Zeitschrift: Bulletin de la Société vaudoise des ingénieurs et des architectes
Band: 11 (1885)
Heft: 1

Artikel: Source thermal de Lavey
Autor: Ossent, Otto
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-12032

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: 12.07.2025

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

11e ANNÉE MARS 1885 N° 1

BULLETIN

DE LA SOCIÉTÉ VAUDOISE

DES INGÉNIEURS ET DES ARCHITECTES

PARAISSANT 4 FOIS PAR AN

Sommaire : Source thermale de Lavey, par M. Otto Ossent, ingénieur. (Avec planche.) — Le tracé des branchements de voie, par M. A. Perey, ingénieur. (Avec planche). — Barême de prix pour l'exécution de travaux de canalisation en fonte, par MM. A. van Muyden et E. de Vallière, ingénieurs civils. (Avec planche.) — Chronique : Les Anglais et le système métrique, par Th. van Muyden ; L'ivoire artificiel. — Société vaudoise des ingénieurs et des architectes. Assemblée générale du 21 mars 1885.

SOURCE THERMALE DE LAVEY

par M. Otto Ossent, ingénieur.

(Avec planches.)

Découverte. — Premières installations.

La découverte de la source thermale de Lavey date de l'année 1831 : l'eau chaude arrivait à la surface du sol, sur la berge du Rhône, à environ 426 m. d'altitude.

Les qualités thérapeutiques de cette eau sulfureuse ne tardèrent pas à être connues ; cependant des travaux de captage importants ne furent entrepris qu'en 1856. Pour atteindre la roche en place, on creusa, à ciel ouvert, en suivant la direction des filets thermaux, jusqu'à environ $11^{m}5$ de profondeur en dessous des basses eaux du Rhône, soit à 17 m. sous la surface du terrain.

La source principale sortait d'une fissure du rocher ; d'autres filets s'écoulaient de cavités découvertes à une certaine distance de cette fissure.

Pour isoler les eaux thermales des filtrations d'eaux froides, un puits circulaire de $1^{m}20$ de diamètre fut construit à l'endroit où sortait la source principale. Ce travail a dû présenter de grandes difficultés et a été très bien exécuté sous la direction de M. F. Colomb, directeur des salines de Bex.

Les maçonneries du puits sont entièrement en moellons d'appareil (calcaire de Saint-Triphon), avec mortier de ciment, et, malgré la forte pression des eaux qui entourent l'ouvrage dans sa partie inférieure, il n'y a que des filtrations insignifiantes à travers les joints. Il est seulement regrettable que le puits n'ait pas été établi à un diamètre plus grand.

Travaux François.

Quant aux travaux de captage proprement dits, il paraît qu'ils avaient moins bien réussi et, en 1860, on appela M. François, ingénieur en chef des mines, dans le but d'indiquer « les travaux et mesures propres à assurer le régime normal de la source, de lui assurer d'une manière permanente sa composition et sa température natives, » c'est-à-dire, d'obtenir une meilleure séparation des eaux chaudes et froides qui se mélangeaient au fond du puits.

M. François conseilla de forer un trou de sonde, de 15 à 20 cm. de diamètre, au milieu du puits, pour isoler l'eau thermale dans le sein même de la roche.

Le forage de ce trou fut arrêté à la profondeur de $1^{m}70$, où s'était produit une forte augmentation du débit de la source.

L'intention de M. François avait été de fixer sur le sondage un tube dans lequel l'eau thermale devait remonter jusqu'au niveau qui correspond à son équilibre hydrostatique avec les eaux du Rhône ; il conseilla même de combler le puits jusqu'à ce niveau.

En admettant un isolement complet de l'eau thermale dans le trou de sonde, le captage aurait pu être fait ainsi. Mais M. François ne s'était pas rendu assez exactement compte de l'allure de la roche, soit de la disposition de la fissure qui donne issue à l'eau thermale. Au moyen d'un trou de sonde percé dans une fissure il était impossible d'arriver à une séparation complète de l'eau thermale : pour pouvoir empêcher les eaux froides de s'y introduire, l'étendue de cette fissure qui restait en contact avec le terrain perméable qui recouvre la roche n'aurait pas dû dépasser le périmètre des maçonneries du puits.

Résultats incomplets.

A en juger d'après les dispositions prises et qui ont été mises à découvert par les derniers travaux, on s'est parfaitement rendu compte, en 1862, de l'impossibilité d'arriver à la séparation désirée, en se conformant aux conseils de M. François. On essaya bien d'empêcher les eaux froides et tièdes de pénétrer dans le puits, mais elles s'introduisaient, à un niveau plus bas, dans le trou de sonde et arrivaient mélangées avec l'eau thermale.

Pour éviter ce mélange, il fallut également tuber les eaux tièdes ; mais la fissure formait toujours une communication entre les orifices inférieurs des deux tubes. Cependant le mélange des eaux était empêché, jusqu'à un certain point, par la différence entre les niveaux auxquels les eaux étaient maintenues dans le puits. En donnant à l'eau thermale un niveau plus élevé que celui des eaux tièdes, on empêchait ces dernières de pénétrer dans le tube d'eau chaude : la différence de hauteur ne devait pas dépasser celle de la charge qu'il aurait fallu donner à l'eau chaude pour la faire passer dans le tube des eaux tièdes. La pression des eaux tièdes variant suivant la hauteur des eaux du Rhône, cette différence de niveau des eaux dans le puits, qui ne pouvait d'ailleurs être obtenue que par tâtonnement, changeait continuellement et, dans ces conditions, il était extrêmement difficile d'arriver à une séparation, qui, du reste, était toujours incomplète.

Le tuyau de captage de l'eau chaude, en bois de mélèze de 6 cm. de diamètre intérieur, pénétrait jusqu'à 40 cm. dans le rocher, d'un côté même jusqu'à 1 m.; celui des eaux tièdes était enfoncé de 25 cm. dans la fissure. — Les deux tubes étaient pris dans un massif de béton qui remplissait tout le fond du puits sur 80 cm. de hauteur. L'eau chaude était tubée jusqu'à $4^{m}25$ au-dessus du béton, l'eau tiède jusqu'à 80 cm.

Les tuyaux d'aspiration des pompes plongeaient dans ces tubes: celui d'eau chaude de $1^{m}80$ et celui des eaux tièdes jusqu'au niveau du dessus du béton. Pendant la saison balnéaire l'eau chaude était épuisée jusqu'au niveau inférieur d'aspiration de la pompe, soit à $2^{m}45$ au-dessus du béton, et l'eau tiède, pour la raison indiquée, était maintenue de 40 à 50 cm. plus bas. (Voir croquis de l'ancienne disposition du fond du puits, pl. I, au verso.)

Débit et température.

D'après M. le Dr J. de la Harpe, le débit de la source était de 135 litres en 1857, d'après M. le Dr Pellis, de 60 à 70 litres en 1871 et 1872, et d'après M. le Dr Suchard, de 45 litres en 1874 et de 27 litres en 1882. D'après les jaugeages faits en 1883 par MM. Borel et Pache, il n'y avait plus que 18 à 19 litres d'eau thermale arrivant dans les réservoirs à la température de 36°.

Expertise ordonnée en 1881.

