeire et Fontaine.

Le col Ferret est composé de grès feuilletés et d'ardoises tendres, entremêlés de quartz en couches, tantôt épaisses, tantôt minces, ici entier, là carié sous mille formes différentes.

Ce massif, comme le Val Ferret en général, est formé de zones ou bandes longitudinales de terrain Jurassique inférieur, Lias et Rhétien métamorphosés, parallèles à d'autres

bandes ou zones de marnes irisées ou schistes lustrés, situés heureusement plus à l'est, à une assez grande distance du tracé du tunnel.

En descendant le val Ferret (*versant italien*) le tracé rencontre des calcaires et des schistes.

Vers Entrèves apparaît le terrain anthracifère qui se continue jusque vers Morgex.

De Courmayeur à Morgex on trouve principalement des calco-schistes assez compactes.

De Morgex à Aoste, les roches rencontrées sont en majeure partie des calco-schistes, comme à Pierre-Taillée, à Liverogne, à Arvier.

Ainsi qu'on peut en juger par ce qui précède, la question exécution est singulièrement améliorée par la nature même de la constitution du sol à travers lequel le tracé doit passer. Rarement des conditions plus favorables se sont trouvées réunies sur une ligne en construction.

Les terrains sont bons et solides, et fournissent presque sur place les matériaux propres à construire. On y trouve le calcaire brut et métamorphique, un grès schisteux excellent pour les moellons des murs de soutènement, des alluvions solides, un tuf compact et dur. Enfin, à un point de vue général, on trouve des affleurements d'anthracite, des blocs erratiques, de serpentine, ainsi que le grenat des Alpes.

Les torrents contiennent d'immenses blocs erratiques, calcaires, granits, ainsi que d'excellent sable.

A Sembrancher, on trouve une chaux de première qualité, provenant du Mont-Vence, et des moellons de choix tirés des schistes subardoisiers dans lesquels est taillée la route qui conduit à Orsières.

A Vollège et à Orsières, le plâtre se trouve en abondance. A Etier, Chamaille, Reppaz, de puissants bancs de tuf peuvent avantageusement remplacer la brique par des constructions légères.

A Orsières, à Liddes, on trouve la chaux hydraulique.

Partout on rencontre le calcaire, même le calcaire hydraulique, qui, comme à Gignod, par exemple, fournit une chaux aussi renommée que celle du Theil.

Il importera beaucoup de fixer le tracé du grand tunnel et de ses abords, en se tenant dans la zone des terrains jurassiques métamorphosés, ou dans les grès feuilletés et ardoises tendres quartzifères, plutôt que dans les schistes lustrés, situés du côté est du col Ferret, dans la direction du col de Fenêtre, voisin du précédent. Cette précaution sera facile à prendre.

CHAPITRE V

Coût de la construction de la ligne.

Le projet primitif de Martigny-Aoste était devisé à la somme de 86 000 000 francs répartis comme suit :

Acquisitions des terrains	Fr. 2 053 000
Terrassements et murs de soutènement	» 12 148 000
Souterrains, viaducs, ouvrages d'art courants	» 57 402 000
Déviations et dérivations	» 512 000

A reporter, Fr. 71 815 000

Report, Fr. 71 815 000

Stations et maisons de garde (les plateformes comprises dans les terrassements)	» 2 406 000
Ballastage et pose de la voie	» 8 130 000
Matériel fixe, prise d'eau, télégraphe et divers	» 1 142 000
Frais d'administration, de personnel et somme à valoir	» 2 807 000
Total, Fr. 86 000 000	

Ce total pour une longueur de 138 kilomètres et 670 mètres représente une dépense de 620 177 francs par kilomètre. Il importe d'ajouter ici que, pour la construction de la ligne, la compagnie avait déjà traité conditionnellement et à forfait avec un groupe d'entrepreneurs puissamment outillés et organisés, et le traité était basé sur le devis ci-dessus.

