Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 55 (1929)
Heft: 4

Artikel: Les maçonneries du grand souterrain maritime du Rove
Autor: Sudheimer, Ch.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-42634

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: 19.07.2025

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

55e année 23 février 1929 N° 4

BULLETIN TECHNIQUE DE LA SUISSE ROMANDE

Réd.: Dr H. Demierre, ing. Paraissant tous les 15 jours

ORGANE DE PUBLICATION DE LA COMMISSION CENTRALE POUR LA NAVIGATION DU RHIN
ORGANE DE L'ASSOCIATION SUISSE D'HYGIÈNE ET DE TECHNIQUE URBAINES
ORGANE EN LANGUE FRANÇAISE DE LA SOCIÉTÉ SUISSE DES INGÉNIEURS ET DES ARCHITECTES

SOMMAIRE : *Les maçonneries du grand souterrain maritime du Rove*, par Ch. Sudheimer, ingénieur E. I. L. (Chef de service des travaux de la tête nord à l'Entreprise *Léon Chagnaud*, à Marignane) (suite et fin). — *Nouvelles cartes topographiques de la Suisse*, par M. F. Vittoz, ingénieur, Colonel d'artillerie. — *Les Forces Motrices du Schluchsee.* — *Deuxième conférence mondiale de l'énergie, à Berlin, en 1930.* — Bibliographie. — Carnet des concours.

Les maçonneries du grand souterrain maritime du Rove,

par CH. SUDHEIMER, ingénieur E. I. L.
(Chef de service des travaux de la tête nord à l'Entreprise *Léon Chagnaud*, à Marignane).

(Suite et fin.)[1]

Fouilles et maçonneries des entrefouilles, etc.

Dès que les piliers sous voûtes furent tous maçonnés sur quelques cents mètres, on passa à l'exécution de la pente d'accès 20 $^0/_{00}$, dès le portail nord (+ 1,50) à (— 4,00), et de la cunette indiquée sur la coupe schématique de la fig. 24, vers fin octobre 1922; et ceci au moyen de grues de 3—5 t roulant sur voie (0,75 m) au plan (+ 1,50).

De cette cunette, par abatage, on excavait les tronçons demeurés entre piliers maçonnés, pour l'exécution immédiate de la maçonnerie dite *d'entrefouilles*, côté ouest, en édifiant, du même coup, les 2 murettes du chemin de halage futur, celle sous joint d'anneau et celle de mi-anneau (3 m d'axe en axe).

La fig. 26 laisse voir cette pente d'accès et la cunette découvrant les piliers, ainsi que la maçonnerie d'entrefouilles en cours.

Dans la zone 275—296 (Sainte-Maxime), où les entrefouilles furent excavées par puits et maçonnées comme les fouilles des piliers sous-joints, la cunette ne fut créée qu'après achèvement de tout le revêtement de cuvette de ce tronçon.

On pouvait s'attendre, en se basant sur les fissurages constatés aux « piédroits » en construisant les piliers sous joints d'anneaux, à une aggravation lors de l'exécution méthodique des entrefouilles (par puits) de cette région.

Côté ouest, en effet, entre les anneaux 277 et 286, tous les piliers construits ultérieurement montraient des fissures attestant des charges formidables supportées par les anneaux. Côté est, quelques fissures, mais de moindre importance, apparurent en 285 et 288. Contre les piliers les plus malades, 279—80, 280—81 et 283—84, ouest, les 5—7 septembre 1923, des *contreforts* furent maçonnés d'urgence entre plan (— 4,00) et (+ 1,00).

A ce moment, tout mouvement disparaissait aux piliers, côté est, pour renaître fin septembre entre 285 et 288.

Finalement, et pour éviter un resserrement transversal éventuel des maçonneries en sous-œuvre sous la poussée toujours dirigée N. O.—S. E., lors de l'ouverture de la cunette de cuvette, il fut décidé de construire préalablement, par galeries blindées débouchant est et ouest, à la base des fouilles latérales, *deux tronçons de radier* bétonné de 3 m de largeur (Type II) sous milieu des anneaux 279 et 281.

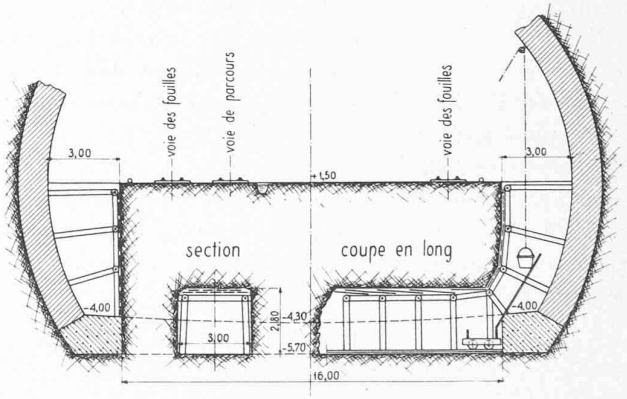

Fig. 27. — Bandes de radier bétonné, de 3 m de large, sous les anneaux 279 et 281. — Echelle 1 : 300.