A cette diminution progressive du débit de la source correspondait une augmentation toujours croissante des besoins: l'efficacité thérapeutique des eaux de Lavey était reconnue et les faisait apprécier davantage d'une année à l'autre. Dans ces conditions le débit de la source devint insuffisant et déjà en 1881 le Département de l'intérieur nomma une commission d'experts, composée de MM. les professeurs D. Colladon, E. Renevier, Dr F.-A. Forel, A. Heim et l'ingénieur E. Stockalper, avec mission « d'examiner les voies et moyens d'arriver à augmenter le volume de l'eau thermale de Lavey. » Après une étude très approfondie de la question, MM. les experts conclurent que le seul moyen rationnel d'arriver au but proposé était de faire un nouveau captage, en approfondissant le puits existant, et qu'à l'instar des résultats obtenus aux bains de Schinznach, on réussirait, selon toute probabilité, à obtenir une séparation plus complète de l'eau thermale.

Les travaux à exécuter furent évalués, selon devis dressé par M. Stockalper, d'abord à 15 000 fr. et ensuite, en raison de la difficulté que paraissaient présenter les conditions atmosphériques du travail dans le puits, à 16 000 fr.

Exécution des travaux.

L'exécution de ces travaux fut décidée par décret du Grand Conseil le 16 mai 1883 et, selon convention du 12 décembre suivant, le Département de l'intérieur en confia la direction à l'ingénieur Otto Ossent, à Aigle, sous le contrôle de M. l'ingénieur cantonal. Les travaux devaient être exécutés conformément aux conditions indiquées par MM. les experts et être terminés pour la fin de mars 1884.

Il s'agissait de faire au fond du puits, dans la roche sur laquelle il est fondé, une fouille ou chambre de captage permettant de séparer les eaux. La profondeur qui devait être atteinte ne pouvait être précisée d'avance, cependant on estimait que deux à trois mètres suffiraient.

L'exécution du travail nécessitait les installations suivantes: une locomobile d'environ quatre chevaux de force, un ventilateur et un arbre avec trois poulies pour la transmission de la force, le tout sous toit et à l'abri des intempéries de la saison d'hiver. Il n'y avait pas lieu d'installer une pompe d'épuisement spéciale; les trois pompes du puits devaient suffire.

Ventilation.

M. l'ingénieur Stockalper avait projeté l'emploi d'un fort ventilateur qui devait souffler sur les ouvriers de l'air ayant préalablement traversé un mélange réfrigérant: il a suffi d'un ventilateur à hélice de 40 cm. de diamètre, fourni par MM. Sulzer frères à Winterthur, qui aspirait simplement l'air du puits. En faisant 600 tours à la minute, cet appareil devait aspirer 15 m³ et, à 800 tours, 30 m³; il était placé en dehors du bâtiment du puits et l'aspiration se faisait par un tuyau en tôle de 25 cm. de diamètre qui descendait dans le puits jusqu'à 1 m. environ du fond.

Ce système de ventilation a parfaitement réussi. Avant le fonctionnement du ventilateur il était presque impossible de résister au fond du puits: il y faisait une chaleur de 39 à 40° et l'air était tellement saturé de vapeurs d'eau que l'insuffisance d'oxygène occasionnait, en moins de dix minutes, des battements de cœur violents. Aussitôt que le ventilateur eut commencé à fonctionner, les conditions changèrent subitement: l'air chaud chargé de vapeurs était aspiré et l'air sec et frais de l'extérieur tombait dans le puits, dont tout le volume était ainsi renouvelé à chaque minute.

La température variait entre 19 et 23°; le maximum observé a atteint 27°, lorsque la température de l'air extérieur était d'environ 20° et que la vitesse du ventilateur était ralentie. Mais cette température assez élevée ne produisait aucun effet désagréable: il y a des ouvriers qui ont travaillé au fond du puits pendant 12 heures consécutives, sans qu'ils aient ressenti la moindre incommodité.

Les calculs suivants ont servi de base pour la ventilation.

En admettant à 40° la température T des parois du puits et celle t de l'air extérieur à 10°, la perte de chaleur due au contact de l'air est, d'après Péclet, $A = k(T-t)\,[1+0{,}0073\,(T-t)]$

Le cœfficient k est, dans ce cas, égal à 2,74 et A = 100 calories par m² et par heure. Pour une profondeur de 10 m., le puits présentait une surface de $10 \times 1{,}20\pi = 37{,}68$ m², donnant une perte de chaleur de 3768 calories.

La capacité calorifique de l'air, entre 10 et 100°, est de 0,2379 calories par kg.; celle de l'air à 10° sera de

$$\frac{1{,}293}{1 + 0{,}004 \times 10} \times 0{,}2379 = 0{,}2957 \text{ calories par m}^3.$$

En introduisant $30 \times 60 = 1800$ m³ à l'heure, il faudra $1800 \times 0{,}2957 = 532$ calories, pour que la température de cette quantité d'air augmente de 1°. La perte de chaleur des parois étant égale à 3768 calories, l'air aspiré par le ventilateur devait avoir $10 + \frac{3768}{532} =$ environ 17°.

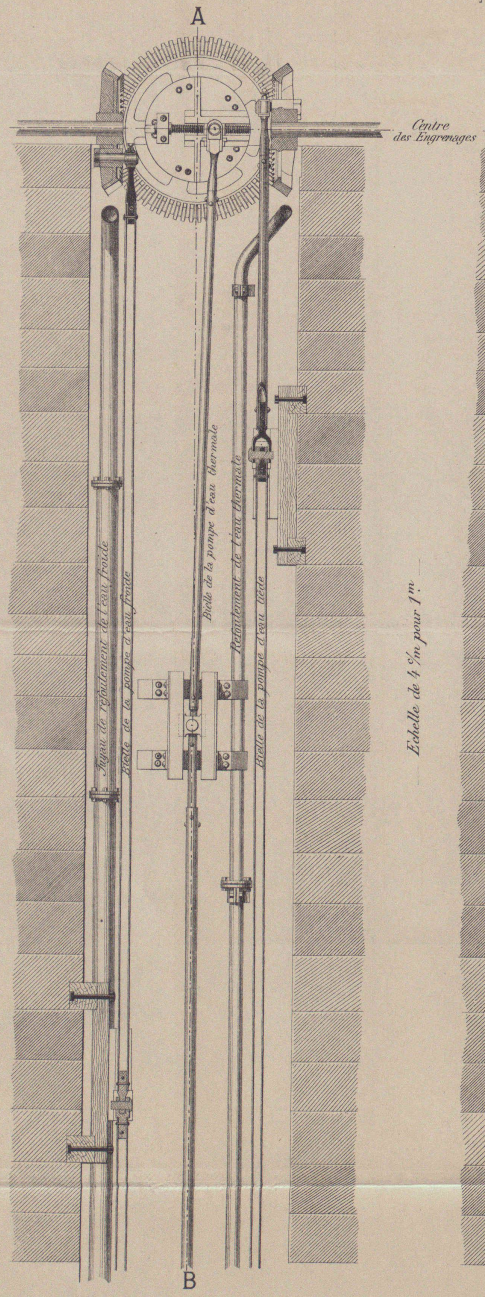
La quantité d'air introduite dans le puits n'étant que de

SOURCE THERMALE DE LAVEY

Travaux de captage et transformation du mécanisme de l'intérieur du puits, exécutés en printemps 1884.

