

Zeitschrift: Bulletin de la Société vaudoise des ingénieurs et des architectes
Band: 4 (1878)
Heft: 1

Artikel: Notice sur le nouveau port de Trieste
Autor: Fraisse, W.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-5899>

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: 06.07.2025

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

BULLETIN

DE LA SOCIÉTÉ VAUDOISE

DES INGÉNIEURS ET DES ARCHITECTES

PARAISANT 4 FOIS PAR AN

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

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

Sommaire. — Notice sur le nouveau port de Trieste (avec trois planches), par M. W. Fraisse, ingénieur. — Note sur le Simplon, par M. Lommel, ingénieur. — Note sur les mots *maximum* et *minimum*, par M. Pellis, ingénieur. — Société suisse des ingénieurs et des architectes. — Société vaudoise des ingénieurs et des architectes. — Résultats du concours pour l'hospice d'Asnières.

NOTICE

SUR LE NOUVEAU PORT DE TRIESTE

par M. W. FRAISSE, ingénieur,

inspecteur fédéral de la correction du Rhin et des eaux du Jura.

Les difficultés d'exécution qui se sont rencontrées dans la construction du nouveau port de Trieste sont dues principalement, et l'on pourrait dire uniquement, à la mauvaise nature du sol vaseux dans lequel on a dû travailler; mais les affaissements et déplacements ont pris de telles proportions que l'examen de ces travaux, outre l'intérêt que présente toujours une vaste entreprise d'utilité publique, ne peut manquer d'intéresser quelque peu une société d'ingénieurs.

Ayant eu l'occasion de visiter ces ouvrages et de recueillir quelques notes, je me permets d'autant plus volontiers d'en entretenir la société que nous sommes souvent en Suisse, et dans nos environs immédiats, dans le cas de reconnaître les inconvénients d'un mauvais sol, instable ou argileux. L'époque glaciaire a laissé des traces nombreuses dans la région qui, du lac Léman au lac de Constance, sépare le massif des Alpes de celui du Jura, et ces traces, intéressantes pour le géologue, sont souvent une cause de grande déception pour les ingénieurs et pour les administrations payantes.

L'importance toujours croissante du mouvement commercial de la Méditerranée, surtout depuis l'ouverture du canal de Suez, devait entraîner le gouvernement impérial d'Autriche à favoriser par de bonnes installations le développement du port de Trieste, le seul grand port de commerce que possède l'empire, car le port de Pola, situé à 90 kilomètres plus au sud, à l'extrémité méridionale de l'Istrie, est spécialement un port militaire. Cette nécessité s'imposait d'autant plus impérieusement que la construction des chemins de fer qui conduisent au cœur de l'empire et dans une grande partie de l'Allemagne a étendu de beaucoup le commerce de Trieste. Chaque année les affaires augmentent et pour certaines branches Trieste lutte, non sans succès, avec Cette, Gênes et même

Marseille. Or la rade de Trieste ne pouvait absolument pas suffire à ce qu'on exige pour un port de commerce.

Cette rade, située au nord-est de la mer Adriatique, est abritée contre les vents du sud par la grande presqu'île de l'Istrie. Un môle d'environ 400 mètres de longueur, celui de Sainte-Theresa, à l'extrémité duquel est le phare, abrite efficacement le port contre les vents d'ouest. (Voir la planche I.)

Quant au vent de l'est-nord-est, la Bora, qui est parfois d'une violence extrême, c'est un vent de terre qui plonge brusquement sur le port, mais dont il est un peu garanti par la ville et les hauteurs au pied desquelles elle est située.

L'horizon de mer ne présente ainsi qu'une superficie d'environ 4500 kilomètres carrés, comprise dans un angle de 47°, dont un des côtés est tangent à la pointe d'Istrie, et l'autre au littoral septentrional de l'Adriatique.

Mais les mouillages complètement abrités n'ont qu'une superficie de quinze hectares comprenant l'espace entre le môle Sainte-Theresa et le môle Ferdinand, aujourd'hui Giuseppina, les deux darses, aujourd'hui comblées, du Lazaret et du chemin de fer et le canal intérieur de 30 mètres de largeur sur 400 mètres de longueur, bordé de quais en maçonnerie sur lesquels les grands navires à voile peuvent opérer leurs embarquements et débarquements; deux ponts tournants maintiennent la circulation du public au travers de ce canal.

L'espace compris entre le môle Giuseppina et le Glutsch, devant la plaine où la ville neuve est construite, est plutôt une rade qu'un port abrité. La mer y est quelquefois très grosse par les vents d'ouest.

On y a construit plusieurs môles et débarcadères, principalement le môle Saint-Charles, qui a 20 mètres de largeur et 250 de longueur, et le môle du Glutsch, long de 225 mètres, et d'autres. Ces môles sont parcourus par les voitures et accostables bord à quai par les bateaux à vapeur, ce qui permet aux voyageurs de passer directement du paquebot sur le dallage du quai au moyen de simples petits ponts volants en bois, faciles à placer.

En outre, on a disposé un assez grand nombre de bouées fixes, composées d'un groupe de pieux reliés entre eux et auxquels les navires peuvent être amarrés. Aujourd'hui ces mêmes bouées devant le nouveau port se font en pieux à vis en tôle, de 20 mètres de longueur, dont les têtes émergent de 2 mètres sur le niveau de la mer et sont reliées entre elles par de solides armatures en croix de Saint-André. Les pieux sont au nombre de sept par bouées, dont un au centre et six placés en hexagone sur 6 mètres de diamètre.

Telles sont les dispositions principales de l'ancien port, devenues tout à fait insuffisantes. Plusieurs projets ont été étudiés, et enfin le gouvernement s'est arrêté au plan proposé par M. Paulin Talabot et un peu modifié par M. H. Pascal, ingénieur en chef des ponts et chaussées de France, actuellement inspecteur général à Paris.

C'est le projet en cours d'exécution depuis 1862.

La compagnie impériale et royale des chemins de fer du sud de l'Autriche, ayant des intérêts liés à ceux du port et de la ville de Trieste, s'est chargée des travaux d'exécution par un marché spécial dont le premier devis s'élevait à 13 615 000 florins effectifs d'Autriche à payer en douze annuités successives. (34 040 000 francs.)