Il ne faut pas confondre l'exécution des grands tunnels au travers de terrains éruptifs ou de roches primitives, comme les gneiss, granits et schistes quartzifères d'une dureté extraordinaire, avec celle de la perforation des massifs de calcaires jurassiques métamorphiques ou de grès schisteux et bancs d'ardoises, la différence de prix qui en résulte va du simple au double.

A cet égard il sera utile aux critiques de mon projet de consulter l'ouvrage de M. l'ingénieur James Ladame, sur les grands tunnels des Alpes et du Jura (publié en 1889, à Paris, chez Dubuisson et C^{ie}) ; ils auront là une démonstration complète et expérimentale de la justification du chiffre de 2250 francs le mètre, compté dans mon estimation pour le tunnel du col Ferret de 9485 mètres de longueur.

Ce tunnel, à percer entièrement au travers de roches relativement tendres, qui n'ont aucune analogie ou similitude quelconque avec les protogynes du Gothard et du Simplon, sera en outre divisé par trois puits de 115, 250 et 225 mètres de profondeur en quatre zones, comme suit :

De la tête sud au puits n° 1	2100 mètres.
Entre les puits n° 1 et n° 2	2000 »
Entre les puits n° 2 et n° 3	4385 »
Et entre la tête nord et le puits n° 3	1000 »

Aussi comparer, pour les besoins de la cause, un ouvrage courant à établir dans ces conditions, avec des forces motrices considérables à disposition, le comparer avec des tunnels de 16 à 21 kilomètres de longueur, à perforer dans les plus dures roches connues, ou dans des roches dangereuses comme compression, ainsi que cela s'est produit au Gothard et se reproduirait au Simplon ; c'est là vouloir jouer le rôle d'un mauvais avocat défendant une mauvaise cause.

Ceci exposé, on peut admettre le coût du nouveau projet comme suit, avec une longueur de 81 835 mètres pour la ligne :

Grand tunnel, 9450 mètres à 2250 francs	Fr. 21 344 250
Voie d'accès, 72 350 mètres à 400 francs ¹	» 28 940 000
Usines électriques et accessoires	» 4 660 000
Matériel de traction électrique	» 1 500 000
Autre matériel roulant	» 1 600 000
Imprévu et administration	» 2 458 750
Total, Fr. 60 000 000	

¹ Voir pour le prix des lignes d'acier l'ouvrage de M. Ladame déjà cité pages 267 et 286.

Chiffre pour lequel on trouvera facilement des entrepreneurs sérieux disposés à exécuter cette ligne internationale prête à être mise en exploitation.

CHAPITRE VI

Exploitation et traction.

Il serait oiseux et inopportun d'allonger cet exposé par des calculs détaillés, sur les probabilités de rendement de l'avantageuse ligne internationale à construire entre Martigny et Aoste, où aboutit le réseau commun de l'ouest Milanais et du Piémont.

En prenant pour base comparative les calculs faits dans un projet de traction électrique pour le Jura Neuchâtelois, dont les rampes atteignent le 27 ‰, on arrive, pour la ligne qui nous occupe, et pour 500 000 tonnes de marchandises et 200 000 voyageurs, à une dépense totale annuelle de 1 926 000 francs, soit 20 00 000 en chiffres ronds.

En admettant le prix de 10 francs par tonne, prévu dans le projet Masson, et celui de 12 francs par voyageur, malgré qu'il s'agisse ici d'une ligne presque moitié plus longue, on aurait le rendement suivant :

500 000 tonnes à 10 francs	Fr. 5 000 000
200 000 voyageurs à 12 francs	» 2 400 000
Le total de la recette brute atteindrait	Fr. 7 400 000
En déduisant pour les frais de l'exploitation non pas 2 millions, mais	» 2 500 000
Il restera	Fr. 4 900 000

Ce qui représenterait plus du 8 ‰ comme revenu annuel du capital engagé.