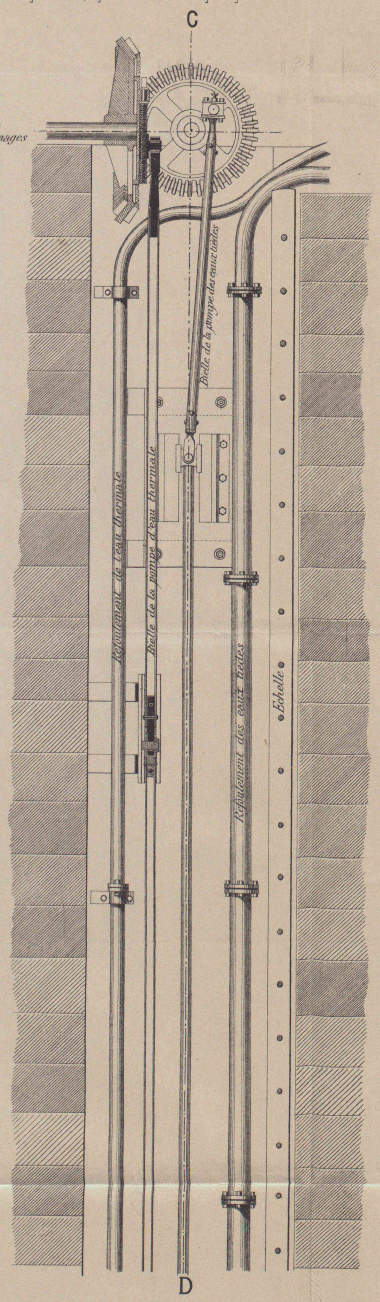
COUPE SUR CD

passant par l'axe des pompes d'épuisem.t et des eaux tièdes.



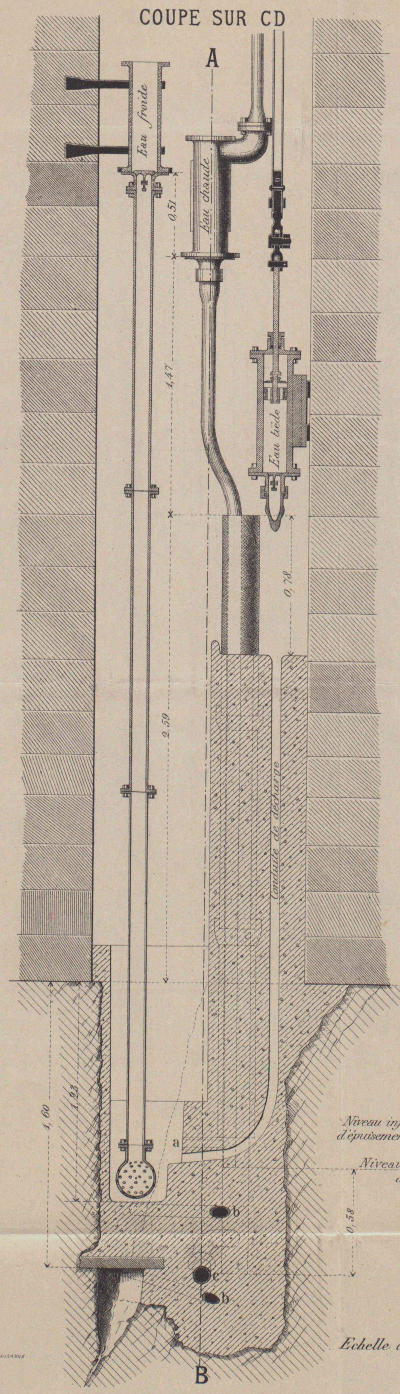
COUPE SUR AB

passant par l'axe de la pompe d'eau chaude.

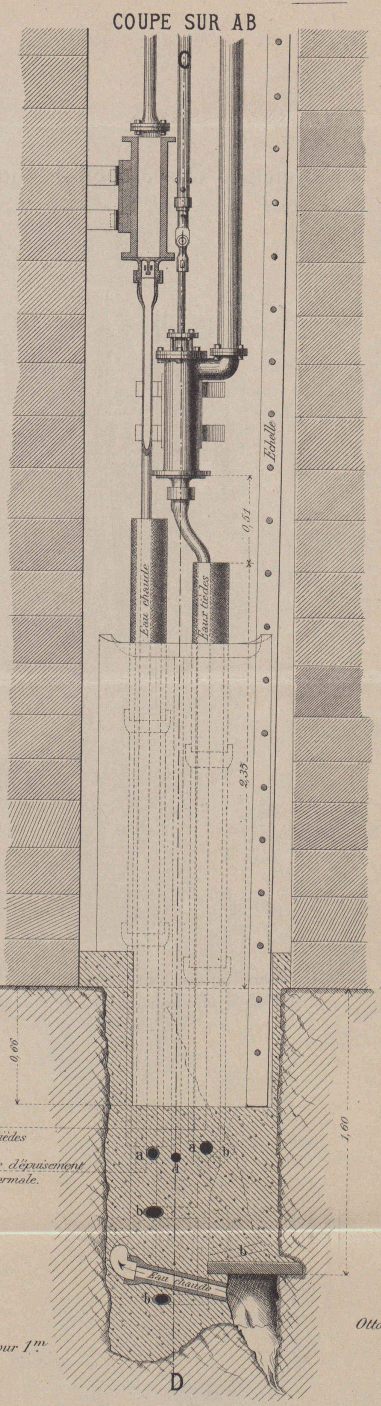


Echelle de 4 c/m pour 1 m.

COUPE SUR CD



COUPE SUR AB



a. Tubulures de décharge
b. Tuyaux collecteurs des eaux tièdes
c. Tuyau d'eau chaude
d. Décharge du déversoir des tuyaux de grès.

Echelle de 4 c/m pour 1 m.

Otto Ossent Ingénieur

LITH. G. CHARPIOT, LAUSANNE

Seite / page

leer / vide / blank

$15 \times 60 = 900$ m³, la chaleur de l'air aspiré devait s'élever à

$$10 + \frac{3768}{266} = 24^{\circ}.$$

Ces données n'avaient qu'une valeur approximative, mais il eût été inutile de chercher à obtenir des chiffres plus exacts, vu les modifications auxquelles devaient donner lieu les variations de vitesse du ventilateur, les différences de température de l'air extérieur, le refroidissement des parois, etc.

Du reste, les résultats obtenus s'accordent assez bien avec les prévisions du calcul.

La résistance due au frottement de l'air dans le tuyau d'aspiration est donnée par la formule suivante : Perte de charge

$$J = 1 - \sqrt{1 - 0{,}00025\ \alpha\ L\ v^2\ (1 + 0{,}004t)}, \text{ en atm.}$$

Cette formule est déduite de $J = \alpha\ q^2$ que Darcy donne pour l'eau, en réduisant, d'après les expériences faites par M. Stockalper au tunnel du Gothard, la perte de charge trouvée pour l'eau dans le rapport de la densité de l'eau à celle de l'air comprimé ou raréfié [1].

Faisant $\alpha = 1{,}8526$ (pour $D = 0{,}25$) ; $L = 18$ m. ; $v = 0{,}50$ m³ ; $t = 20^{\circ}$: il vient $J = 0{,}0017$ atmosphères $= 0{,}01756$ m. d'eau. Cette faible résistance prouve que le diamètre du tuyau d'aspiration était suffisamment grand.

Abris et travaux d'installation.