On avait d'abord fixé le délai pour l'achèvement des travaux à la fin de l'année 1873. Mais les difficultés provenant du mouvement de la navigation et de la mauvaise nature du sol ont fait prolonger le délai de cinq ans, soit jusqu'à la fin de 1878. Aujourd'hui on peut déjà reconnaître que ce nouveau délai ne suffira pas. Les mécomptes qui résultent de la mauvaise nature du sol sont d'une telle importance qu'il est impossible de préciser le moment où l'on aura obtenu une stabilité suffisante. Les travaux sont cependant fort avancés. Une partie considérable des nouvelles installations est déjà reconnue et livrée au commerce, mais d'autres parties sont encore loin de pouvoir être livrées et utilisées; de plus, comme il arrive bien souvent dans les travaux de cette nature, on est obligé d'adopter des modifications au projet primitif en cours d'exécution, par suite de circonstances quelquefois impérieuses; c'est ce qui arrive à Trieste.

La nature du sol près du môle du Glutsch, ainsi que les exigences de la navigation, sont de nature à faire abandonner une partie des constructions projetées au sud, et à faire entreprendre au contraire plus au nord un bassin spécial affecté au commerce des huiles de pétrole, que, par prudence, on placera ainsi à l'écart des autres emplacements.

Le nouveau port s'étend devant la ville neuve, le long de la baie du Lazaret, faisant face à la haute mer à l'ouest-quart-sud. La ligne du quai s'avance de 245 mètres au devant des terrains de l'ancienne gare et du Lazaret, dont les bassins sont comblés par des remblais. Le long de cette ligne de quai, de plus de 1200 mètres d'étendue, on construit trois vastes môles, larges de 80 mètres chacun, avançant en mer de 215 mètres, capables ainsi d'offrir au commerce de vastes quais pour le déchargement ou l'embarquement des marchandises, ainsi que pour la circulation et permettant en outre la construction de couverts pour les dépôts provisoires exigés par certaines marchandises.

Ces môles au nombre de trois, sont séparés entre eux par des bassins quadrangulaires de 300 mètres de face et mesurant ainsi chacun une superficie de 64 500 mètres carrés, bordée de 730 mètres de longueur de quais.

Le nouveau bassin projeté au nord, ainsi que le môle extérieur de ce côté-là, destinés au commerce du pétrole, seront, je crois, de dimensions un peu moins grandes.

Ces bassins, ouverts à l'ouest, sont défendus de ce côté par une longue digue de 1200 mètres de longueur, qui les abrite des vents et des tempêtes du large. Cette digue, aujourd'hui terminée, est placée à 150 mètres de distance en avant des môles. Un éperon en retour du côté nord complète cette dis-

position en retrécissant la passe d'entrée qui est fixée à 95 mètres d'ouverture.

L'espace compris entre les têtes des môles et la digue du large procure ainsi un large chenal qui met les bassins en facile communication entre eux et avec les deux issues sur la mer.

L'étude des méthodes d'exécution a exigé une recherche attentive des conditions de l'emplacement, c'est-à-dire des profondeurs d'eau, du mouvement des marées et de la nature du sol.

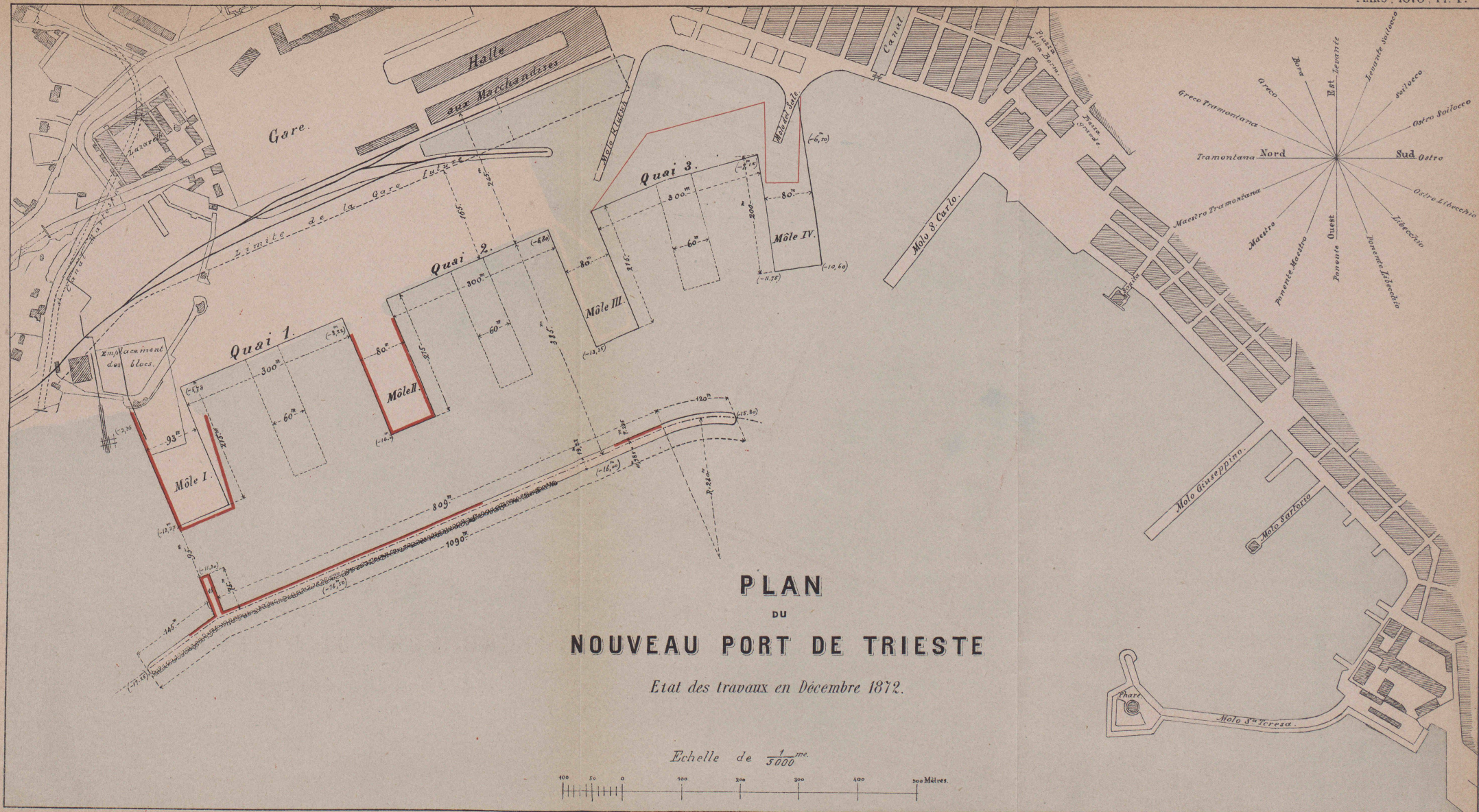
En ce qui concerne les marées, malgré une opinion généralement accréditée que la Méditerranée n'a pas de marée, les observations suivies à Trieste font reconnaître que le flux et le reflux se font sentir très positivement dans l'Adriatique. L'amplitude moyenne est de 0^m73, elle s'élève chaque mois à 1^m40 et parfois jusqu'à 1^m60, selon la saison. A Trieste, le zéro de l'échelle du port est fixé à la moyenne des marées basses; or, le 17 mars 1870, la mer était à 0^m65 au-dessous de ce zéro, et le 14 octobre 1875, elle était montée à 2^m00 au-dessus de ce même repère; c'est donc un écart extrême de 2^m65, constaté depuis qu'on se livre à des observations régulières dans l'intérêt de la direction des travaux, c'est-à-dire depuis plus de huit ans.

