

Zeitschrift: Bulletin de la Société vaudoise des ingénieurs et des architectes
Band: 14 (1888)
Heft: 7

Artikel: Les tunages du Rhône à Bex
Autor: Barraud, E.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-14459>

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: 07.07.2025

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

BULLETIN

DE LA SOCIÉTÉ VAUDOISE

DES INGÉNIEURS ET DES ARCHITECTES

PARAISANT 8 FOIS PAR AN

Sommaire : Les tunages du Rhône à Bex, par E. Barraud, ingénieur. (Planches Nos 20 et 21.) — Note sur les garnitures en cuir des pistons hydrauliques, par S. Rosa, ingénieur. (Planche N° 22.) — Bibliographie.

LES TUNAGES DU RHONE A BEX

par E. BARRAUD, ingénieur.

(Planches N° 20 et 21.)

I

Les plus anciens travaux d'endiguement du Rhône, sur la rive vaudoise, remontent, paraît-il, à l'époque où notre pays était placé sous la maison de Savoie. Plus tard, le gouvernement de Berne y apporta, comme à l'endiguement de plusieurs torrents de la contrée, un soin particulier, et il existe encore plus d'un vestige important des travaux de cette époque. Ce n'est cependant que depuis environ 50 ans, à partir de la convention intercantonale de 1836 que l'œuvre du diguement du Rhône prit une marche régulière par l'action commune des Etats de Vaud et du Valais.

Mais les communes seules étant chargées de l'exécution du travail, il n'avancait que lentement, malgré un moment de reprise après l'inondation de 1846. Enfin en 1865 un tracé nouveau, le tracé actuel, fut établi par convention intercantonale et l'on se mit plus courageusement à l'œuvre.

Les bases qui furent adoptées en 1836 sont dues aux études et aux propositions d'hommes éminents : de Charpentier et Ignace Venetz les créateurs de la théorie des glaciers, et Adrien Pichard, ingénieur cantonal vaudois.

Le fleuve étant très irrégulier, tantôt large, tantôt étroit, constamment et brusquement sinueux, semé d'îles coupant le cours en de nombreux bras qui enlevaient au courant sa force de transport, il se formait des ensablements et des ruptures dans les levées du Rhône. Il fallut avec les ressources des communes, les seules que l'on possédait alors, marcher graduellement, à petits pas, et en utilisant toujours la force de l'eau, soit pour provoquer des érosions, soit pour obtenir des dépôts. Dans les parties où le Rhône devait être éloigné d'une des rives, on établissait de fortes traversières avancées du bord, en pente contre l'eau et à angle droit du courant, qui rejetaient celui-ci au large. De là résultent les traversières actuelles qui ont un double but :

a) Par leur symétrie avec les ouvrages analogues de la rive opposée, elles forment une sorte de barrage partiel avec pertuis central. Le courant du fleuve contraint de passer par cette ouverture prendra une accélération de vitesse et tendra à affouiller son lit et par conséquent à se frayer un canal toujours plus cave dans ses anciennes alluvions.

b) Le second but visé par l'emploi des traversières est l'in-

verse du premier. Les charriages jetés au fleuve par les torrents latéraux ou arrachés au lit même par l'érosion vont se déposer dans les espaces compris sur les rives entre les arrière-bords et les basses eaux d'une traversière à l'autre.

Ce phénomène revêt souvent des proportions assez vastes pour prêter aux résultats obtenus une apparence séduisante; néanmoins il n'est pas rare de voir ces vastes dépôts promptement enlevés par une crue subséquente, c'est pourquoi on a essayé de les fixer au moyen d'une seconde digue d'ouvrages parallèles appelés *reliements*, établis à peu près au niveau des basses eaux et de manière à relier les têtes des épis.

Les résultats obtenus par ces reliements sont contradictoires. En tout cas, très exposées, les têtes d'épis sont d'un entretien coûteux continu; les positions conquises ne sont rien moins qu'assurées; elles ne sont au contraire maintenues qu'avec effort; mais avec les variations de niveau du lit, que la correction devait amener, ce système peu coûteux en apparence, était seul applicable. Aujourd'hui, pour fixer les résultats obtenus et finir l'œuvre de la correction du Rhône on procède sur territoire vaudois à l'établissement d'une digue longitudinale continue.