Des calculs basés sur des statistiques commerciales portaient dans l'ancien projet, le revenu brut kilométrique à 74 000 francs pour 138 kilomètres; la moitié de cette recette suffirait avec le nouveau système pour donner un revenu atteignant environ le 5 ‰ du capital engagé.

Ceci dit assez que la nouvelle ligne pourrait être sans conteste comparée à celle du Gothard et l'emporterait même sur celle-ci comme rendement.

L'examen des distances comparatives va de plus nous prouver que la nouvelle ligne exercera son influence, au point de vue du trafic, sur une zone triangulaire de région desservie tout aussi importante que celle du Simplon et en avantageant, au rebours de celui-ci les cantons de Vaud et du Valais, au lieu d'avantager le canton de Berne au détriment de ces derniers.

Enfin la traction électrique serait établie avec un double système de production d'énergie et de transmission, c'est-à-dire d'actionnement des essieux moteurs; ceux-ci pourraient être actionnés indifféremment par l'un ou l'autre des courants électriques, de là une sécurité énorme pour l'exploitation.

N'oublions pas que les rampes prévues permettent au besoin l'emploi de locomotives à vapeur pour effectuer la traction.

Les forces disponibles par les trois Dranses de Bagnes, Entremont et Ferret fourniront, du côté suisse, au besoin 25 000 à 30 000 chevaux de 24 heures et la Doire-Baltée du côté italien un chiffre au moins égal.

Ces forces longeront le tracé presque côte à côte, et les usi-

nes électriques, figurées sur la planche donnent une idée des énormes facilités qui résulteront pour l'entreprise, d'une situation orographique du tracé et hydrographique des cours d'eaux pareilles à celles du projet en question.

Impossible de trouver un tracé de ligne ferrée internationale de l'importance de celle dont il s'agit ici, offrant, vu le voisinage immédiat et permanent de puissantes forces motrices naturelles, des avantages aussi multiples pour son exploitation par traction électrique, que la ligne par le Grand Saint-Bernard.

CHAPITRE VII

Comparaison des longueurs de parcours sur la ligne du Saint-Bernard et sur les lignes concurrentes.

Les documents que je prends pour base des calculs sont :

- 1° L'indicateur de Henschel (marqué H à côté des chiffres 47^{me} année février et mars, et le Conducteur Suisse 1891-93 (marqué Co à côté des chiffres).
- 2° Le mémoire technique du Comité du Simplon rédigé par MM. les ingénieurs J. Meyer et W. Huber en 1882 (marqué M. et H. à côté des chiffres donnés).
- 3° Le projet Ladame pour la ligne Thoune-Simplon décrit dans l'ouvrage déjà cité chapitre V.
- 4° Enfin, j'ai admis les longueurs de 19 kilomètres pour la ligne projetée de Moutier à Soleure et de 46 kilomètres pour la ligne projetée de Neuchâtel à Berne (la directe).
- 5° La ligne du Saint-Bernard est admise pour 85 kilomètres et celle projetée d'Yvrée à Santhia pour 20 kilomètres.

Examinons maintenant les choses et surtout la voie dangereuse dans laquelle Vaud et Valais s'engageraient en perçant le Simplon.

A. Comparaison des distances en passant respectivement par le Simplon et le Saint-Bernard pour aboutir à Milan et Plaisance.

A₁ Martigny-Simplon-Plaisance.

Sources.	Pages.		
(Co) Conducteur suisse.	27	Martigny-Brigue	77 km.
Meyer et Huber les 6 derniers chiffres de page 105 (M. et H.)		Brigue-Plaisance	239 »
		Total	316 km.

Martigny-Saint-Bernard-Plaisance.

Projet Ritter.		Martigny-Aoste	85 km.
(H) 390 b		Aoste-Yvrée	67 km.
Voir ci-dessus. (5)		Yvrée-Santhia	20 »
(H) 391		Santhia-Verceil	20 »
(H) 390 b		Verceil-Mortara	28 »
(M. et H.) 105		Mortara-Broni	45 »
(M. et H.) 105		Broni-Plaisance	37 »
		Total	302 km.