Les sondages opérés pour connaître la profondeur de la mer ont constaté que les points choisis pour les travaux présentaient 16 à 17 mètres de profondeur d'eau et diminuaient graduellement en s'approchant de la rive. Les profondeurs aux têtes des môles, sont de 10^m60 à 14^m08, tandis qu'aux angles intérieurs des bassins elles sont de 5^m80 à 8^m80. Le fond présente donc un plan incliné, dont la pente varie de 0,027 à 0,066. Nous verrons plus loin que ces profondeurs ont été bien modifiées par l'effet des travaux.

D'autres sondages ont été destinés à faire connaître la nature du sol appelé à recevoir les ouvrages; ils ont été poussés à 20 mètres de profondeur sous le sol, soit jusqu'à 33 mètres au-dessous du niveau moyen des basses mers. Ils ont fait constater que le terrain est uniquement composé de marne délayée, noirâtre, molle et presque liquide dans les couches supérieures, plus consistante dans les couches inférieures qui contiennent quelque mélange d'argile bleuâtre et enfin se changent à 15 ou 20 mètres de profondeur en argile plus compacte avec traces de sable, mais la puissance de cette couche n'a pas été vérifiée plus profondément.

L'existence d'une pareille couche vaseuse paraît pouvoir être attribuée à deux causes principales, les charriages perpétuels des eaux des deux torrents, le Glutsch et le Martesin, et l'action incessante de la vague contre les falaises qui bordent la rade au nord dès la sortie de la ville dans la direction de Miramar. J'ai pu voir là des bancs inclinés de marne grise presque noire, intercalés de bancs d'un grès dur, d'un gris verdâtre, de 0,20 à 0,60 d'épaisseur, qui est utilisé fort en grand par le service de la voirie, autant que j'ai pu en juger rapidement. Il me paraît évident qu'avec le cours des temps ces deux actions combinées ont dû entraîner et délayer cette masse de matière vaseuse qui forme aujourd'hui le fond de la mer dans la rade.

Quoi qu'il en soit de ces hypothèses sur les causes primitives de cette nature du sol, le système de construction devait s'y adapter et avoir pour but de paralyser les effets du peu de



PLAN

DU

NOUVEAU PORT DE TRIESTE

Etat des travaux en Décembre 1872.

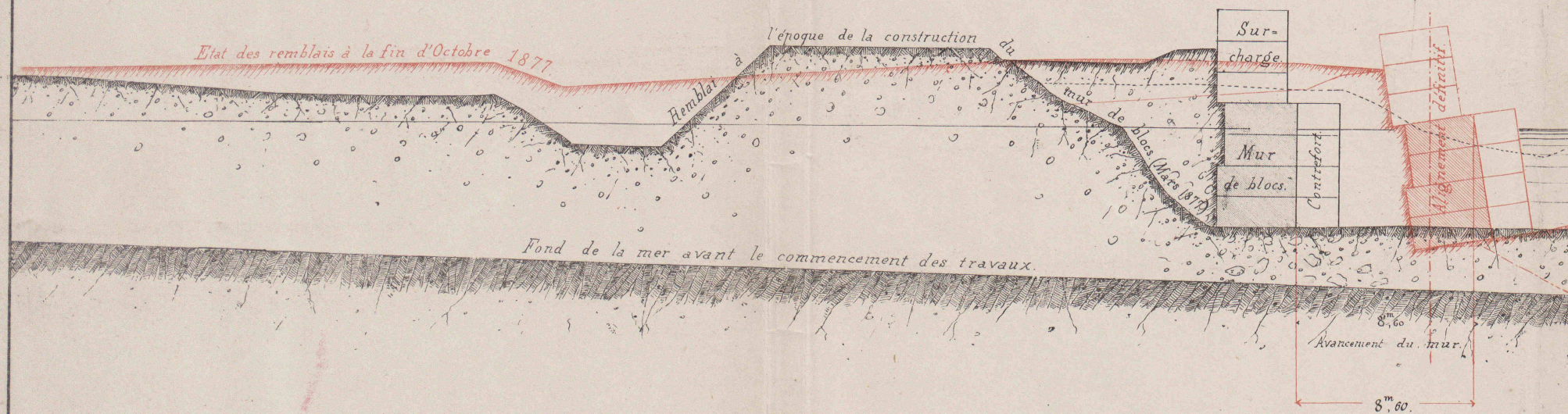
Echelle de $\frac{1}{5000}^{me}$.