La *fig. 27* montre la disposition de ce travail exécuté en septembre-octobre 1923.

On jugea également nécessaire de construire les entrefouilles sous les anneaux 279, 281, 282, 283, 284, 285, 286 ouest et 282—288 est avec parements *en mœllons (d'appareil) assisés et au mortier de ciment*, comme on le fit également pour la réfection des piliers disloqués.

L'exécution des maçonneries, côté est (à part les piliers sous joints créés précédemment), se fit de façon identique, mais en marche rétrograde, de Sainte-Maxime, vers le portail nord, au fur et à mesure de l'enlèvement du stross de cuvette pratiqué par abatage successif, dès la cunette à (— 4,00).

Attaqué le 4 avril 1922, le revêtement de cuvette

[1] Voir *Bulletin technique* du 9 février 1929, page 25.

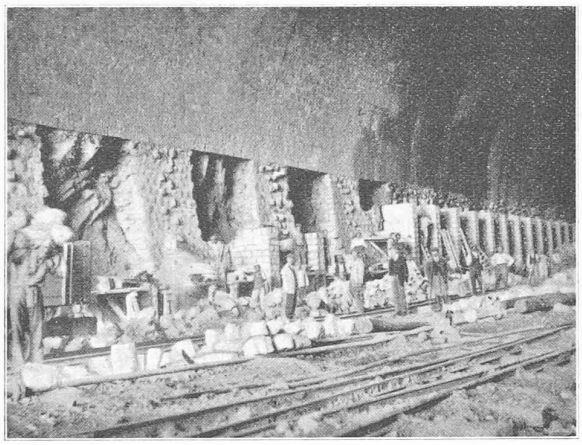

Fig. 28. — Avril 1925. — En marche rétrograde, après enlèvement du stross de cuvette, sur plan (— 4,00), les maçonneries de cuvette en voie d'achèvement vers le portail nord.

se terminait au portail nord, côté est, le 22 juin 1925. L'exécution des fouilles, entrefouilles, etc., avait absorbé 800 m³ de bois pour boisage et blindages.

La *fig. 28* montre la maçonnerie des entrefouilles et murettes, exécutée dès le plan (— 4,00), après enlèvement du stross de cuvette. L'excavation, sous naissances (+ 1,50), n'était complétée qu'au fur et à mesure de la montée de maçonnerie. Ainsi s'acheva ce travail d'excavation et de maçonnerie de cuvette sous des voûtes de 22 m d'ouverture souvent très chargées.

En 1923 (printemps) les travaux de la tranchée, arrêtés depuis la guerre, reprirent, notamment dans le voisinage de l'entrée du souterrain, par l'abatage de la butte sud-ouest (90 000 m³) visible sur la fig. 23 (masquant l'entrée à droite).

La *fig. 29* montre l'état des travaux, à l'embouchure, fin 1923, alors que sont en pleine marche, au souterrain, les maçonneries de cuvette, dont plus de 34 000 m³ furent exécutés par la tête nord.

Fig. 29. — Fin 1923. Débouché de la voûte en fond de tranchée, à (+1,50).

Construction des radiers bétonnés.

Dans toutes les régions en marne aptienne ou bégudienne, il était indispensable, soit pour éviter des affouillements ultérieurs, soit encore pour empêcher toute tendance au resserrement des maçonneries de cuvette, après la mise en eau, sous des poussées de flanc éventuelles, de construire un radier général.

On employa, dans ce but, le béton de chaux (dosé à 175 kg par m³ de béton) et, suivant la nature des terrains, 3 types de radier étaient envisagés.

La *fig. 30* montre que, pour les 3 types, la partie à couvrir était divisée en bandes longitudinales, excavées et bétonnées sur lesquelles on établissait les voies de parcours et de charge pour en exécuter d'autres. Ces