Longueur par le Simplon 316 km.
 » par le Saint-Bernard 302 »

Différence en faveur du Saint-Bernard 14 km.

A₂ Martigny-Simplon-Milan.

Sources.	Pages.		
(M. et H.)	106	Pontarlier-Gozzano-Novarre . . .	349 km.
		moins Pontarlier Martigny	
(Co)	26 et 27	72 + 52 + 15	— 139 »
		Reste	210 km.
(H)	391	Plus Novarre-Milan	50 »
		Total	260 km.

Martigny-Saint-Bernard-Milan.

Projet Ritter.		Martigny-Aoste	85 km.
Voir ci-devant A ₁		Aoste-Yvrée 67 + 20 + 20 = . . .	107 »
(H)	391	Vercel-Navarre-Milan	71 »
		Total	263 km.

Longueur par le Simplon 260 km.

» » Saint-Bernard 263 »

Différence en faveur du Simplon 3 km.

Le projet Masson ayant 8 km. de plus en longueur que le tracé du Simplon par le tunnel de base le trajet Martigny-Milan sera de 5 kilomètres plus court par le Saint-Bernard que par le Simplon (projet Masson).

1^{re} CONCLUSION.

Pour Martigny-Milan le Grand-Saint-Bernard l'emporte de 5 kilomètres sur le projet Masson et, pour Plaisance et l'Italie au sud de cette ville, c'est-à-dire la majeure partie de ce pays le Grand-Saint-Bernard l'emporte de 14 kilomètres sur le Simplon avec tunnel de base. Pour le port de Gênes il en est de même.

B. Comparaison concernant le Piémont.

B₁ Martigny-Simplon-Turin.

Sources.	Pages.		
Voir A ₁		Martigny-Brigue	77 km.
(M. et H.)	105	Brigue-Iselle-Gozzano-Navarre	
		22. 52 + 74. 46 + 35. 59 soit en	
		chiffre rond.	132 »
(H)	391	Novarre-Turin	400 »
		Total	309 km.

Martigny-Saint-Bernard-Turin.

Voir A ₁		Martigny-Aoste	85 km.
(H)	390b	Aoste-Yvrée	67 »
		Yvrée-Chivasso	33 »
(H)	391	Chivasso-Turin	29 »
		Total	214 km.

Le trajet Martigny-Turin est plus court de 95 kilomètres par le Grand-Saint-Bernard que par le Simplon.

B₂ Bâle-Saint-Bernard-Turin.

Sources.	Pages.		
(Co)	47	Bâle-Delémont	39 km.
(Co)	33	Delémont-Bienne	51 »
(Co)	41	Bienne-Lyss	40 »
(Co)	31	Lyss-Lausanne	77 »
(Co)	27	Lausanne-Martigny	67 »
Voir B ₁ ci-devant.		Martigny-Turin	214 »
		Total	458 »

Bâle-Simplon-Turin.

Sources.	Pages.		
Voir B ₂		Bâle-Martigny	244 km.
Voir B ₁		Martigny-Simplon-Turin	309 »
		Total	553 km.

Bâle-Gothard-Turin.

(Co)	64 et 65	Bâle-Rothkreuz	100 km.
(Co)	82 et 83	Rottikreuz-Bellinzone	158 »
(Co)	86	Bellinzone-Luino	40 »
(Co)	86	Luino-Turin	168 »
		Total	466 km.

Le trajet Bâle-Saint-Bernard-Turin est plus court que celui par le Gothard de 8 kilomètres et que celui par le Simplon de 95 kilomètres.

2^{me} CONCLUSION.