100 50 0 100 200 300 400 500 550 Mètres.

Seite / page

leer / vide /
blank

NOUVEAU



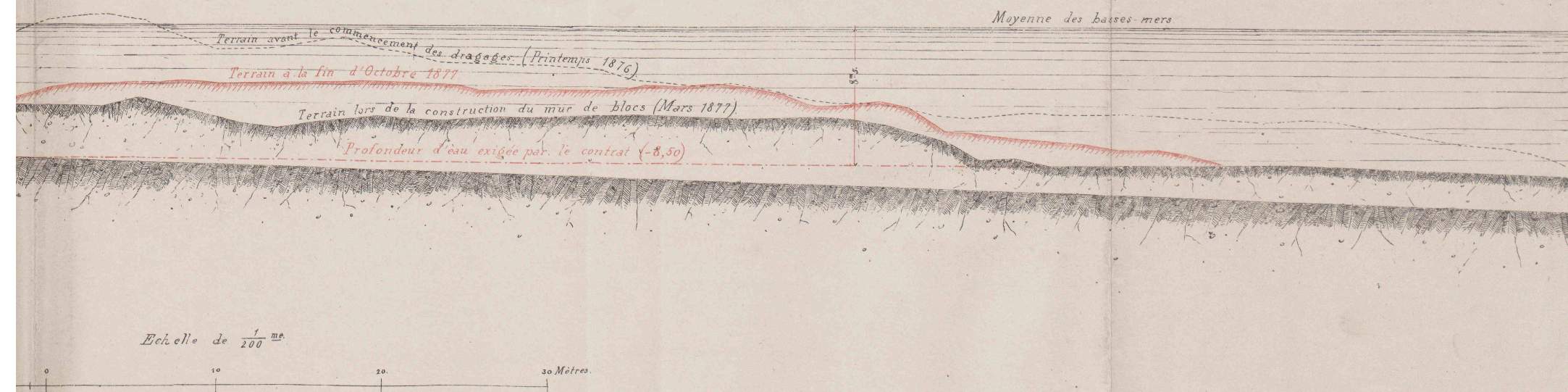
Seite / page

leer / vide /
blank

PORT DE TRIESTE

QUAI 2.

PROFIL EN TRAVERS N° 20.



Seite / page

leer / vide /
blank

consistance des terrains et de procurer aux murs des quais une solidité suffisante.

La difficulté était grande, vu l'étendue des ouvrages et l'importance de la masse plus ou moins mouvante dont on ne peut préciser, avec quelque sûreté, ni les moments, ni les directions, ni les durées.

De prime abord, cette nature du sol a fait écarter l'idée de fonder les ouvrages sur pilotis. Ceux-ci auraient dû être implantés à des profondeurs excessives et n'auraient très probablement pas résisté aux poussées latérales d'une pareille masse de vase glissante dans son ensemble.

Par motif d'économie les ingénieurs ont écarté aussi le système de fondation pneumatique, la profondeur du terrain solide à atteindre aurait entraîné à des dépenses non-seulement énormes, mais surtout dans une certaine mesure indéterminées.

Restait à se décider pour une fondation des murs de quais sur un terrain préparé et rendu plus solide par des enrochements suffisants. Ce système, employé dans d'autres ports, tant en France qu'ailleurs, consiste à former comme des digues sous-marines en forts enrochements, sur lesquels on peut fonder les murs de quai directement ou avec le secours de blocs artificiels comme on l'a fait à Trieste.

C'est ce qui a donné lieu au profil type adopté par le gouvernement. (Pl. III.) On a formé une base résistante à 10 mètres de profondeur par un large enrochement de 24 mètres de base et de 4 mètres de hauteur, terminé par des talus de un de hauteur pour deux de base. Après un tassement estimé suffisant, on a élevé sur la plateforme de ce massif un mur de blocs artificiels superposés et arrivant près du niveau des basses eaux. C'est sur ce mur de blocs qu'on a enfin construit le mur de quai proprement dit en pierre de taille parfaitement travaillée.

Ce mur de blocs artificiels a 3^m70 d'épaisseur, tandis que le mur de quai en pierre de taille qui le surmonte est de 1^m80. Tout l'ensemble est encore appuyé en arrière par un talus d'enrochement en moellons à 45° d'inclinaison, talus qui a pour but de soutenir les terres du remblai qui viennent s'appuyer derrière, dont l'effort est ainsi en partie reporté sur la base et sur l'enrochement principal. Mais ce procédé, employé au premier môle, n'a pas amené de bons résultats, quoique le remblai de l'intérieur eût été fait en bons matériaux. La poussée latérale a été telle que la masse entière avançait et glissait sur le fond vaseux dans le sens de l'inclinaison naturelle du sol, et il en résultait une dislocation générale des murs de quai, et par conséquent une altération considérable des alignements et des dimensions primitives des ouvrages. Les blocs artificiels eux-mêmes, du poids d'environ vingt-cinq tonnes chacun, ont pénétré dans les enrochements par suite de l'enfoncement du corps entier et des remblais derrière lui.

Ces mouvements ont provoqué des déviations de plusieurs mètres, tant en avant de l'alignement primitif, qu'en enfoncement vertical. C'est une vraie dislocation à grandes proportions.

Cette expérience malheureuse du premier môle a sans doute exigé une dépense importante pour ramener le massif aux dimensions prescrites; mais surtout elle a fait modifier notablement tout le système des constructions.

D'abord les enrochements, au lieu d'être placés sur le fond

sans autre préparation et laissés à eux-mêmes, ont été précédés du dragage d'une large cunette destinée à enlever la couche de vase molle, pour atteindre un sol plus résistant. On est allé ainsi à 10 ou 12 mètres au-dessous de la basse mer et les matériaux de l'enrochement s'enfonçaient encore de deux à trois mètres.

En second lieu, l'empâtement du pied des enrochements a été de beaucoup élargi, on a étendu leurs talus par une inclinaison de 4 de base pour 1 de hauteur tout en agrandissant la largeur de la risberme.