II

Actuellement, en de nombreux points du littoral le redressement du Rhône suivant la ligne conventionnelle de 1865 n'est pas encore obtenu malgré plusieurs tentatives. Les grandes profondeurs effrayaient; on n'osait y établir du premier coup la digue longitudinale et les épis faits à plusieurs reprises n'avaient pu tenir. Cependant en plusieurs de ces points, voisins généralement des embouchures de torrent, il était essentiel de s'en tenir strictement au tracé.

Déjà en 1830, au début de l'entreprise des digues du Rhône, MM. Pichard et de Charpentier insistaient sur ce principe général que la ligne droite devait être toujours recherchée et cela surtout aux embouchures des torrents charriant beaucoup, afin de donner aux eaux une rapidité et une régularité suffisantes pour empêcher les dépôts ou pour les enlever au fur et à mesure de leur formation. Ils appuyaient surtout sur la nécessité d'adopter un tracé rectiligne de grande longueur à l'endroit où la Vièze et la Gryonne se jetant dans le Rhône sur deux rives opposées à peu de distance l'une de l'autre, tendaient à le forcer à décrire et à aggraver toujours des méandres regrettables.

Mais ce point est précisément le principal de ceux où la pro-

fondeur de l'eau et son courant rapide ont empêché jusqu'à présent d'avancer les travaux jusque sur la ligne voulue.

Cependant sur l'avis de M. Zürcher, ingénieur d'arrondissement à Thoune, et de M. de Salis, inspecteur fédéral en chef des travaux publics à Berne, on s'est décidé à maintenir la ligne conventionnelle et de s'y porter directement avec la digue longitudinale quoiqu'il fallût pour cela couper entièrement le principal courant et s'avancer jusqu'aux trois quarts de la largeur ancienne de l'eau à l'étiage. Pour ces fondations on ne pouvait songer aux enrochements dont il aurait fallu un cube énorme et qui auraient eu bien d'autres inconvénients à cause du courant accéléré et de la nature affouillable du lit. C'est alors qu'il fut décidé de recourir aux tunages (packwerk), massif de branches, piquets et graviers.

Un grand avantage des tunages sur les enrochements c'est que, en cas d'affouillement du lit par devant et de sous-minage, cas fréquent et à prévoir, l'enrochement descend à mesure et amène des dégradations dans la digue, tandis que la masse compacte du tunage peut tenir longtemps, même en porte à faux, et donner le temps de porter remède sans que les travaux supérieurs aient à en souffrir. Les tunages d'ailleurs peuvent, si leur talus est très aplati surtout à la base (ce qui n'est malheureusement pas le cas pour nos travaux de Bex) tapisser le fond et éloigner l'affouillement. Au cas même où ils seraient sous-minés, le bord seulement du tunage suivrait, tapisserait le nouveau talus du lit et empêcherait le mouvement de se propager.

III

Les tunages, très employés dans les travaux du Rhin déjà au commencement du XIX^{me} siècle, sont décrits en 1833 dans les *Annales des Ponts et Chaussées de France*, par M. Defontaine, ingénieur en chef.

Les tunages à cette époque étaient seulement formés de fascines, de piquets, de clayons et de graviers. Les fascines longues de 4^m50 étaient employées indifféremment dans toutes les couches et remplaçaient même les perches de support que nous verrons plus loin. Ces tunages étaient employés pour la défense des berges et concurremment avec les enrochements en saucissons et paniers de gravier pour la coupure des bras à abandonner, dont la profondeur ordinaire de 6 à 8 m. a atteint parfois 20 m.

Ces travaux étaient de nature essentiellement temporaire, transitoire; lorsque le travail devait supporter une digue définitive, M. Defontaine en faisait le noyau d'un massif de gravier qu'il sortait en dehors de la digue proprement dite, ayant remarqué, dit-il, que des avaries étaient arrivées aux digues construites sur de pareilles fondations en suite de leur destruction par l'effet du temps.