Le trafic de Bâle à Turin se fera donc réglementairement par le Grand-Saint-Bernard plutôt que par le Gothard; avec le Simplon, il ne saurait être question de cette aubaine pour les lignes du Jura-Simplon vu les 95 kilomètres de longueur de parcours en plus qu'elles représentent.

C. Comparaison entre divers parcours du trafic passant par Berne-Simplon, et par Lausanne-Simplon.

C₁ Pontarlier-Lausanne-Simplon.

Sources.	Pages.		
(Co)	26	Pontarlier-Lausanne	72 km.
(Co)	27	Lausanne-Saint-Maurice	52 km.
(Co)	27	Saint-Maurice-Brigue	94 »
		Total	218 km.

Pontarlier-Berne-Simplon.

(Co)	38	Pontarlier-Neuchâtel	54 km.		
Directe (D).		Neuchâtel-Berne	46 »		
(Co)	58	Berne-Thoune	31 »		
Ladame projet	le plus court page 15 à 17	Thoune-Tourtemagne (Valais)	52 »		
				Tourtemagne-Brigue	23 »
				Total	206 km.

Différence en faveur du passage par Berne 12 kilomètres et avec le tracé Ladame moyen 7 kilomètres. En supposant le Simplon et le Saint-Bernard exécutés le trafic de Pontarlier serait acquis à ce dernier.

C₂ Morteau-Neuchâtel-Berne-Simplon.

(Co)	39	Morteau-Neuchâtel	50 km.
Voir C ₁ ci-dessus.		Neuchâtel-Thoune-Brigue	152 »
		Total	202 km.

Morteau-Neuchâtel-Lausanne-Simplon.

(Co)	39	Morteau-Neuchâtel	50 km.
(Co)	35	Neuchâtel-Lausanne	75 »
Voir C ₁		Lausanne-Brigue	146 »
		Total	271 km.

Différence en faveur du passage par Berne 69 kilomètres.

3^{me} CONCLUSION.

Le trafic de la ligne de Morteau pour l'Italie se fera entièrement par Berne, Thoune et le Simplon et sera, une fois ce dernier terminé, entièrement perdu pour les lignes de la Suisse française.

C₃ Delémont-Bienne-Berne-Simplon.

Sources.	Pages.		
(Co)	34	Delémont-Bienne	51 km.
(Co)	40 et 41	Bienne-Berne	34 »
Voir C ₁		Berne-Brigue	106 »
		Total	191 km

Delémont-Soleure-Berne-Simplon.

(Co)	34	Delémont-Moutier	12 km
Voir 4 ^e du chapitre VI.		Moutier-Soleure	19 »
(Co)	56	Soleure-Berthoud-Berne	34 »
Voir C ₁		Berne-Brigue	106 »
		Total	181 km.

Delémont-Bienne-Lausanne-Simplon.

(Co)	34	Delémont-Bienne	51 km.
(Co)	41	Bienne-Lyss	10 »
(Co)	31	Lyss-Lausanne	77 »
Voir C ₁		Lausanne-Brigue	146 »
		Total	284 km.

Différence en faveur de Delémont-Soleure-Berne 103 kilomètres et les marchandises ne passeront même pas par Bienne au grand préjudice de la compagnie du Jura-Simplon. Il est, je le pense, inutile de pousser plus loin ce chiffrage de distances.

4^{me} CONCLUSION.

Le trafic de la ligne de Delémont pour l'Italie échappera entièrement au Jura-Simplon par le percement du Simplon.

CHAPITRE VIII

Résumé et conclusions finales.

Il résulte clairement de l'étude qui précède que l'exécution de la ligne internationale par le Grand-Saint-Bernard sera pour la Suisse romande une œuvre éminemment utile à sa prospérité, tandis que celle du Simplon serait une œuvre néfaste, surtout pour les cantons de Vaud et du Valais.