De plus, on a établi sur toute la largeur du môle une couche de matériaux calcaires de 3 à 4 mètres d'épaisseur; c'est comme un enrochement général de plus petits matériaux. Les enrochements eux-mêmes ont été protégés contre l'action de la mer par une digue de défense à leur pied et les murs des faces latérales des môles ont été reliés l'un à l'autre par des traverses construites aussi en matériaux de bonne qualité, soit en roc calcaire.

Enfin, on a procédé à la construction des murs de blocs artificiels bien après la terminaison des remblais, à l'exception de leurs talus extérieurs, afin de laisser au massif entier le temps d'acquiescer à un équilibre plus stable.

Ces modifications, qui ont entraîné nécessairement une augmentation de dépense très importante, n'ont cependant pas atteint un résultat satisfaisant. Cela s'explique sans doute par l'importance des couches molles du sol, mais aussi par les conditions du contrat de l'entreprise, qui fixe à 8^m50 la profondeur d'eau à obtenir dans les bassins pour les besoins de la navigation. Cette profondeur, qui n'est un peu diminuée qu'au pied immédiat des murs de quai, exige un dragage important dans une certaine étendue du bassin; ces dragages ont diminué d'autant le poids des masses qui contre-buttaient les poussées, ce qui facilitait l'action de ces poussées et le glissement en avant du mur de quai et de tout l'ensemble.

Pour combattre cette nouvelle difficulté on a eu recours à une forte surcharge de blocs artificiels, en leur superposant plusieurs rangées de blocs nouveaux et en établissant en outre des contre-forts formés de quatre blocs chacun, espacés d'un mètre de l'un à l'autre.

Malgré toutes ces précautions coûteuses le mouvement des terres s'est produit et se produit encore dans de vastes proportions. Des murs de quai qui étaient finis sont disloqués au point qu'ils sont entièrement à refaire; des blocs artificiels placés en surcharge se séparent les uns des autres, formant des lignes sinueuses et des ouvertures irrégulières qui attestent partout le manque de résistance du sous-sol. L'enfoncement des remblais, à mesure qu'on les amène, correspondant au soulèvement du fond de la mer en avant, qui semble obéir à une poussée souterraine verticale, est une nouvelle preuve de l'insuffisance des moyens employés pour certaines parties.

Le profil ci-joint (Pl. II) aidera à faire comprendre l'importance de ces mouvements.

En mars 1877, on avait élevé les remblais du quai N° 2 jusqu'à onze mètres au-dessus du fond de la mer. Le talus de ces remblais venait sous un angle d'environ 45° s'appuyer au pied du mur de blocs et par conséquent sur l'enrochement; ce remblai, large au sommet de 11 mètres, avait été continué en arrière, mais moins élevé.

Le mur de blocs artificiels construit du côté extérieur était

formé de quatre blocs superposés, surchargés de quatre autres semblables, mais provisoires, et appuyé extérieurement par une série de contre-forts, formés de quatre blocs chacun. Or chaque bloc mesure 11 mètres cubes, c'est donc un massif de maçonnerie lourde de 132 mètres cubes qui pèse sur l'enrochement, qui lui-même est de 4 à 5 mètres de hauteur.

Le terrain du fond de la mer s'élevait, à cette époque, à 3 et 4 mètres au-dessus du sol primitif, mais le mouvement s'est continué de telle sorte qu'en octobre dernier 1877 le fond de la mer s'était relevé jusqu'à 4 et 5 mètres, comme par un gonflement du fond, et le mur de blocs qu'on croyait résistant s'est avancé de huit mètres et six dixièmes (8^m6), tout en perdant son aplomb et sa régularité.

Quant au remblai derrière, le massif principal s'est peu affaissé, mais il s'est fait plus en arrière, à 30 ou 40 mètres de distance, un enfoncement très marqué et qui paraît se continuer.

Tout démontre donc que la masse du sol est comme une pâte fluente, qui s'avance sous la pression dont on la charge en faisant remonter au devant d'elle, comme une vague pâteuse, la partie où la pression est moindre.

C'est une pression de haut en bas qui correspond, mais à quatre-vingts ou cent mètres de distance, à une vague de soulèvement par une force de pression de bas en haut.

Cela démontre clairement que c'est la nature du sol qui est mauvaise, plus pâteuse encore que les sondages n'ont pu le faire prévoir et surtout que cette disposition embrasse un espace considérable, dont on ne peut connaître exactement ni l'étendue ni la profondeur.

Dans de pareilles conditions, il est impossible de presser les travaux, il faut donner à ces masses le temps de s'asseoir et d'acquiescer le degré de stabilité dont elles sont susceptibles et rechercher les moyens efficaces de surmonter ces difficultés.

Aujourd'hui les môles 1 et 2 semblent achevés, ainsi que le bassin N° 1 qui les sépare; déjà la reconnaissance administrative a été faite et le commerce a été autorisé à s'en servir; mais le second bassin et le môle N° 3 sont encore en ouvrage et l'on ne peut prévoir la date de leur achèvement.

Quant à la digue du large, longue de 1200 mètres environ, elle est terminée; sa construction a exigé une masse considérable de matériaux d'enrochement et de remblais, ainsi que le montre son profil transversal (Pl. III); mais par sa position au large, à 150 mètres en avant des môles, elle échappe à l'inconvénient des poussées des remblais des quais de rive.

Les enrochements n'ont pas moins de 16 à 17 mètres de hauteur, non compris l'enfoncement qu'ils peuvent avoir subi dans le sol du fond; la largeur de base atteint près de 60 mètres. Le talus intérieur est de 45°, l'extérieur est de 3 de base pour 2 de hauteur. Au sommet de ce massif on a formé un quai large de douze mètres, soutenu du côté intérieur par un mur vertical de 8 mètres de hauteur, sur 3^m70 d'épaisseur au sommet, son parement faisant retraite de 2^m50 sur le talus de l'enrochement. C'est une risberme laissée pour plus de sécurité au devant des blocs artificiels.