Les abris pour la locomobile, la transmission et le ventilateur étaient terminés à la fin de décembre. La locomobile fut installée le 2 janvier 1884 et le 6 janvier la transmission et le ventilateur étaient également montés, mais la réparation des engrenages des pompes retarda l'épuisement du puits jusqu'au 10 janvier. C'est alors seulement qu'il fut possible de se rendre compte de la disposition des pompes et de l'état dans lequel se trouvait toute l'installation mécanique du puits.

Ancienne installation des pompes.

Les pompes, au nombre de trois, étaient placées à $8^{m}60$, $9^{m}60$ et 13 m. de profondeur, mesures prises entre le centre des engrenages et le dessous des corps de pompe. Jusqu'à la surface du béton, la profondeur du puits était de $16^{m}80$.

La pompe d'eau chaude à $16^{m}80 - 8^{m}60 = 8^{m}20$ au-dessus du fond du puits devait être déplacée, vu que, en approfondissant encore le puits, la limite de la hauteur d'aspiration eût été dépassée. Il en était de même de la pompe d'eau tiède à $16^{m}80 - 9^{m}60 = 7^{m}20$ au-dessus du béton. La grande pompe d'épuisement, à $3^{m}80$ au-dessus du fond, pouvait seule rester en place.

La pompe d'eau chaude fut entièrement enlevée, vu qu'elle prenait trop de place, et deux pompes devaient suffire. La pompe d'eau tiède fut placée à $14^{m}70$ de profondeur.

Les bielles transmettaient le mouvement circulaire de leurs boutons aux tiges de piston, sans guide ni articulation. Cette disposition un peu primitive devait nécessairement produire sur les tiges de piston des efforts latéraux qui se traduisaient par une usure très rapide des presse-étoupe, des garnitures des pistons et de l'intérieur des corps de pompe. L'alésage des deux petites pompes a donné la mesure de cette usure qui était de 6 et de 7 mm.

On s'était en outre servi pour les bielles de tuyaux en fer étiré d'un calibre trop faible et ils étaient en partie rongés par la rouille. Ils durent être remplacés par des tuyaux de 60 mm. de diamètre extérieur, munis d'articulations à glissières en bronze.

Toutes ces réparations ont pris beaucoup de temps et les travaux au fond du puits n'ont pu être commencés qu'à la fin de janvier.

Fond du puits. Ancienne disposition.

Le béton formait une couche de 80 cm. d'épaisseur. La roche était bien du gneiss comme le rapport d'expertise l'avait indiqué et sa surface se présentait à peu près comme elle est figurée dans le rapport du 23 janvier 1861 de M. l'ingénieur François.

Au ras du rocher, quelques filtrations d'eau froide indiquaient une forte pression des eaux qui entourent le puits, mais les eaux chaudes et tièdes qui sortaient de la fissure du rocher s'écoulaient sans pression.

Marche des travaux.

Après que les filets d'eau froide eurent été éliminés, les travaux de fouille ont pu être commencés sans trop de difficultés. Si heureusement la crainte d'une affluence trop forte des eaux ne s'est pas réalisée, il y a eu assez d'autres inconvénients pour ralentir et entraver la marche des travaux.

L'usure des garnitures de piston, sous l'influence de l'eau chaude et des grains de sable provenant du travail des tailleurs de pierre, a été essentiellement la cause de grands retards, inconvénient qu'augmentait encore la disposition peu commode des pompes dont la visite occasionnait chaque fois une perte de temps de 3 à 6 heures.

Le 12 février la fouille dans le rocher avait atteint environ 1 m. de profondeur, lorsque les deux pompes se dérangèrent en même temps et le puits se remplit d'eau. Il s'agissait alors de prendre des mesures, non seulement pour l'épuisement du puits, mais aussi pour assurer une marche plus suivie au travail des mineurs.

La faible section du puits, diminuée encore par les pompes, leurs bielles, leurs tuyaux d'aspiration et de refoulement, ainsi que par le tuyau d'aspiration du ventilateur, empêchait l'application de tous les moyens dont on se sert ordinairement pour l'épuisement d'eaux troubles contenant des matières sablonneuses : la difficulté ne semblait pouvoir être surmontée que par une chaîne à godets. Pendant le temps qu'exigeait la construction de cet appareil, on fit les préparatifs pour son installation et l'épuisement du puits.

Installation mécanique. Moteur hydraulique.

L'installation mécanique existante comprenait une roue à augets de 4 m. de diamètre et 1 m. de largeur, recevant l'eau par-dessus. C'est le moteur qui actionne les pompes pendant la saison balnéaire, en utilisant les eaux du Rhône ; mais, pendant l'étiage du fleuve, les eaux n'y arrivaient pas. Cependant il n'y avait qu'à prolonger le canal d'arrivée d'une centaine de

[1] Expériences faites au tunnel du Saint-Gothard sur l'écoulement de l'air comprimé, par Stockalper, Genève 1879.

mètres, en établissant la prise d'eau plus en amont, pour pouvoir se servir du moteur hydraulique aussi en hiver.

La saison d'hiver étant déjà passablement avancée, il n'y avait plus à craindre de grands froids; par conséquent le prolongement du canal d'arrivée de l'eau était tout indiqué. Il fut exécuté en février.

La transmission de force entre la roue à eau et les pompes a lieu par double engrenage et un arbre de couche : 4 tours du moteur correspondent à 14 tours de l'arbre et à 20 coups de piston.

La locomobile faisait tourner un arbre de transmission posé à l'extérieur du bâtiment et parallèlement à l'arbre de couche dans l'intérieur, auquel la force était transmise par courroie, de même qu'au ventilateur. En marchant avec la roue à eau, c'est l'arbre extérieur qui recevait la force à transmettre au ventilateur.

En se servant de la roue à eau au lieu de la locomobile, on faisait une économie mensuelle de plus de 1000 fr., tandis que le prolongement du canal n'a pas coûté 500 fr.

Epuisement du puits.

Pour l'épuisement du puits on s'est servi de deux pompes à purin de 12 cm. de diamètre, aspirant l'eau à $2^{m}50$ en dessous de la soupape de retenue au fond du corps de pompe; la longueur de ce dernier était de 4 m. Une ouverture pratiquée dans les maçonneries du puits, du côté du Rhône, à $3^{m}50$ en dessous des engrenages, permettait d'écouler l'eau que les pompes à purin épuisaient jusqu'à 1 m. environ en dessous de la grande pompe.

Les pompes à purin étaient mises en mouvement par la bielle de la pompe d'eau tiède, à laquelle les tiges de piston étaient fixées au moyen de bras formés de deux plaques de fer.

Toutes ces installations, y compris le montage de la chaîne à godets, durèrent jusqu'au 10 mars, date à laquelle les travaux au fond du puits ont pu être recommencés.

La chaîne à godets était calculée pour un débit de 100 litres à la minute, pour 10 révolutions des disques. Cette vitesse admettait un rendement d'environ 65 % des pompes à purin. La quantité d'eau à extraire ne dépassait pas 70 litres et cependant il fallait augmenter la vitesse, aussitôt que les pistons étaient un peu usés. Cette augmentation de vitesse exigeait une transformation des godets. A peine cette transformation fut-elle terminée qu'il y eut un nouvel arrêt, le 13 mars, ensuite de la rupture d'un des disques de la chaîne de Galle qui faisait mouvoir la chaîne à godets.