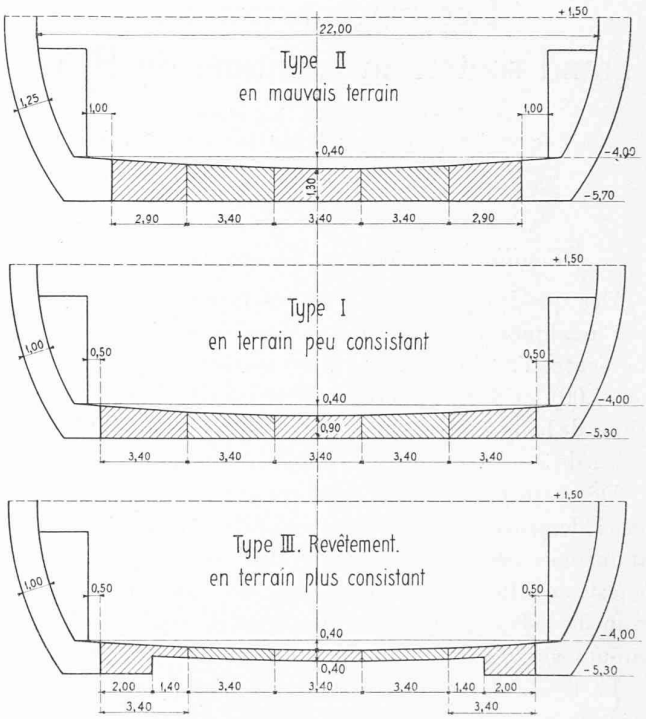

Fig. 30. — Coupes des radiers.

radiers furent exécutés en 9 tronçons successifs d'environ 290 m. de longueur.

Une bétonnière Campistrou (½ m³), actionnée électriquement et montée sur un truc (voie 0,75 m), servit à la confection du béton. La voie de 0,60 m était utilisée pour l'apport des matériaux à la bétonnière et le transport du béton au lieu d'emploi.

La question, assez complexe, des épuisements, fut résolue par des pompes à air comprimé (Worthington). La marche, lancée à 2 postes, au début, passa rapidement à 3 postes de 8 heures, avec une production moyenne de *150 m* de béton par jour. Attaqués en septembre 1924, ces radiers étaient achevés sur les 1800 m en juillet 1925.

La *fig. 31* montre la vue de la tête nord à cette époque.

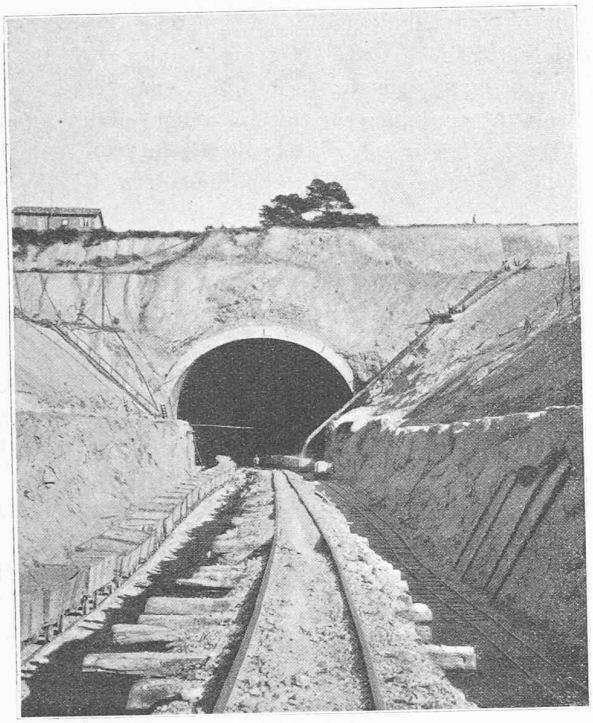

Fig. 31. — Août 1925. Aspect de l'embouchure nord du souterrain, où les radiers et chemins de halage s'achèvent successivement. Le plan (— 4,00) est déjà atteint en tranchée, des deux côtés de la pente d'accès au tunnel.

Exécution finale des chemins de halage latéraux au plan (+ 1,50).

Au moyen de coffrages appropriés, les voûtelettes en béton de chaux, constituant les chemins de halage, furent construites, de Sainte-Maxime au portail entre février et septembre 1925. Le béton gâché au moyen d'une bétonnière Smith (300 litres) montée sur truc (voie 0,75 m) et mue électriquement, était monté de la cuvette au niveau voulu par des mâts-grues (électriques) mobiles sur voie (0,75 m), côté est et ouest. Sur les murettes, maçonnées précédemment, de 0,60 m d'épaisseur et arasées à la cote (+ 0,25), on édifia ces petites voûtes, mesurant 2,40 m d'ouverture et 0,50 m de hauteur. Entre la clé et le plan de halage (+ 1,50), il reste donc une épaisseur de 0,75 m de béton. Des bordures en pierre de taille, de 0,30 m × 0,20 m de section, couronnent le parement bétonné de ces voûtelettes.

La *fig. 32* donne une idée du souterrain terminé. Les chemins de halage sur piliers et voûtelettes y sont très visibles, mais les radiers sont ici recouverts par l'eau, au plan (— 3,85), qu'on épuise, à cette époque, uniquement par la tête sud, visible (point lumineux) à 7 km de distance.