Du côté extérieur, soit de la mer, le mur s'élève à 0,80 seulement au-dessus du quai; il est appuyé au dehors par l'enrochement qui s'élève jusqu'au sommet, qui n'a que 1^m42 d'épaisseur; le quai lui-même est réglé à 2 mètres au-dessus des basses mers. La faible hauteur du mur extérieur sur le quai

expose celui-ci à tous les inconvénients des vagues poussées par les vents d'ouest, et peut-être y aurait-il avantage, pour rendre ce quai plus abordable dans les gros temps, à élever davantage cette protection extérieure, malgré la dépense supplémentaire qui en serait la conséquence. Les navires sont sans doute protégés contre la vague du dehors qui est contenue par le massif, mais la circulation et les manœuvres sont sans protection efficace, ce qui dans bien des cas peut devenir regrettable.

Depuis que cette digue du large existe, les deux extrémités sont signalées à l'attention des navigateurs par des feux, de couleur rouge au sud, verte au nord. Quant au phare de l'ancien port, il est à feu intermittent et dirige les pilotes.

C'est vers l'extrémité nord que stationnent les navires à pétrole, et c'est là qu'on projette de construire un nouveau bassin pour l'affecter spécialement à cet usage. Ce nouvel ouvrage n'est pas commencé, il exige préalablement la correction du Martesin, petit torrent qui débouche en ce point.

Cette modification au projet primitif paraît se lier à celle projetée pour le môle et le bassin N° 3 près du Glutsch, autre torrent qui traverse la ville.

D'après une note que j'ai sous les yeux, les travaux exécutés de 1868 à la fin de 1876 s'élèvent à un volume de 4024200 mètres cubes, dont 2728500 mètres de remblai, 1236500 d'enrochements et 50200 mètres cubes de maçonnerie. Les dragages avaient extrait 837700 mètres cubes de vase plus ou moins molle.

Si les dispositions générales du projet et la nature des difficultés rencontrées dans son exécution présentent un intérêt sérieux pour tous les hommes appelés à s'occuper de ces sortes d'entreprises, il est plus particulièrement intéressant pour les ingénieurs d'indiquer quelques-unes des circonstances spéciales des moyens d'exécution. Les carrières, la fabrication des blocs artificiels et surtout les travaux de fondations et de dragage ont exigé un déploiement de ressources et de moyens d'action qui mérite que j'en fasse mention.

Un grand nombre de carrières ont fourni les matériaux nécessaires à tous ces travaux. Les principales pour les enrochements se sont trouvées à la distance de 17 à 20 kilomètres au bord de la mer, au nord de Trieste, près de Sistiana et du golfe de Montefalcone. Les rochers plongent leur pied dans la mer et l'on a pu aisément y ouvrir plusieurs carrières sur un front de sept cents mètres de longueur sur 40 mètres de hauteur moyenne; ces rochers sont formés d'un calcaire compacte de formation éocène d'un gris blanchâtre.

Les matériaux étaient détachés au moyen de mines à la poudre; les entrepreneurs, MM. Dussaud frères, de Marseille, ont persisté à se servir de poudre de mine plutôt que de dynamite. Les mines étaient en général d'une grande puissance et de proportions énormes. Une mine monstre, placée à 25 mètres de distance dans le rocher et à 49 mètres de profondeur, a été tirée le 20 février 1870 en présence de beaucoup de curieux. La charge était de 30000 kilogr. de poudre; le chargement, le bourrage et le murage des galeries exigèrent quatre jours et un nombre considérable d'ouvriers pour transporter et arranger la charge. Celle-ci était distribuée dans deux fourneaux, auxquels on pénétrait par des galeries de 0^m78 d'orifice.

L'explosion produisit un écroulement de 70000 mètres cubes de roches.

Le prix de revient fait ressortir le mètre cube de roc abattu à 65 centimes environ. Cependant quelques blocs détachés sont trop volumineux pour être maniables, on doit les diminuer par quelques coups de mine.

Quoi qu'il en soit de cette expérience colossale, le chargement des mines était généralement fait à raison de 1 kilogramme de poudre pour 3 mètres cubes de roche vive. Mais, par suite de divers incidents, l'effet atteint en moyenne a été de 2^m05 de matériaux pour 1 kilogramme de poudre consommé. Les rochers ainsi détachés étaient pesés, contrôlés et placés sur des pontons, qui étaient remorqués par un petit vapeur et amenés à Trieste.

D'autres carrières des environs de Trieste ont été mises à réquisition, et en général les ingénieurs ont eu à leur disposition des matériaux d'excellente qualité et sans des difficultés sérieuses.

La pierre calcaire des murs de quai se prête à une taille très soignée; c'est un roc compacte, dont la densité est de 2600 kilogrammes par mètre cube, c'est l'équivalent des bons rocs calcaires de nos contrées.

La taille, la pose et les accessoires m'ont paru parfaitement exécutés.

Le système des blocs artificiels n'est pas nouveau. Il a déjà été employé à Marseille en 1846 pour la construction du port de la Joliette; il a été plus tard employé à Alger, à Port-Saïd, pour les grandes jetées, qui furent soumissionnées en octobre 1863 par les mêmes MM. Dussaud frères, au prix de 40 fr. le mètre cube. Ce premier marché prévoyait déjà 250 000 mètres cubes. Depuis lors on a fait usage de ce moyen dans bien des travaux maritimes.

Les blocs fabriqués à Trieste mesurent 11^m10 cubes; ils sont faits en maçonnerie ordinaire de moellons calcaires, avec mortier à chaux hydraulique du Theil (Ardèche). On sait que les carrières du Theil fournissent depuis longtemps une chaux hydraulique énergique et très homogène; elles approvisionnent des chantiers sans nombre, dans tout le bassin de la Méditerranée. Le mortier est formé à Trieste de 1 mètre cube de sable pour 362 kilogrammes de chaux et 0,271 mètre cube d'eau de mer, dont le mélange intime est fait mécaniquement. Ces blocs formés, on les laisse sécher à l'air libre pendant au moins trois mois avant de les immerger.

Au moment de la fabrication, qui se fait sur une aire en bois, on ménage des rainures, qui permettent de passer les chaînes de suspension, au moyen desquelles ces blocs, enlevés par de fortes grues flottantes, sont transportés à pied d'œuvre et déposés en place. Leur poids est d'environ 25 tonnes.