Le remplacement de cette pièce aurait occasionné un retard d'au moins huit jours et, pour ne pas laisser passer ce temps inutilement, on se servit de nouveau des pompes du puits, mais en faisant passer les eaux troubles, aspirées par les pompes à purin, dans un vase en zinc à deux compartiments. Une ouverture, ménagée au fond de la séparation verticale, établissait une communication entre les deux parties de l'appareil. L'eau chargée de sable, aspirée par les pompes à purin, était déversée dans l'un des compartiments et remontait de l'autre côté, tandis que le sable restait au fond. C'est une espèce de dépotoir qui présentait le grand avantage d'être très peu volumineux: $1^{m}20$ de hauteur sur 20 et 30 cm. en section horizontale. Il était placé au-dessous de l'une des pompes dont le tuyau d'aspiration plongeait, de 20 cm. environ, dans le compartiment où l'eau remontait. La section de la colonne montante étant égale à 3 dm^2, l'eau n'avait qu'un mouvement ascensionnel de $3\,^1/_4$ à 4 cm. et ne pouvait entraîner que du limon très fin qui n'usait presque pas du tout le piston de la pompe. (Voir le croquis, pl. I, au verso.)

Cet appareil très simple a permis de continuer les travaux, et si l'on y avait eu recours avant l'installation de la chaîne à godets, on aurait gagné du temps et dépensé moins. Ce sont généralement les moyens les plus simples qui sont les meilleurs, mais on ne les trouve pas toujours dans le premier moment.

Depuis le 14 mars les travaux de fouille ont continué sans interruption jusqu'au 29 mars. A cette date la fouille avait atteint 2 m. de profondeur et la séparation des eaux était obtenue.

Fond du puits. Nouvelle disposition.

En coupe horizontale la forme de la fouille est circulaire, un peu irrégulière, et a 1 m. à $1^{m}10$ de diamètre. Au niveau de la surface du rocher, la crevasse, déjà observé par M. François, formait une courbe à très petit rayon dont le sommet se trouve à peu près dans l'axe du puits, les parties en ligne droite formant un angle d'environ 100°. Au fur et à mesure de l'approfondissement de la fouille, le rayon de cette courbe allait en augmentant et à 2 m. de profondeur il était d'environ 50 cm. La génératrice de la fissure plonge du côté nord, faisant avec l'horizon un angle d'environ 75°.

Cette fissure donne, au fond de la fouille, issue à l'eau thermale et, dans le haut, elle forme communication entre le puits et les eaux tièdes qui proviennent des filets latéraux d'eau thermale. Des filets d'eau froide n'ont été observés que vers la surface du rocher. Les eaux tièdes arrivaient par la fissure, du côté du Rhône, et tombaient dans le puits à 60 cm. et à 1 m. en dessous des maçonneries, soit de la surface du rocher. Vers le 25 mars on observa aussi un filet d'eau tiède sortant de la fissure du côté opposé. A la surface du rocher la fissure devait nécessairement être en contact avec le terrain glaciaire, imprégné d'eau, et ces filtrations, dont le débit augmentait d'un jour à l'autre, n'avaient rien de rassurant. Du reste, le but que l'on s'était proposé était atteint et il n'eût pas été prudent de pousser plus loin l'approfondissement du puits.

Captage. Résultats obtenus.

Les filets d'eau tiède furent captés à $1^{m}20$ et $1^{m}30$ de profondeur; par mesure de précaution, des tubes de grès ont encore été posés à $1^{m}50$ de profondeur (sous la surface du rocher) pour recueillir les dernières filtrations qui sortaient de la fissure au-dessus d'un étranglement naturel; en dessous il n'y avait plus que des filets d'eau chaude.

Pendant le cours des travaux la quantité totale des eaux mélangées que les pompes sortaient du puits a varié entre 60 et 66 litres à la minute. Jusqu'en février ces eaux avaient une température de 38 à 40° et, avant que la composition du mélange fût connue exactement, cette température élevée donna lieu à des suppositions très-favorables. En admettant un mélange d'eau chaude à 50° et d'eau froide à 12°, la quantité d'eau thermale pure eût été de 44 litres environ. Mais en réalité ce mélange provenait d'eaux à 49 et à 26° et la proportion était de 36 à 40 litres d'eau chaude à environ 25 litres d'eaux tièdes.

En mars, la température moyenne s'abaissa jusqu'à 32°, en offrant des variations assez irrégulières entre 32 et 34°. On peut admettre une moyenne de 33° qui donne, pour une quantité totale de 66 litres, environ 24 litres d'eau thermale à 49° et 42 litres d'eau tiède à 24°.

Après la séparation des eaux, à la fin de mars, on constata 28 à 26 litres d'eau chaude de 47 à 48°.

Dans la nuit du 14 au 15 avril une forte venue d'eau tiède s'établit par la fissure, du côté sud-est : la quantité totale des eaux atteignit 78 litres. La plus haute température de l'eau chaude a été observée le 15 avril par M. le professeur Forel, à 50°,5 : mais, quoique entièrement isolée, l'eau thermale offre aussi des variations de température. La moyenne peut être évaluée à 48°,5 et le débit à 26 litres à la minute.

Visite des travaux par les experts.

La société pour l'exploitation des bains de Lavey ne trouva pas ce résultat satisfaisant et demanda que les travaux fussent continués, en vue d'obtenir une plus grande quantité d'eau chaude, en cherchant à séparer, en eau chaude et eau froide, les eaux tièdes qui s'introduisent dans le puits depuis l'extérieur.

Ces travaux de recherche eussent présenté de grandes difficultés et, au lieu de donner suite à la demande de la société, M. le chef du département de l'intérieur agit très prudemment en priant MM. les experts de bien vouloir visiter les travaux faits et d'émettre leur opinion au sujet des travaux à exécuter ultérieurement.

MM. les professeurs Renevier, Heim et Forel (M. l'ingénieur Stockalper était empêché) se réunirent le 15 avril et visitèrent le fond du puits. Ils furent entièrement de l'avis de ceux qui avaient suivi de près les travaux du nouveau captage, ainsi que le prouvent les passages suivants du rapport très circonstancié que ces messieurs adressèrent à la fin d'avril au Département de l'intérieur : « Nous estimons que, pour le moment, les travaux d'excavation peuvent être considérés comme terminés et qu'il n'y a plus qu'à procéder au cimentage et à l'organisation des pompes, en vue de la saison balnéaire. » Et, répondant à la question : Y a-t-il lieu de poursuivre les travaux, en vue d'obtenir une plus grande quantité d'eau ou d'en élever la température ? « Nous ne le pensons pas, au moins pas pour le moment. Creuser en profondeur ne produirait, croyons-nous, plus aucun résultat avantageux sur la source principale qui nous paraît suffisamment isolée. S'enfoncer, au contraire, en galeries latérales, à la poursuite des filets tièdes, pour chercher à les résoudre, pourrait mener bien loin, sans aboutir à un résultat favorable ; et l'on risquerait beaucoup de compromettre le résultat acquis, c'est-à-dire l'isolement de la source centrale, en facilitant l'irruption des eaux froides actuellement éliminées. » Et, comme conclusion : « C'est là ce que nous pouvons appeler un captage rationnel, bien exécuté et aussi complet que le permettaient les circonstances locales. »

Travaux définitifs.