Tous les travaux du souterrain (sans portails) étaient terminés, au délai imposé, le 1er octobre 1925. Ils avaient duré 11 ans, pour le côté nord (Marignane).

Conclusions.

De l'exécution de ce grand ouvrage, il ressort certains enseignements qu'il peut être utile d'approfondir.

En nous maintenant strictement dans le rôle du constructeur, voici, successivement, les points sur lesquels il y a lieu de s'arrêter.

1° Dans les terrains constitués par des marnes s'altérant au contact de l'air, et tel est le cas des marnes de l'aptien supérieur litées et non gréseuses, il est dangereux d'ouvrir des galeries et encore plus de pratiquer des abatages en grand lorsque cela n'est pas absolument nécessaire.

Pour des raisons de liaison entre têtes nord et sud, on se décida, en 1914, à percer la galerie de direction. Comme nous l'avons déjà dit, les prévisons géologiques se vérifièrent pleinement, de même que, aussi, l'altération bien connue des mauvais terrains marneux traversés.

Les difficultés que nous avions jadis rencontrées, lors de l'exécution, au Caucase, de souterrain traversant le même étage aptien, se répétèrent ici, mais à une échelle autrement plus grande.

C'est presque incroyable de voir avec quelle rapidité les boisages même exécutés en essences de bonne provenance (sapin du Jura ou pin du Littoral) étaient pourris au contact de ces marnes aptiennes, fusant à l'air, et par suite anéantis sous la charge du terrain se désagrégeant progressivement. Nous nous souvenons d'un essai, (qui fut pratiqué vers Sainte-Maxime, mais vite abandonné), de peinture au coaltar du terrain mis à nu, immédiatement avant boisage. C'était un peu de la plaisanterie. Même blindée, la marne aptienne se délabre.

Une seule chose peut et doit s'envisager dans le cas où l'on serait appelé à ouvrir une galerie devant subsister longtemps sous cette forme dans un terrain semblable : il faut la maçonner ou, encore, la revêtir de béton au moyen d'un canon à béton.

Dans le cas qui nous occupe, il eût mieux valu, étant donné le peu de service que put rendre, avant son obstruction par de nombreux éboulements, cette galerie qui permit également la vérification du tracé souterrain (ce dont on peut parfaitement se passer lorsque les travaux de triangulation et d'alignement sont effectués par un opérateur de marque) ne la pousser que strictement en vue des travaux ultérieurs d'agrandissement.

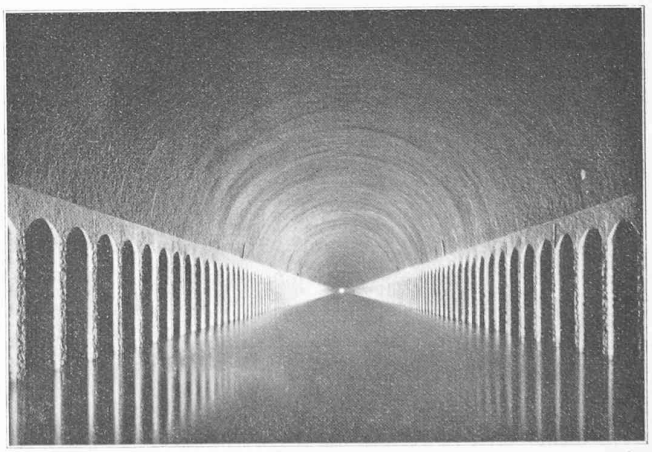

Fig. 32. — Janvier 1926. Vue du souterrain complètement terminé, la tête Estaque, visible, est à 7 km.

2° Le mode d'exécution des travaux de l'Entreprise Chagnaud s'adaptait pleinement à la région si tourmentée de Sainte-Maxime (anneaux 275—296) où, *en intensifiant le travail*, on avait surtout pour objectif de réduire la durée de l'action néfaste de l'air dans ces mauvais terrains. On attaqua donc la zone critique par *les deux bouts, en établissant très rapidement la galerie de faîte à grande section* (*24 m²*) d'où partirent les abatages simultanés des « *anneaux isolés* ».

C'est là que réside l'erreur. Nous eussions préféré voir la marche en cours se poursuivre méthodiquement du 275 en avant contre Sainte-Maxime, en *agrandissant, le plus tard possible*, la galerie de faîte.

Le programme d'achèvement des voûtes s'allongeait par le fait, mais la menace d'effondrement dans cette zone était (et de combien) plus réduite.