On les dispose en parpaing à joints alternatifs ou contrariés sans mortier à une profondeur de 5^m50 au-dessous du niveau des basses mers. Le tassement de 50 centimètres qui se produit, comme cela est vérifié par l'expérience, fait atteindre la profondeur de 6 mètres, ce qui répond à quatre rangées superposées de 1^m50 chacune.

Ces blocs doivent former la base des murs de quai, qui viennent s'y superposer et sont construits alors en pierre de taille soigneusement parementée; mais avant de construire ceux-ci, on laisse le mur de blocs prendre tout le tassement auquel il peut atteindre et qu'on favorise par les blocs en surcharge dont j'ai parlé plus haut. Quand on juge, après quelques mois, que le tassement de la masse est suffisant, on enlève la sur-

charge ainsi que les contre-forts et l'on procède à la maçonnerie du mur.

Mais cette marche n'est pas régulière, l'insuffisance de tous les moyens a fait ajourner les murs de quai et souvent reconstruire les murs de blocs qui ont perdu leur alignement dans des proportions importantes, malgré toutes les surcharges. Il a fallu relever et remanier des fragments étendus de ces murs. C'est ainsi que sur 1679 mètres courants de murs de blocs construits, il a fallu reconstruire 1162 mètres (c'est environ le 69 %); plusieurs parties ont été reconstruites deux fois.

Or la dépense de ces reconstructions est presque le quadruple de celle de la première construction; on ne peut reprendre les blocs sous l'eau qu'en les liant avec l'aide de plongeurs exercés, munis du scaphandre, ce qui exige des pontons et un outillage spécial. C'est encore avec le secours du scaphandre qu'on peut régulariser la première rangée et rétablir l'assise. Toutes ces opérations prennent un temps considérable et un personnel d'ouvriers habitués, et le tout doit être précédé d'un déblaiement général des remblais qui s'appuient au mur à démolir, ce qui se fait sur une largeur d'environ 15 mètres.

La mauvaise nature du sol, dont on ne peut se rendre bien compte que par la persistance et la grandeur des mouvements à mesure qu'on poursuit le travail, occasionne ainsi une augmentation de la dépense qui dépasse largement ce qu'on aurait pu prévoir.

L'effet est augmenté par les dragages indispensables pour obtenir dans les bassins la profondeur normale de 8^m50 d'eau au-dessous du zéro, prescrite par le contrat, mesurée à 7 mètres en avant du quai et réduite cependant à 6 mètres au pied même du mur. Ces dragages s'exécutent avec des dragues à godets ou à cuiller. Mais ils sont un danger permanent pour les murs; en allégeant le poids de la masse de terre sur le fond, ils rompent plus ou moins l'équilibre des poussées et augmentent ainsi la disposition des murs à s'avancer et perdre leur alignement. C'est une nouvelle cause de dépenses sans cesse à recommencer, malgré la précaution qu'on a d'attendre bien des mois, quelquefois plus d'un an, avant de regarder les tassements comme suffisants et stables.

La difficulté des dragages consiste, au point de vue de leur exécution, en ce que la nature des matériaux à enlever est variable. La masse est formée de vase, de gravier, de moellons et de gros blocs naturels, quelques-uns du poids de 10 tonnes.

Dans ces cas-là, les dragues ne peuvent suffire, des ouvriers munis du scaphandre descendent au fond de la mer pour lier ces blocs et faciliter leur enlèvement; il va de soi que tous les matériaux utiles retirés ainsi sont employés dans les travaux.

De 1872 à la fin de 1876, on avait dragué dans les deux bassins N° 1 et 2, 540 000 mètres cubes de matières, dont la moitié de vase, le quart de moellons, un peu moins de graviers et 2 % environ de gros blocs.

On a utilisé environ 200 000 mètres cubes de matériaux obtenus ainsi.

Il est inutile d'ajouter que ces travaux exigent un outillage important de bateaux, pontons, dragues, grues flottantes, mâtures à vapeur et autres accessoires; de nombreuses voies de fer sillonnent les terrains d'approche. Ces instruments n'ont rien de nouveau à offrir à l'intérêt d'une société d'ingénieurs. Je ne m'y arrête pas.

Il est facile de comprendre que ce n'est point ici le cas de

faire des conjectures, ni d'émettre des idées ou des observations sur la manière dont la direction de l'entreprise parviendra à surmonter les difficultés sans cesse renaissantes d'un pareil travail. C'est un rocher de Sisyphe, ou plus exactement un tonneau des Danaïdes. L'arrivée des remblais augmente sans cesse la pression qui s'exerce derrière les quais, ceux-ci s'avancent, et le sol du fond de la mer se relève d'autant sous l'influence de cette pression continue. Le dragage nécessaire pour rétablir la profondeur exigée de 8^m50 rompt de nouveau l'équilibre et la même pression, moins contenue, produit un nouveau relèvement qui correspond à un nouvel enfoncement des remblais du quai et à la marche en avant de tout l'ensemble. Quelle sera la limite de cette lutte? Il serait téméraire de le dire.

Quant à la partie administrative, j'ai déjà dit en commençant que la Société impériale et royale des chemins de fer du sud de l'Autriche s'est chargée de l'entreprise pour le gouvernement; celui-ci communique avec elle par l'intermédiaire de l'administration maritime siégeant à Trieste (k. k. Seebehörde), laquelle fait exercer sur les travaux le contrôle officiel de l'état, selon le contrat en vigueur.

Quant à la société entrepreneur, elle a remis la direction des travaux à un ingénieur en chef, M. F. Bœmches, ancien élève externe de l'école des ponts et chaussées de Paris, lequel est secondé par un ingénieur de section et deux ingénieurs ordinaires.

Dès l'origine, M. H. Pascal, ingénieur en chef à Marseille, avait été chargé d'une inspection régulière périodique à titre d'ingénieur-conseil; cet ingénieur éminent, ayant été appelé au grade d'inspecteur général des ponts et chaussées, avec résidence à Paris, a dû renoncer à ses fonctions relatives au port de Trieste; il n'est pas remplacé encore.