Les travaux de cimentage ont été commencés aussitôt après la remise de ce rapport, à la fin du mois d'avril. La fissure qui donne issue à l'eau thermale et occupe à peu près la demi-circonférence du fond de la fouille, a été recouverte d'une dalle placée à $1^{m}60$ sous la surface du rocher. Par un tuyau en grès de 6 cm. de diamètre, posé en dessous de la dalle, l'eau chaude arrive dans une conduite verticale en ciment, de 15 cm. de diamètre, qui s'élève jusqu'à 87 cm. en dessous de la surface du rocher. Il en est de même des eaux tièdes qui sont dirigées par quatre tuyaux collecteurs dans une conduite verticale en ciment, pareille à celle de l'eau chaude.

A partir de 87 cm. en dessous des maçonneries les deux conduites verticales sont continuées par des tuyaux de grès de 15 cm. de diamètre intérieur qui s'élèvent, celui d'eau chaude, jusqu'à $3^{m}46$, et celui d'eau tiède, jusqu'à $3^{m}22$ de hauteur, soit jusqu'à $2^{m}59$ et $2^{m}35$ au-dessus de l'établissement des maçonneries.

Le tuyau d'aspiration de la pompe d'eau chaude plonge de $3^{m}63$ dans son tuyau de grès et celui de la pompe d'eau tiède jusqu'à $3^{m}20$. Par conséquent, l'eau chaude peut être épuisée jusqu'à $1^{m}04$ et l'eau tiède jusqu'à $0^{m}85$ en dessous de la surface du rocher.

Jusqu'à 50 cm. environ de leur orifice supérieur les tuyaux de grès sont pris dans un massif de béton dont la partie supérieure forme cuvette et reçoit les eaux que déversent les tuyaux de grès, lorsque les pompes sont arrêtées.

Pour empêcher la formation de vapeurs d'eau chaude, une conduite de décharge est ménagée dans le milieu du massif de béton, derrière les tuyaux de grès ; par cette conduite les eaux s'écoulent dans une fosse au fond du puits d'où elles peuvent être épuisées par la grande pompe.

Pompes.

Les tuyaux d'aspiration des pompes d'eau tiède et d'eau chaude, ainsi que le tuyau de refoulement de cette dernière, jusqu'à la tubulure de la colonne de pression, sont en plomb, de 6 cm. de diamètre intérieur.

La pompe d'eau tiède est placée à $14^{m}74$ en dessous du centre des engrenages, celle d'eau chaude à $13^{m}54$ et celle d'épuisement à $13^{m}03$; ces mesures se rapportent au joint du plateau de fond des corps de pompes. Les deux petites pompes ont 13 cm. de diamètre intérieur et 675 mm. de longueur ; la grande pompe a 15 cm. de diamètre et 625 mm. de longueur. Les trois pompes sont à simple effet, aspirantes et élévatoires. La course de piston des pompes d'eau tiède et d'épuisement est de 33 cm. ; celle de la pompe d'eau chaude est variable entre 0 et 48 cm. Pour les deux premières pompes la vitesse est de 20 coups à la minute, pour celle d'eau chaude de $^{5}/_{7}$. $20 = 14\,^{2}/_{7}$ coups. Les trois pompes sont entièrement indépendantes les unes des autres.

Le niveau d'épuisement des eaux dans les tuyaux de grès peut être réglé à volonté, en combinant la vitesse du moteur avec la longueur de la course de piston de la pompe d'eau chaude. La manœuvre des pompes est rendue très facile par le fait que l'eau tiède doit toujours être pompée jusqu'au fond, tandis que l'eau chaude devra, probablement au moins, toujours être maintenue au même niveau ou de 10 à 20 cm. au-dessus. La vitesse du moteur doit être réglée sur le niveau auquel on veut tenir l'eau chaude et il faut qu'à cette vitesse l'eau tiède ne dépasse pas son niveau inférieur d'épuisement.

La grande pompe ne fonctionne que lorsqu'une des autres pompes est arrêtée, et pour épuiser les eaux de filtrations ; elle marche environ deux fois 10 minutes par jour.

Afin de pouvoir varier la marche, soit le débit de la pompe d'eau chaude, le bouton de la bielle a été rendu mobile au moyen d'une glissière dans laquelle il est réglé et retenu par une vis. Cette disposition permet de faire varier la course de piston de la pompe entre 0 et 48 cm.

Fonctionnement dès le 15 mai. Résultats observés.

Les pompes ont fonctionné régulièrement depuis le 15 mai. Les observations faites depuis cette date n'ont guère contribué à éclaircir les points obscurs du régime de ces eaux. Lorsque toutes les infiltrations avaient été éliminées et que les deux eaux s'écoulaient à la hauteur du dessous des tuyaux de grès, à 87 cm. en dessous de la surface du rocher, le 2 mai, l'eau chaude avait 49°. Cette température se conserva jusqu'au 24 mai. A cette date l'eau sortait à 47° au robinet de la buvette, et en tenant compte de toutes les pertes de chaleur qu'elle subissait pour y arriver, l'eau avait bien conservé 49° au fond du puits. Le 25 mai la température baissa de 4 à 5°, variant jusqu'à la fin du mois entre 42 et 43° à la buvette. Dans le mois de juin il y eut de nouveau augmentation de température et le 18 juin l'eau arrivait à 46° au robinet de la buvette. Malgré ces variations observées à l'origine de la conduite, la température était invariablement de 37 $^1/_2$ à 38° à l'entrée dans les réservoirs, après avoir passé par une conduite de 500 m. de longueur, en tuyaux de fer étiré. A la suite des fortes chaleurs, en juillet et août, l'eau arriva dans les réservoirs à 39 et 40° et même à 42°, d'après les observations de M. le Dr Suchard.

Le débit de la source est aussi variable. Le 23 mai il n'était que de 21 litres à 38° aux réservoirs. Le 25 mai la conduite ne pouvait pas débiter toute l'eau et elle déversait par l'orifice supérieur de la colonne de pression. Un jaugeage, fait ce jour par MM. Suchard et Pache, indiquait 24 $^1/_2$ litres à la minute, à 38° aux réservoirs ; la même quantité avait été observée la veille par M. Ossent, sans que l'eau débordât par la colonne de pression. Le 26 mai il se perdait 6 litres et le débit total était de 30 $^1/_2$ litres. Le 29 mai le débit était de 27 $^1/_2$ litres.

On augmenta la hauteur de la colonne de pression de 1 m., ce qui devait permettre à la conduite de débiter 1 litre de plus ; mais de temps en temps l'eau déversait encore toujours.

Le débit de la conduite en tuyaux de fer étiré de 1 $^1/_4$ " angl. correspond assez exactement à la formule de Prony, la charge étant de 7 m. sur 500 m. de longueur, soit 14 mm. par mètre courant. D'après $v = 53{,}58 \sqrt{\frac{DJ}{4}} - 0{,}025$, on a $v = 0^m557$ et q = 25,23 litres ; mais il suffit du moindre petit dépôt pour réduire q au débit effectif de 24 $^1/_2$ litres.

Dépense effectuée.