Lorsqu'apparut la première grande poussée de flanc, il fut fait tout ce qui était pratiquement possible pour y résister en cherchant, coûte que coûte, à maçonner ces fameux anneaux « isolés » 280, 283, 286, 289, 292, qui, sous des charges autrement supérieures à celles qui furent prises en considération pour fixer l'épaisseur du revêtement (30 t par m²), se comportèrent de façon telle que le désastre envisagé par certains fut conjuré. Brisés par place, même en partie dédoublés concentriquement aux reins côté est, ces anneaux tinrent bon. Et, sans oublier l'effort soutenu des hommes, grâce à eux, la victoire resta à l'Entreprise.

Tous les murs et piliers maçonnés entre voûte (ou plafond d'excavation) et stross eurent aussi leur beau rôle et leur exécution fut une mesure sage.

Comme on l'a vu, la grande poussée dirigée en s'abaissant du N. O. contre S. E., n'eut pas constamment la même valeur. Il y eut des accalmies et des reprises plus intenses. Nous avons remarqué que ces poussées (et c'est là un fait intéressant) se déclenchaient, pour ainsi dire, toujours *de nuit* et que leurs maxima étaient en correspondance avec la baisse barométrique.

Quant à la valeur de ces poussées, il est difficile de l'évaluer en se basant sur l'écrasement des maçonneries et des boisages, cependant certaines constatations faites permettent d'en rechercher l'ordre de grandeur. D'une façon générale, tous les anneaux « isolés » de la zone s'étaient sensiblement affaissés en clé. Avant réfection, on mesurait *8 cm* de descente au 277, *13 cm* au 280, *18 cm* (maximum) au 283, *17 cm* au 286 et 289 et *8 cm* au 292. En correspondance, la maçonnerie de voûte s'était écrasée, resserrant les joints (mortier pilé), les pieds des cintres s'incrustant dans les semelles d'appui et, enfin, le terrain même s'écrasait partiellement sous les naissances de la voûte (plan + 1,50). En effet, le nivellement indiquait 15—20 millimètres de pénétration de ces « piédroits » dans le sol marneux de fondation, correspondant à une déformation de la voie (soulevée) en ces endroits.

En admettant la résistance à l'écrasement de ces marnes aptiennes (en place) égale à 40 kg/cm², et la section de maçonnerie aux deux naissances étant de : 2 × 1,25 m × 6 m = 15 m², la pénétration constatée serait due à une charge verticale de 150 000 cm² × 40 kg = 6000 t.

Nous pouvons également considérer que cette charge verticale fut appliquée sur toute la longueur de l'anneau et sur une largeur horizontale de 15 m seulement, les extrados latéraux très inclinés ramenant à des charges de flanc les poussées verticales.

A cette largeur horizontale de 15 m d'application des efforts verticaux correspondrait finalement une charge unitaire de $\frac{6000 \text{ t}}{15 \text{ m} \times 6 \text{ m}} = \mathbf{66}$ t par m² d'extrados.

Nous avons vu que sous certains anneaux en abatage ou en maçonnerie le nombre des poteaux de boisage, de 25—35 cm de diamètre placés atteignait la centaine, ce qui n'empêcha pas que nombre d'entre eux durent être remplacés ou doublés parce que brisés sous la compression en bout.

Ces poteaux prenaient appui sur le stross et sur les boisages des galeries basses. En considérant seuls les 56 poteaux de l'excavation d'anneau qui s'appuyaient sur le stross, donc en négligeant ceux du cintrage, etc., et en supposant toute la charge verticale envisagée de 6000 t supportée par ces poteaux, on voit que la charge par poteau est de $\frac{6000 \text{ t}}{56} = 107$ t et qu'elle dépasse leur charge normale P en kg $= 12\,400 \frac{d^4}{l^2} = 12\,400 \times \frac{\overline{30}^4}{\overline{360}^2} = 77{,}5$ t de **30** t environ.

La chose ne se passa pas (évidemment) de la sorte ; en fait, certains poteaux de calotte furent certainement appelés à supporter des efforts concentrés de plusieurs centaines de tonnes pour les amener à rupture. L'aplatissement des cales (réduites de 4 à 2 cm) et la pénétration des bois en font foi. Donc la charge attestée par l'enfoncement des naissances et correspondant à *6000* t de charge verticale ou *66 t* par m² d'extrados risque fort d'avoir été dépassée.

Du reste, des reconnaissances faites, après voûtage de la zone, sur le terrain naturel, permirent de constater des fissurages transversaux assez visibles, sur le chemin d'accès au puits Sainte-Maxime, au droit des anneaux 280—286, à la cote moyenne (+ 60,00 m), donc à 47 m environ sur extrados de clé.