En terminant, je dois expliquer que les chiffres que je cite dans le cours de cette notice sont recueillis des mémoires que j'ai eus à ma disposition, publiés par M. Bœmches lui-même, et de quelques renseignements pris sur place.

NOTE SUR LE SIMPLON

par M. LOMMEL, ingénieur,
directeur technique de la Compagnie du Simplon.

Nous réunissons dans la présente note les tableaux suivants relatifs aux études actuelles sur le Simplon et complétant le compte rendu de ces études, publié dans notre dernier numéro.

TABLEAU DES SIGNAUX

Nos	DÉSIGNATION	ALTITUDE	OBSERVATIONS
		Mètres	
1	Base Gamsen	672.13	Les cotes expriment en mètres, au-dessus du niveau de la mer, les altitudes de la face supérieure du cône tronqué en maçonnerie, formant la base du signal.
2	» Naters	675.99	
3	Glisshorn	2406.48	
4	Masseggen	824.80	
5	Rosswald	2342.56	
6	Tunnel-Brigue....	813.26	
7	Furggenbaumhorn.	2985.91	
7a	Wasenhorn	3246.52	
8	Schönhorn	194.79	
9	Carnera	2860.13	
10	Breithorn	3369.12	
11	Seehorn	2441.19	
12	Camozellhorn	2204.98	
13	Pointe rouge	2384.24	
14	Pizzo di Giezza....	2460.35	
15	Albione	2434.17	
16	Osone	1009.25	
17	Tunnel-Iselle	883.00	
18	Ronds	1590.97	
19	Præsia	1283.24	
20	Onso	1174.55	
21	Base Crevola	312.99	
22	» Domo	274.11	

TABLEAU DES BASES

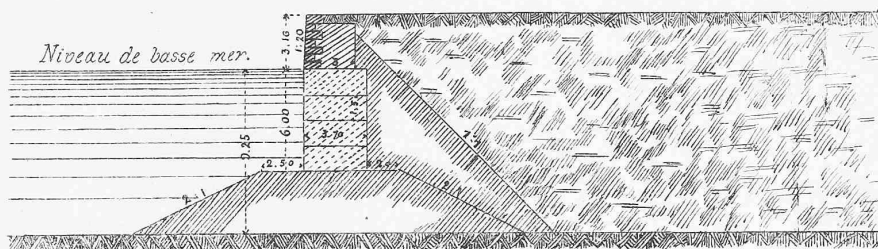
NATURE du mesurage	LONGUEURS obtenues	LONGUEURS moyennes	OBSERVATIONS
A. BASE NORD			
GAMSEN-NATERS			
A la chaîne * ...	3224.65	3224.73	
»	3224.81		
A la latte de 5 ^m .	3224.43	3224.64	
»	3224.85		
B. BASE SUD			
CREVOLA-DOMO			
A la chaîne * ...	3172.64	3172.45	
»	3172.27		
A la latte de 5 ^m .	3172.73	3172.76	
»	3172.80		
* Ruban d'acier, de 20 mètres de longueur.			

TABLEAU DES ANGLES

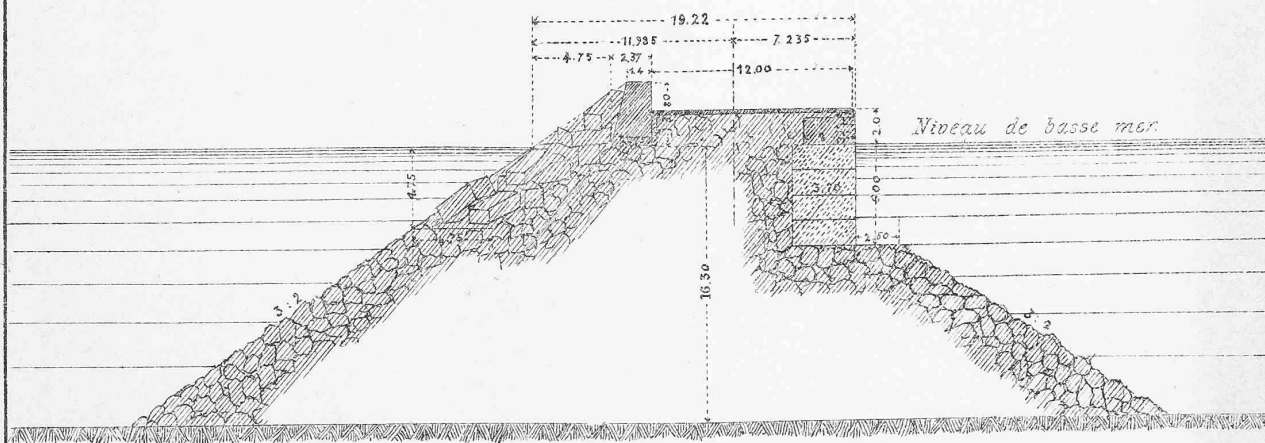
TRIANGLES	ANGLES	TRIANGLES	ANGLES	TRIANGLES	ANGLES
1. Base Gamsen ..	70°36'14".0	5. Rosswald	23°86'08".0	3. Glisshorn	36°49'02".0
3. Glisshorn	55°78'57".5	6. Tunnel Brigue.	125°32'32".5	7. Furggenbaumh.	48°58'47".5
2. Base Naters ...	73°85'42".5	3. Glisshorn	50°82'15".7	5. Rosswald	114°92'47".0
	200°00'14".0		200°00'56".2		200°00'03".5
3. Glisshorn	23°39'68".8	3. Glisshorn	26°68'80".3	8. Schönhorn	39°54'29".2
4. Masseggen	43°66'02".0	6. Tunnel Brigue.	134°33'78".5	7. Furggenbaumh.	110°97'29".0
2. Base Naters ...	132°93'99".0	2. Base Naters ...	38°97'56".5	5. Rosswald	49°47'64".0
	199°99'69".8		200°00'15".3		199°99'20".2

NOUVEAU PORT DE TRIESTE

PROFIL DES MURS DU QUAI ET DES MÔLES.



PROFIL DE LA JETÉE.



Echelle de $\frac{1}{400}$ me.