Du Rhin ce système a été introduit en Suisse sous l'initiative d'Escher de la Linth pendant l'exécution des grands travaux qui ont immortalisé son nom, et dans le canton de Berne essentiellement il jouit encore d'une grande faveur. La nature des matériaux employés, l'expérience acquise ont fait modifier les procédés, qui se trouvent maintenant sensiblement différents de ceux du Rhin. Du reste dans chaque cas particulier les dispositions de détails peuvent aussi varier.

IV

Nous décrirons maintenant les travaux de tunages exécutés pour la correction du Rhône et particulièrement ceux qui ont été visités par notre Société le 4 février de cette année. Ils sont situés sur le littoral de Bex, entre les embouchures de la Vièze et de la Gryonne.

Matériaux employés.

Graviers. Les graviers provenant des dépôts de la Vièze et de ceux de la Gryonne sont choisis grossiers, mélangés aussi d'une bonne proportion de sable grossier. Les matériaux un peu plus forts, les boules, ayant plus de 0^m12 dans un sens sont triés et mis en dépôt pour enrochement subséquent.

Bois. Les bois sont tous de la même essence: l'aulne qui forme des taillis serrés de tout âge et de toutes dimensions sur une grande largeur et tout le long du rivage; cependant on a utilisé quelques branches de peupliers et de saules, et d'assez grandes quantités d'épines. Tous ces bois blancs sont excellents, longs, flexibles, durant longtemps sous l'eau et légers.

Ils ont été préparés de la manière suivante:

1^o **Piquets.** Longs de 0^m80 à 1^m50 et d'un diamètre de 0^m04 à 0^m08, ils sont bien appointis d'un bout et sciés bien d'équerre de l'autre pour recevoir sans dommages les coups de maillet. Ces piquets ont été souvent pris à la suite des perches de support dans des aulnes de longueur suffisante.

2^o **Perches de support** (Stäcklik), dessinées en *d* fig. 1 et fig. 2, Pl. I. Ce sont de grosses branches de 0^m04 à 0^m06 de diamètre au gros bout et de 3 m. à 4^m50 de long, dépouillées de tout rameau sur le tiers environ de leur longueur, et soigneusement appointies à leur extrémité inférieure, la pointe étant très affilée.

3^o **Les branches divers** en deux choix suivant leur taille, non réunis en fascines à cause de la proximité de l'exploitation, sauf ceux de forte dimension destinés à la troisième couche, qui sont approvisionnés d'avance. Longueur 1^m80 à 3 m., diamètre du gros bout 0^m02 à 0^m04.

4^o **Les fagots de menus débris** et d'épines, longs de 1 m. à 1^m50 et de 0^m50 de diamètre, sont liés par une seule hart pour la commodité du transport et de l'emploi.

5^o **Les clayons** sont formés des verges de choix, très flexibles, de 4 à 5 m. de long sans que le plus grand diamètre atteigne 0^m04.

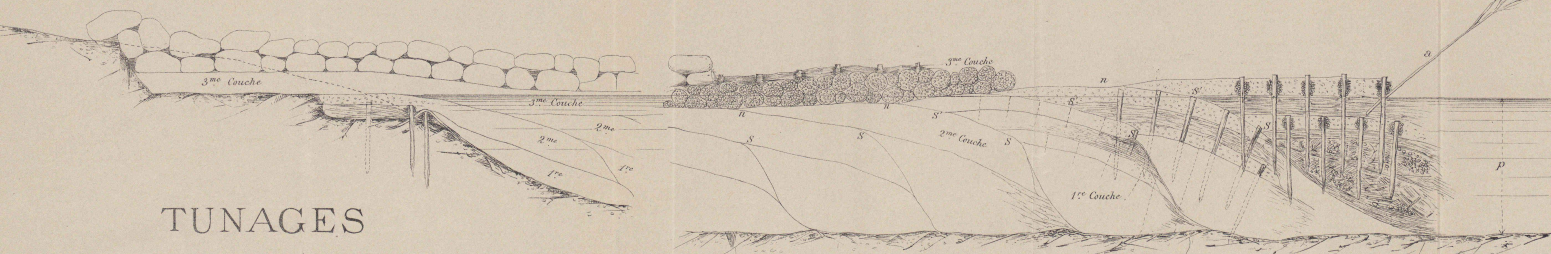
Outils.