3° L'assimilation de la voûte, même en considérant les radiers, à un tube est discutable. En effet, si, pour ce dernier, chargé également sur tout son pourtour extérieur, les pressions unitaires en résultant sont précises, il en est tout autrement pour une voûte où les charges sont quelconques en direction et parfois appliquées sur une fraction restreinte d'extrados. Le tracé d'une courbe des pressions y devient, de même, chimérique. Tout ce que l'on sait, c'est que la rupture ou le dédoublement des mœllons indique les points de passage de cette courbe et que, de leur situation, peut se déduire la direction de la poussée à ce moment.

Au délabrement (fissurage, rupture) des maçonneries ont dû correspondre des pressions de 200—250 kg/cm² (très

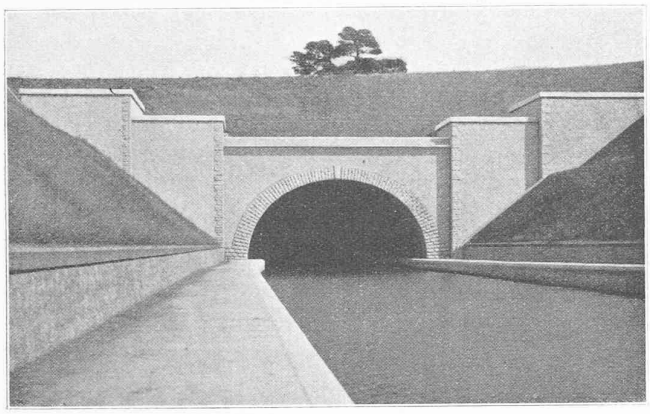

Fig. 33. — 1926. Vue du portail nord (Marignane), achevé.

localisées) à l'intrados, et qui, du reste, n'ont pas persisté longtemps. Lors de la réfection des anneaux «isolés», on trouva des mœllons d'appareil complètement fragmentés et le mortier pilé, surtout en douelle, l'arrière maçonnerie (dite de blocage) restant apparemment intacte.

La direction de la poussée constatée en cours d'exécution peut être très différente une fois les mauvais terrains assis. Et voici, en confirmation, un fait constaté alors que, les revêtements de cuvette achevés, on s'organisait pour attaquer l'excavation des radiers. En clé de l'anneau 276, vers le joint 276—277, le 24 juin 1924, sur une surface d'environ 1,00 m², les mœllons se dédoublaient concentriquement et les fragments rectangulaires tombaient à (— 4,00). Après maintes recherches, on reconnut que cette rupture bizarre datait de la période de construction de cette voûte, soumise alors à une énorme poussée de flanc correspondant à des pressions excessives à l'intrados de clé, d'où le bris des mœllons. Après achèvement de la maçonnerie en sous-œuvre (cuvette) l'équilibre des masses dut se modifier. Les charges verticales réapparurent, très intenses, sur voûte et, l'intrados tendant à s'ouvrir en calotte, laissa chuter les fragments fissurés antérieurement et jusqu'ici maintenus par compression en douelle. Au 291, vers 292, en clé, même phénomène apparut, mais moins marqué.

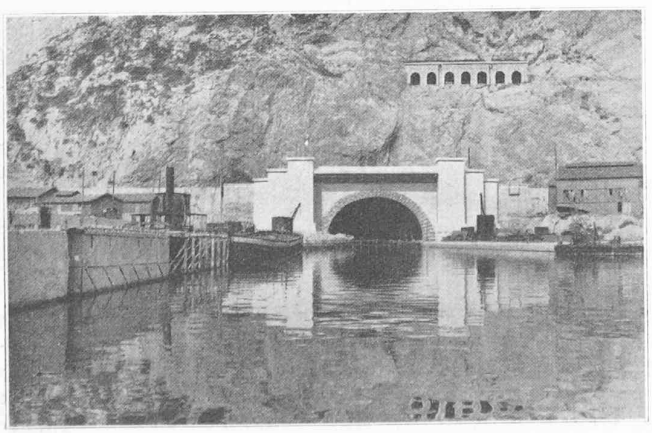

Fig. 34. — 1926. Vue du portail sud (Estaque), achevé.

Tout ceci indique qu'en fait, on ne saurait se fier uniquement aux prévisions et au calcul et que l'on ne peut que s'adapter aux réalités.

Autre constatation faite au cours des réfections de maçonneries : les mœllons étaient particulièrement fissurés lorsque les joints de mortier étaient faibles. Il semble qu'un bon joint de 2,5 à 3 cm d'épaisseur soit à recommander pour la maçonnerie de mœllons d'appareil de souterrain, au lieu des 15 mm habituels (qui, en réalité, sont toujours dépassés). Si le mortier est de bonne qualité, nous estimons que la répartition de fortes pressions se fait mieux par joint épais plus élastique.