La dépense totale pour travaux et installations s'est élevée à la somme totale de 13 653 fr. 50 ; elle se décompose de la manière suivante :

I. *Installations et matériel.*

1°	Travaux de terrassements, charpentes, maçonneries et tout ce qui concerne l'aménagement du bâtiment et la construction des abris, abords du puits, etc.	Fr.	729 20
2°	Locomobile : location et transport	»	654 75
3°	Roue à eau : prolongement du canal d'arrivée	»	403 75
4°	Transmission : supports, arbre, paliers, poulies et courroies	»	713 90
5°	Ventilation : achat du ventilateur et son tuyau d'aspiration	»	498 65
6°	Epuisement : pompes à purin, tuyaux en caoutchouc, transformations provisoires	»	603 60
7°	Chaîne à godets : pièces mécaniques, guides et ferblanterie	»	1243 80
8°	Outillage : outils de tailleurs de pierre et de forge, appareils de chauffage, treuils, etc.	»	522 85
		Fr.	5 370 50

II. *Main-d'œuvre.*

9°	Journées de tailleurs de pierre	Fr.	2214 65	
10°	Mécaniciens, appareilleurs et surveillants	»	2325 10	
11°	Manœuvres	»	55 20	
				Fr. 4594 95

III. *Combustibles et fournitures diverses.*

12°	Houille, coke et charbon	Fr.	919 15	
13°	Huile et pétrole	»	150 15	
14°	Carton et cuir pour joints et garnitures	»	87 —	
				Fr. 1 156 30

IV. *Divers.*

15°	Travaux de cimentage dans le puits	Fr.	445 20	
16°	Tuyaux de grès	»	40 90	
17°	Transformation et déplacement des pompes, bielles, pistons et tuyaux	»	1854 —	
18°	Frais généraux. Transports divers, etc.	»	191 65	
				Fr. 2 531 75
				Montant total, Fr. 13 653 50

De cette somme il y a lieu de déduire :

1°	Le produit de la vente des objets et matières qui n'ont pas été employés	Fr.	326 90
2°	La valeur du matériel, outillage etc. qui reste disponible	»	809 10
		Fr.	1 136 —
			Dépense réelle, Fr. 12 517 50

Cette somme ne comprend pas les frais de contrôle et de direction des travaux.

LE TRACÉ DES BRANCHEMENTS DE VOIE

par M. A. Perey, ingénieur.

(Avec planche.)

L'avant dernier bulletin donnait les formules générales et théoriques pour déterminer le rayon d'un branchement de voie à poser sur une voie en courbe, et nous avons pensé qu'il y aurait quelque intérêt à le compléter par une indication sommaire

des méthodes pratiques relatives au tracé des branchements de voie.

Si l'une des voies est en alignement, la formule théorique devient, en désignant par r le rayon de la voie déviée, d la largeur de la voie et α l'angle du croisement :

$$r = \frac{d}{1 - \cos\alpha}$$

et l'on aurait pour les mêmes valeurs de α et de d (5°30 et 1m50) :

$$r = \frac{1^m50}{1 - 0.9954} = 326 \text{ m.}$$

soit une valeur intermédiaire entre celles de 483m5 et de 246m1, obtenues pour la voie en courbe.

En pratique, le tracé des branchements de voie est bien plus complexe, et il faut tenir compte d'un facteur qui diminue notablement la valeur du rayon, soit l'obligation de conserver pour la voie principale, sur la longueur de l'aiguille et sur celle de l'appareil de croisement, des alignements se raccordant avec la courbe générale de cette voie par des courbes de plus petit rayon. Sur la voie déviée, ces mêmes alignements sont aussi nécessaires, mais celui de l'aiguille forme un jarret avec la voie principale.

a) *Voie directe en alignement.* (Pl. II, fig. 1.)

Au talon de l'aiguille, la voie déviée doit laisser une ornière de 5 cm. pour le boudin des roues, et si l'on ajoute la largeur du champignon du rail, on a en ce point, soit à une distance AB = a de la pointe, une déviation forcée m. Le jarret de l'aiguille a donc pour expression :

$$\sin\beta = \frac{m}{a}.$$

On doit aussi ménager pour l'appareil de croisement un alignement CD = c en arrière du point mathématique du croisement.

Les deux alignements à raccorder ont leur sommet en S et font un angle de $180° - (\alpha - \beta)$; la courbe de raccordement est limitée par les points B et D. On voit facilement que le rayon maximum sera obtenu par la position de C donnant BS = DS, car si C se rapproche de A′, BS diminue et par suite aussi le rayon ; et si on le reporte plus loin en C,, c'est DS qui diminue et réduit proportionnellement le rayon.

Comme il est toujours avantageux d'avoir le plus grand rayon possible, on choisira la position de C donnant BS = DS.

Nous aurons dans ce cas :

(1) $\sin\beta = \frac{m}{a}$.

(2) $n = c\sin\alpha$.

(3) $\delta = d - (m + n)\, d - a\sin\beta - c\sin\alpha$.

(5) $\delta = T\,(\sin\beta + \sin\alpha)$.

(6) D'où $T = \dfrac{d - a\sin\beta - c\sin\alpha}{\sin\beta + \sin\alpha}$.

(7) $T = r\,tang\,\dfrac{\alpha - \beta}{2}$ ou $r = \dfrac{T}{tang\,\dfrac{\alpha - \beta}{2}}$.

(8) D'où $r = \dfrac{d - a\sin\beta - c\sin\alpha}{(\sin\beta + \sin\alpha)\,tang\,\dfrac{\alpha - \beta}{2}}$.

(9) $L = (a + T)\cos\beta + (T + c)\cos\alpha$.

En prenant pour m, a, c et d les valeurs 0m110, 5 m., 1m50, et conservant pour α la valeur de 5°30′, on aurait :

$$\sin\beta = \frac{m}{a} = \frac{0.110}{5.00} = 0.022, \text{ d'où } \beta = 1°16';$$

$$\alpha - \beta = 5°30' - 1°16' = 4°14';$$

$$\frac{\alpha - \beta}{2} = 2°7';$$

$$\text{et } r = \frac{1.50 - 0.110 - 1 \times 0.096}{(0.022 + 0.096)\,0.037} = \frac{1.294}{0.00436} = 297 \text{ m.};$$

tandis que la formule théorique nous a donné $r = 326$ m.

On pourra, en pratique, modifier un peu la longueur L pour éviter des coupons de rails, ce qui réduira légèrement le rayon et modifiera la longueur des alignements a ou c; dans ce cas, le problème n'est déterminé que si l'on se donne, en outre de α, β et L, le rayon r ou l'une des longueurs a ou c. Il est facile de voir comment les formules ci-dessus doivent être modifiées.

En général les compagnies de chemins de fer adoptent 2 ou 3 valeurs de α, qu'on désigne par celle de la tangente trigonométrique (ainsi pour la Suisse Occidentale-Simplon : $tang\ \alpha = 0.09$ pour les voies principales, et $tang\ \alpha = 0.13$ pour les voies secondaires) ; les valeurs de d (1.435, mesuré à l'intérieur de la voie), de a (5 m.) et de m (0.110), et par suite celle de β, sont constantes.

Les tracés types sont dressés en partant de la voie en alignement, mais on les adapte aux voies en courbe, avec le même matériel, en conservant les mêmes valeurs pour α, β et L ; les alignements BB′ et DD′, les rayons R, et r et l'angle S sont seuls variables. (Fig. 3.)

b) *Voie directe en courbe.* (Fig. 3.)

La résolution numérique et rigoureuse du problème devient alors très compliquée, et il est, à notre avis, suffisamment exact et beaucoup plus rapide d'opérer graphiquement par une épure à l'échelle de 1/100 ou de 1/200.