Outre les scies, haches, serpes, pelles, pioches, brouettes et les maillets de bois pour enfoncer les piquets on a employé pour pilonner les couches de bois et de gravier un pilon dit « chien » (hund), c'est une bille de bois de 0^m30 de diamètre et de 0^m60 de longueur pesant environ 30 kg., avec trois manches verticaux au pourtour, pour être manié par trois hommes.

Exécution des tunages.

Pour plus de facilité nous supposons le travail déjà commencé, comme au moment de la visite du 4 février et comme il est représenté aux fig. 1 et 2, Pl. 21. Il est composé de trois couches (fig. 1), la troisième restant en arrière et la deuxième suivant la première. Le tunage est arrêté à l'avancement par un dernier clayonnage. La ligne de crête est indiquée en arrière

Fig.1. Coupe en long d'ensemble.



TUNAGES DU RHÔNE À BEX

Echelle 2^m p. 1^m

Fig.2. Plan d'ensemble.

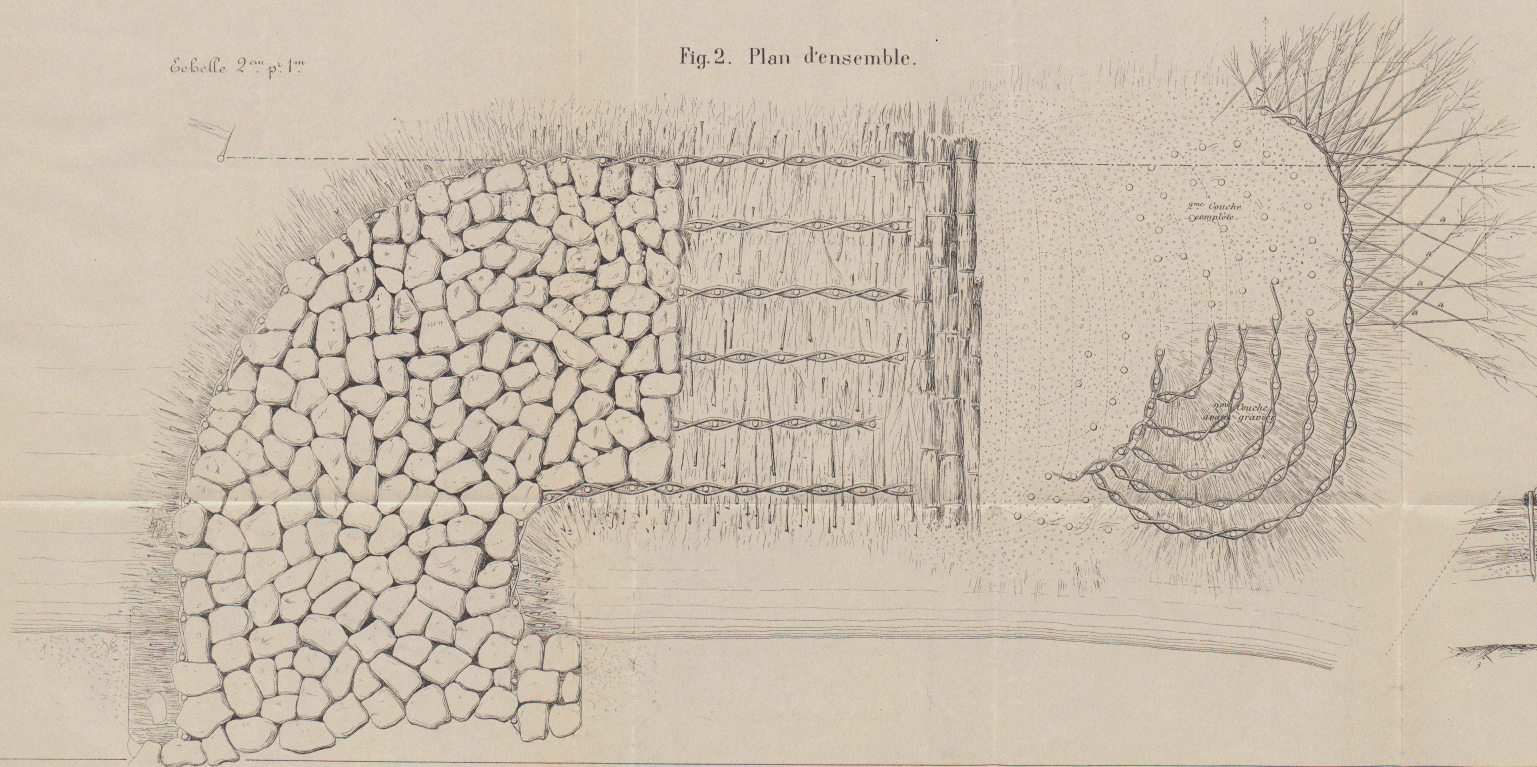


Fig.4. 1^{re} Couche finie.

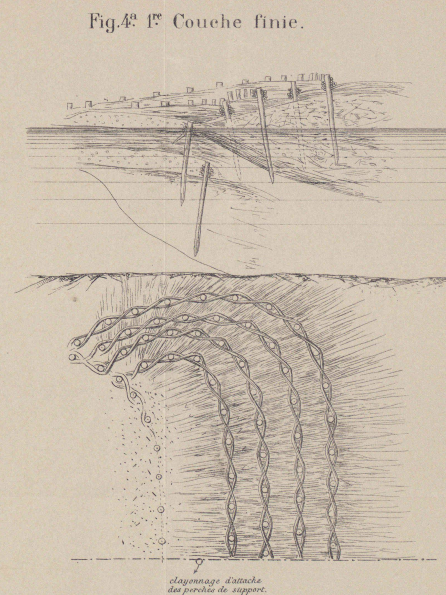
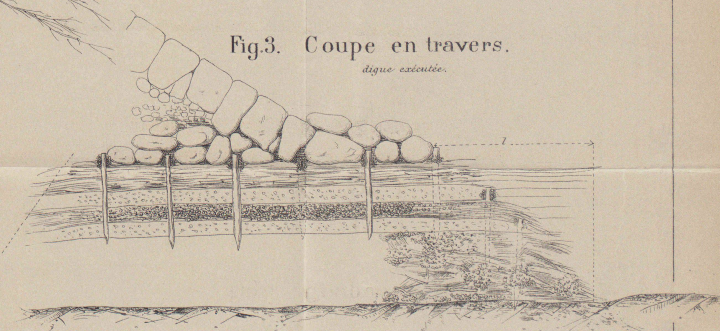


Fig.3. Coupe en travers.
digue exécutée.



Seite / page

leer / vide /
blank

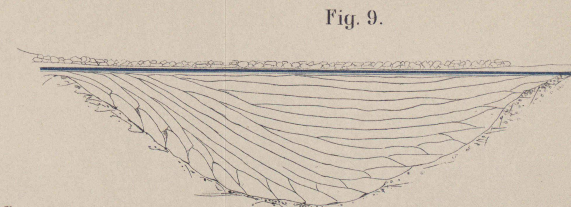
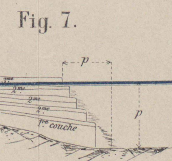
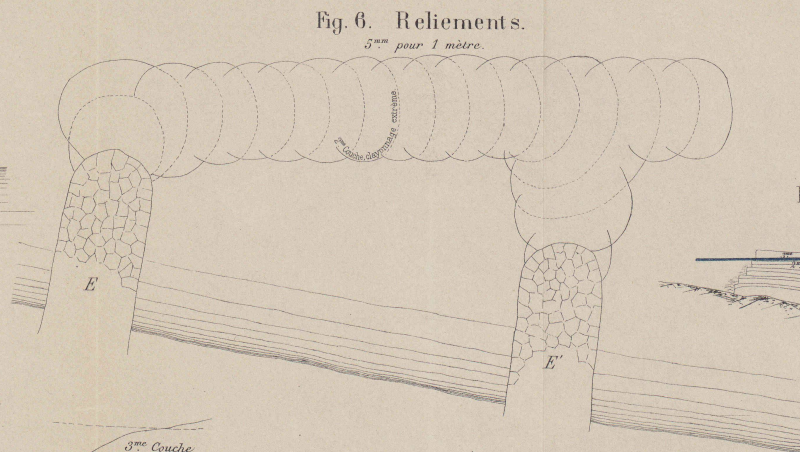
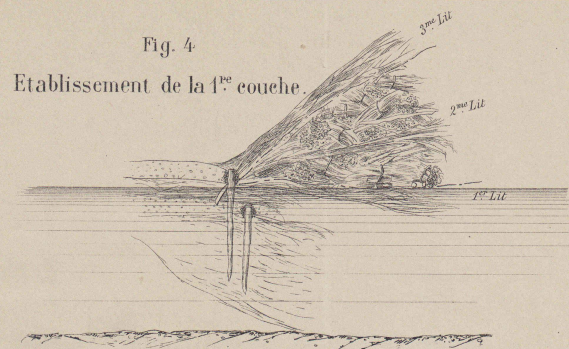