Le Simplon, une fois percé, la ligne Thoune-Viège par la Gemmi devient d'une absolue nécessité pour la Compagnie du Central Suisse, pour les cantons de Bâle, Argovie, Soleure et surtout de Berne ; les trois lignes internationales de Pontarlier, Morteau et Delémont, voire même celle de Bâle, expédieront leurs marchandises par Berne, avec des économies de parcours de 12 kilomètres, 69 kilomètres, 103 kilomètres, et enfin Bâle économiserait, en expédiant par Berne pour le Piémont, 95 kilomètres sur le parcours par Lausanne-Simplon.

La brutalité de ces chiffres et leur éloquence sont telles qu'il faudrait être véritablement frappé d'abération technique et économique, pour, dans les pays de Vaud et du Valais, patronner et fournir les millions nécessaires à l'établissement d'une ligne ferrée aussi désastreuse pour ces cantons.

Le Simplon est aujourd'hui le percement *bernois des Alpes*, à ce canton le soin de l'exécuter s'il y tient ; quant aux can-

cantons de Vaud et du Valais, leur pénétration en Italie est par le Grand-Saint-Bernard, par l'admirable vallée de Ferret, si avantageusement taillée du nord au sud dans le relief terrestre, qu'on ne saurait désirer mieux pour créer le passage tant désiré.

Vaudois et valaisans, vous voilà bien et duement avertis. Profitez de l'avis sans plus tarder.

Le danger c'est le **Simplon**.

Le salut c'est le **Saint-Bernard**.

Une dernière objection que l'on fera est la difficulté de trouver le capital pour créer l'œuvre, or, j'affirme que le Piémont soutiendra énergiquement ce projet du côté italien, et que l'Italie l'appuiera, que la France lui sera très favorable aussi et qu'enfin si les subventions votées par la Confédération Suisse et les cantons romands pour le percement des Alpes occidentales lui sont assurées, le capital nécessaire sera vite complété et trouvé.

C'est absolument certain !

Neuchâtel, le 15 avril 1893.

RÉFORME DES CHEMINÉES

par J. SAMBUC, ingénieur.

L'emploi qui se répand de jour en jour des nouveaux engins de chauffage à combustion lente appelés « Inextinguibles » et du nouveau combustible appelé « anthracite » rend une réforme des canaux de cheminée indispensable et même urgente, au double point de vue de l'hygiène, — voire même de la *sécurité* publique, — et de l'économie.

Ces nouveaux appareils perdent en effet une très faible partie de la chaleur qu'ils produisent par leurs tuyaux et par suite ils ne laissent pénétrer qu'une très faible quantité de chaleur dans le canal de cheminée avec lequel ils sont mis en communication. Comme ils ont en outre l'avantage de pouvoir être réglés à marche très lente, de manière à ne brûler que très peu de combustible en un temps donné et à produire une très faible chaleur, sans risquer de s'éteindre, il est évident qu'à ces moments la quantité de gaz chauds, produits de la combustion, qui s'échappent dans le canal de la cheminée, sera souvent réduite à quelques litres par minute. Or comme ces gaz sont plus lourds que l'air², s'ils pénètrent dans un canal trop large et si, ce qui arrive souvent, ce canal est refroidi, sur tout ou partie de son parcours, par le contact de l'air extérieur ou de la pluie, les quelques calories excédantes de ces gaz seront bientôt absorbées par les parois de ce canal, et alors, non seulement ils cesseront de monter et d'être évacués sur le toit, mais ils redescendront dans l'appareil et se répandront dans l'appartement, soit à travers le dit appareil, soit, et plus fréquemment, à travers la manchette et les joints des tuyaux.

Il est donc nécessaire, absolument nécessaire, de diminuer les dimensions transversales de ces canaux jusqu'au point voulu pour rendre ces retours de gaz complètement impossibles, car l'oxyde de carbone qui se produit dans une assez forte proportion pendant la combustion très lente, est un poison as-

² La densité de C O₂ = 1,53, celle de C O = 0,967; le mélange de 2 C O₂ + 1 C O (maximum) aura donc une densité = à 1,34.