Toutefois il y a certains cas où une grande précision est commandée, et les personnes que cette question intéresserait pourront consulter à la bibliothèque de la Société les « Instructions pour la pose des branchements et traversées de voies, » de la compagnie Suisse Occidentale, en date du 15 janvier 1876, qui donnent les formules et méthodes de calcul pour une solution numérique rigoureuse.

Le but à rechercher est d'obtenir les plus grands rayons possibles avec la plus petite longueur de branchement, si c'est un type à créer, ou avec les longueurs adoptées, si ces types existent déjà.

Quand les courbes sont de sens inverse, le rayon s'en trouve augmenté, et il n'y a d'autres précautions à prendre que de créer sur la voie directe les alignements a et c, nécessaires à l'aiguille et au croisement ; il y a même des types spéciaux (branchements symétriques) qui permettent de réduire la longueur L sans trop diminuer les rayons.

Si les courbes sont de même sens, le rayon de raccordement r diminue rapidement avec celui de la voie directe et peut dépasser les limites admises pour la circulation du matériel roulant ; il faut alors diminuer l'angle de croisement α (si ce type réduit existe) ou modifier le tracé de la voie principale.

Lorsqu'on dispose de l'espace nécessaire, on intercalera un

alignement l ayant au moins la longueur L, qu'on raccordera par des courbes d'un plus petit rayon. (Fig. 2.)

Les formules seront :

$$\sin\omega = \frac{l}{2(R - r)}; \quad t = r \tan\frac{\omega}{2};$$

$$f = (R - r)\tan\frac{\omega}{2}\sin\omega; \quad arc\,ABC = L' = 2R\,arc\,\omega.$$

Si une modification aussi considérable n'est pas possible, ce qui sera généralement le cas, on ménagera seulement sur la voie principale les alignements de l'aiguille et du croisement, en les raccordant entre eux, et avec les parties non modifiées de la voie, par des courbes d'un rayon suffisant. Voici comment on procédera graphiquement.

Soient A et A′ les pointes de l'aiguille.

On mène la tangente AE et la ligne AS faisant avec elle l'angle β; à partir de A′ on mesure sur la courbe une longueur A′C = L, et par le point C on trace la ligne CS faisant l'angle α avec la tangente en C; on fait AB = a et CD = c.

La plus petite des longueurs BS et DS (cette dernière, si le type en alignement donne BS = DS) sera la tangente T du rayon de raccordement maximum, qu'on pourra arrondir en portant le point de tangente de D en D′.

L'angle γ sera mesuré graphiquement par la longueur de sa tangente et le rayon r sera égal à $\frac{T}{\tan\frac{\gamma}{2}}$ et approximativement à $2\frac{T}{\tan\gamma}$.

En effet, les angles α, β et γ étant très petits, on peut, sans erreur appréciable, substituer la valeur $\frac{1}{2}\tan\gamma$ à $\tan\frac{\gamma}{2}$, celle des tangentes à celle des sinus, et prendre pour l'équation du cercle la formule :

$$y = \frac{x^2}{2R}; \text{ d'où } R = \frac{x^2}{2y}; \; x = \sqrt{2Ry};$$

x étant l'abscisse mesurée sur la tangente, à partir du point de tangence, y l'ordonnée correspondante et R le rayon.

L'emploi de ces formules simplifie beaucoup le travail et permet d'éviter complètement l'usage des tables trigonométriques dans la recherche et le tracé des courbes de raccordement, de leurs points de tangence, etc., et de faire de tête ou avec la règle à calcul les problèmes numériques qui doivent accompagner les opérations graphiques.

Le rayon R, de la voie directe modifiée EMD, se déterminera de la même manière.

Si les rayons R, et r ainsi obtenus se trouvent trop petits pour la circulation des véhicules que ces voies doivent recevoir, il faut diminuer α (quand les types de croisement adoptés le permettent), ou modifier la courbe de la voie directe de manière à augmenter son rayon à l'endroit du branchement en le réduisant aux abords, c'est-à-dire faire une déviation analogue à celle de la figure 2, sauf que l'alignement serait remplacé par une courbe sans descendre pour les rayons de raccordement au dessous des limites que la circulation permet d'admettre.

Une augmentation dans la longueur L du branchement diminue le rayon de la voie déviée, si elle n'est pas combinée avec une réduction de l'angle de croisement α, mais, en augmentant l'alignement de l'aiguille, elle facilite le passage des véhicules.

De nombreuses études de gares et de remaniements de voies nous ont montré les grands avantages de ces procédés graphiques et approximatifs; les calculs numériques rigoureux, outre leurs nombreuses chances d'erreurs, ne dispensent pas de l'établissement d'épures, et, malgré le temps considérable qu'ils exigent, peuvent rarement être appliqués dans la pose de la voie.

Notre but étant uniquement d'indiquer comment s'établissent les types de branchements avec voie en alignement, comment on les adapte aux voies en courbes et enfin comment on peut éviter la longueur des calculs rigoureux, nous nous abstenons de toute application et description des appareils.

BARÊME DE PRIX

POUR L'EXÉCUTION DE TRAVAUX DE CANALISATION EN FONTE

par A. van Muyden et E. de Vallière, ingénieurs civils.

(Avec planche.)

Le tableau graphique ci-joint (planche III) coordonne les éléments d'un bordereau des prix consenti récemment par une grande entreprise française de travaux de fontainerie, pour la pose de tuyaux en fonte compris entre des diamètres de 0m040 et 0m300 [1].

On a complété la série en traçant sur la figure, d'après le tarif de la maison L. de Roll, à Soleure, une courbe du prix de la fourniture et une courbe du poids des tuyaux en fonte.

Traduites sous cette forme et appliquées à l'établissement d'un devis de travaux de distribution d'eau, ces données conduisent, pour un diamètre quelconque compris entre ces mêmes limites, à une solution du problème facilement accessible, rationnelle et parlant à l'œil : le tracé graphique a, en effet, pour résultat d'opérer sur chaque élément une compensation, en vertu de laquelle le système des valeurs moyennes fourni par l'expérience, est remplacé par un autre qui en diffère le moins possible, mais qui satisfait à la loi de continuité et jouit par cela même d'une probabilité plus grande.

La figure comprend :

1° *Un diagramme* A, représentant le prix des tuyaux (usines L. de Roll, à Soleure, tarif général du 1er janvier 1885), rendus en gare de Lausanne. (Chargement par vagons complets.)

Dans les applications de prix, on aura à tenir compte des plus-values ou moins-values modifiant ces prix, suivant la valeur réelle des fontes au cours du jour.

2° *Un diagramme* B, représentant le poids brut approximatif des tuyaux par mètre courant de conduite. Ce tracé permet d'évaluer rapidement les frais de transport des tuyaux de la gare d'arrivée au dépôt, si les circonstances locales veulent qu'il soit tenu un compte à part de ce transport.

3° *Un diagramme* C, représentant, entre les limites de

[1] Les prix du bordereau se rapportent à des tuyaux de calibre anglais, type généralement abandonné en Suisse, bien qu'encore très répandu en France. Portées sur la figure, les ordonnées correspondant à ces diamètres auraient nui à la clarté; on a préféré ne les considérer que comme des lignes de construction et reproduire ici exclusivement les traits principaux de l'épure. Il sera facile au lecteur d'interpoler à l'œil des traits intermédiaires ou, s'il le préfère, de compléter le réseau en traçant entre les traits principaux des ordonnées correspondant aux diamètres dont il a plus particulièrement emploi.