4° Lorsqu'on a à envisager la reprise en sous-œuvre d'un tronçon de voûte, il y a tout avantage à asseoir les naissances sur une dalle de béton armé, si possible continue. En excavant les fouilles et entrefouilles des maçonneries de cuvette, le décollement d'un rang ou même de deux rangs de mœllons d'appareil, qui se produisait parfois, eût été complètement évité par la dalle

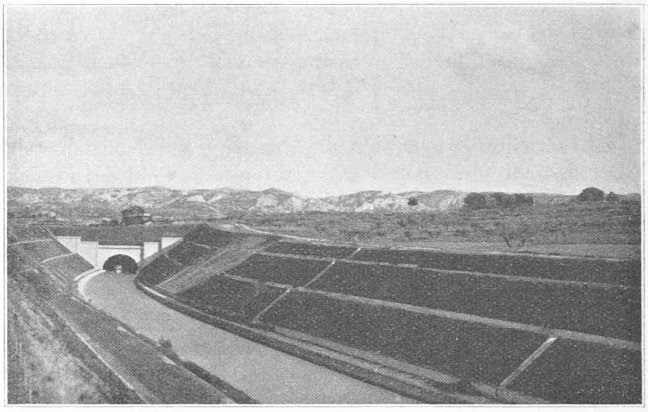

Fig. 35. — 1928. Embouchure nord, au fond de la grande tranchée de Gignac.

précitée servant de semelle et pouvant jouer un rôle très efficace, en cas d'éboulement, lors de l'excavation des fouilles sous naissances.

5° Les barbacanes, prescrites tous les 3,0 m, dans les maçonneries de cuvette, aux cotes (— 3,50) et (+ 0,30) auraient dû être supprimées dans ces terrains aptiens et bégudiens. Quelque temps après la mise en eau, on s'aperçut que, à différents endroits, des mœllons de douelle des parties basses (naissances, entre 1re et 3me assise) s'écaillaient, par suite évidente de forte augmentation des charges verticales, amenant la courbe des pressions à l'extrados en clé et à l'intrados aux naissances.

En fait, on comprend fort bien que, par les barbacanes ou même, mais alors lentement, au travers des maçonneries de cuvette, l'eau ait pénétré les terrains (plus ou moins suivant leur nature) en arrière des maçonneries, en ayant pour conséquence une diminution de leur résistance à la compression. Il put en résulter un léger mouvement de descente dans les masses sur et même en dehors de la voûte qui, momentanément très surchargée, eut à supporter très rapidement, jusqu'au rétablissement

de l'équilibre, des pressions excessives aux intrados des naissances, d'où ces écaillements de la première heure.

En quelques semaines, du reste, ce dernier mouvement avait vécu.

Les portails nord et sud que font voir les fig. 33 et 34, attaqués dès l'achèvement des travaux du souterrain, furent achevés dans le courant de l'été 1926, pendant que, à fin mai, par suspension des pompages à la tête Estaque, l'eau envahissait le souterrain, la tranchée et le Bassin de Marignane, pour atteindre son niveau définitif moyen (+ 0,30) à (+ 0,35) le 24 juin 1926.

Nouvelles cartes topographiques de la Suisse,

par M. F. VITTOZ, ingénieur, Colonel d'artillerie.

Depuis longtemps on parle du renouvellement et de la réfection des documents cartographiques suisses. En 1902 et 1903 déjà, notre Service topographique fédéral a établi des modèles de cartes, à titre d'essai, en vue de la rénovation de la carte Dufour.

En 1914, avant la déclaration de guerre, il était question d'une carte au 1 : 25 000 pour toute la Suisse.

La guerre, et la difficulté de trouver une solution satisfaisante à tous les points de vue, ont fait différer la mise à exécution.

Entre temps l'apparition de nouvelles méthodes de relevés : la photogrammétrie et l'aérophotogrammétrie, et l'extension donnée aux mensurations cadastrales, née de la mise en vigueur du Code civil suisse, ont complètement modifié les bases de la discussion.

Jusqu'à ces dernières années, l'étude de cette question n'était guère sortie des milieux de spécialistes, organes techniques et militaires. Et pourtant elle intéresse d'autres milieux: techniciens, naturalistes, touristes et alpinistes. C'est pourquoi, au début de 1927, en vue d'orienter ces cercles d'intéressés et leur permettre de prendre position, M. Ed. *Imhof* [1], professeur à l'Ecole polytechnique fédérale, a présenté une conférence devant des sections de la *S. I .A.*, sur « les cartes de la Suisse et leur développement ».

Les opinions et les propositions de M. Imhof n'ont pas rencontré une approbation unanime. Elles ont provoqué des contre-propositions et une polémique très vive qui nous a valu des articles intéressants, parus dans divers journaux.