Fig. 5. Terminaison.

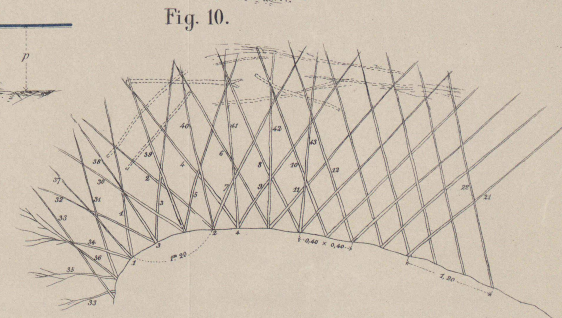
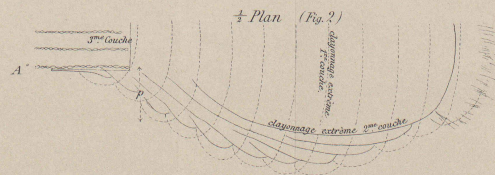
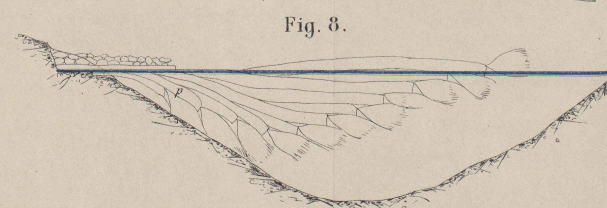
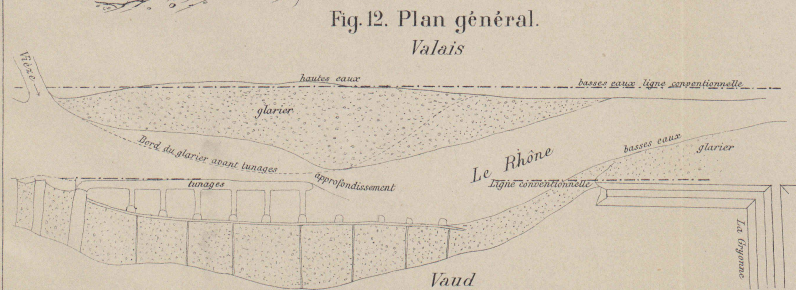
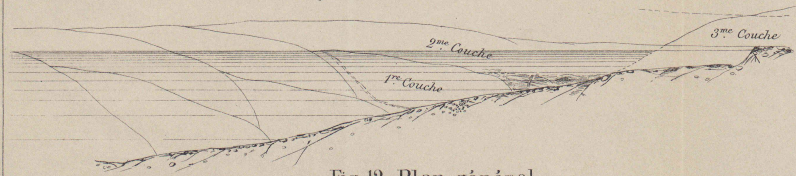
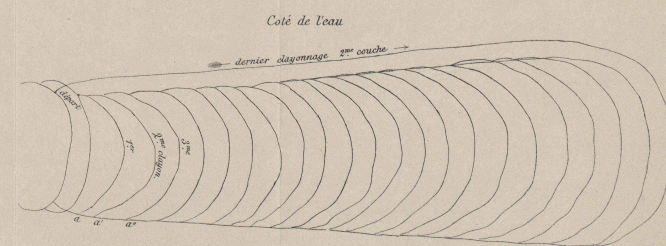


Fig. 11.