Nos cartes officielles actuelles comprennent :

1. *L'Atlas Siegfried* au 1 : 25 000 Plateau et Jura, équidistance 10 m; à partir de 1869 au 1 : 50 000 Alpes, équidistance 30 m.
2. *La carte Dufour* au 1 : 100 000, hachures, 1832 à 1864.
3. La carte générale au 1 : 250 000, en 4 feuilles et une couleur.
4. La carte d'ensemble au 1 : 1 000 000, 1 feuille en 6 couleurs.

En plus des formats normaux, il a été publié, en grand nombre, des reports et des assemblages de formats divers.

Mentionnons encore les cartes de tir au 1 : 10 000 des régions des fortifications, et une carte stratégique au 1 : 500 000 parue récemment.

La question débattue pour le moment concerne les cartes de‹ trois plus grandes échelles 1 : 25 000, 1 : 50 000, et 1 : 100 000.

On reconnaît généralement que ces cartes ne répondent plus aux exigences actuelles. Il serait trop long d'en exposer ici toutes les raisons. Relevons seulement que les bases sur lesquelles notre cartographie est fondée ont changé avec le temps.

Une nouvelle triangulation plus exacte remplace le réseau de triangles utilisés par Dufour. Dans les années 1904 à 1922, le Service topographique fédéral a exécuté une triangulation du premier au troisième ordre, uniforme et basée sur les données les plus modernes.

L'origine des altitudes a été précisée ; la cote du repère : la Pierre à Niton, à Genève, qui était 376,86 m a été déterminée plus exactement à 373,60 : soit une différence de 3,26 m.

Le plan d'horizon a été rectifié. Les altitudes des points trigonométriques avaient été déterminées trigonométriquement du Jura vers la frontière de l'Est : à cause de l'imprécision des instruments et des effets de la réfraction qui n'étaient connus qu'imparfaitement, il s'est produit des erreurs systématiques qui partent de 3,26 m et atteignent environ 18 m dans les Grisons.

Il est très difficile de rattacher les nouveaux relevés aux anciennes bases. Les retouches et les révisions deviennent quasi impossibles et en tout cas fort peu économiques. Il vaut mieux créer du nouveau.

Tout en constatant l'insuffisance de nos cartes anciennes, surtout au point de vue de l'exactitude, n'oublions pas qu'elles ont fondé et assis une certaine renommée universelle de la cartographie suisse.

Il y a plus de 90 ans qu'on faisait les premiers relevés ; à ce moment-là la science des mensurations était loin de ce qu'elle est aujourd'hui ; on ne disposait que d'instruments assez rudimentaires et d'une exactitude très relative. Il n'existait pas primitivement de personnel exercé.

Il faut admirer les résultats obtenus dans de pareilles conditions.

En ce qui concerne l'Atlas Siegfried, il faut se reporter à son origine et à son développement pour comprendre les inexactitudes par trop manifestes de plusieurs de ces feuilles.

Pour l'établissement de la carte Dufour au 1 : 100 000, on fit les relevés à l'échelle plus grande soit le 1 : 25 000 pour le Jura et le Plateau, et le 1 : 50 000 pour les Alpes. Bientôt après la publication des dernières feuilles de la carte au 1 : 100 000, on exprima le vœu de posséder également la carte à son échelle originale de lever. Fin 1868, les Chambres fédérales décidèrent cette publication. Telle est l'origine de l'Atlas Siegfried, appelé ainsi car c'est en grande partie à l'initiative de Siegfried, le successeur de Dufour à la Direction du Service topographique, qu'est due la décision prise par les Chambres de publier les levés topographiques à leur échelle originale.

Mais on ne prévoyait pas cette publication au moment où l'on fit les relevés, chaque ingénieur savait alors que ses levés seraient réduits à la moitié ou au quart et que les courbes de niveau qu'il dessinait ne serviraient que de lignes directrices pour la reproduction définitive par hachures. Le travail devait être exécuté très rapidement avec des moyens financiers restreints.

Ces circonstances devaient conduire à d'importantes inexactitudes et c'est pourquoi on décida en même temps que la publication que les feuilles seraient revisées, complétées ou refaites. C'est ce qui explique la grande diversité de valeur des diverses feuilles de l'Atlas.

Il est un point sur lequel nos anciennes cartes conservent toute leur valeur, c'est la beauté et la clarté du dessin, de la représentation du terrain surtout des territoires de montagnes.

En vue de l'établissement d'une nouvelle carte topographique il se pose un certain nombre de questions concernant :

L'échelle ; l'exactitude ; l'abondance plus ou moins grande de détails ; l'équidistance des courbes de niveau ; la repré-

[1] Voir page 183 du *Bulletin technique* du 28 juillet 1928, un compte rendu de l'ouvrage du professeur Imhof. — *Réd.*