Seite / page

leer / vide /
blank

par une série de jalons et de drapeaux. On commence à sonder le fleuve en plusieurs endroits, à droite, à gauche et au milieu de la région où doit s'exécuter le travail pour déterminer soit la largeur (fig. 2, Pl. 20) extérieure à la ligne jalonnée, d'après le talus qu'on veut obtenir, soit l'épaisseur de la première couche à faire (fig. 7, Pl. 21) et la longueur des perches de support qui est proportionnelle à cette épaisseur. Cette épaisseur doit être augmentée dans les parties profondes ou à fort courant, car dans les parties profondes, le travail fait restant flottant sur une grande longueur (fig. 8, Pl. 21), l'appui de la première couche est moins rigide et la nappe (première couche) porte moins bien. Le fort courant tend aussi à faire immerger cette nappe, que pour rendre facilement portante, on épaissit alors. On choisit toujours pour les points exposés tous les bois, fagots, perches ou piquets les plus gros, les plus longs et les plus forts, en même temps qu'on apporte plus de soin au travail et plus de célérité encore dans son immersion. Ceci parce que le principal rôle de la première couche, outre celui de se mouler sur le fond, est de permettre l'avancement en créant en l'air une nappe qu'on immerge ensuite avec rapidité et qui flottante doit porter les ouvriers occupés à faire la deuxième couche qui constitue le tunage proprement dit.

En général, les tunages étant une œuvre toute de coup de main et de coup d'œil, varient à chaque instant et n'ont pas de théorie. Il est même très difficile et très long de les décrire d'une façon toute générale. Pour les exécuter il est essentiel d'avoir une équipe d'ouvriers spéciaux (outre les nombreux manœuvres nécessaires) joignant à une certaine dextérité, une grande habitude de ce genre de travail. Le maître ouvrier surtout doit posséder beaucoup d'expérience, de décision et d'énergie.

Couche de fondation ou première couche. Le sondage fait, on procède à la formation de cette première couche, de trois lits principaux.

Premier lit. D'un vigoureux élan on plante à 45° sur l'horizon les perches de support, sous le dernier clayonnage émergent de l'avancement (deuxième couche) pour qu'elles s'enfoncent de 0^m50 environ, (fig. 1 et 2, Pl. 20). On les croise et pour qu'elles soient en quelque sorte entrelacées on les place dans l'ordre indiqué fig. 10, Pl. 21; la deuxième perche étant en croix sur la première et les enracinements à 1^m20 l'un de l'autre; puis on place la troisième perche parallèlement à la première à 0^m40 de celle-ci et on continue en plaçant les numéros pairs parallèles entre eux et les impairs aussi. Le treillis formé, on revient en arrière en plantant d'autres perches dirigées directement en avant, juste au même point où déjà se rencontrent les perches croisées, de sorte qu'il se produit un coincement qui consolide l'enracinement. On replante par-ci par-là quelques perches aux endroits un peu clairs et le premier lit est formé.

Dans les grandes profondeurs ou dans les forts courants on plante les perches de support sous le deuxième clayonnage et non sous le premier pour que l'enracinement soit meilleur et on a bien soin dans les parties exposées au courant de choisir toujours les bois les plus forts et de les enraciner ou de les disposer avec grand soin.

On jette alors sur les extrémités, sur le pourtour de cet éventail incliné à 45° quelques perches de rebut ou des gros bois divers que l'on place en travers (pointillés sur la fig. 10, Pl. 21).

Leur but est de produire un premier abaissement qui permette d'y entasser les fascines et aussi d'en répartir la charge pour que l'abaissement et l'immersion se fassent uniformément.

Deuxième lit. Puis on commence le deuxième lit, formé essentiellement de fascines, de fagots plutôt, qu'on étend en première couche épaisse, avant tassement, de 0^m80 à 1 m. et qu'on recharge ensuite avec des branches dirigées comme les nervures de l'éventail, pour relier cette masse informe. Enfin deuxième couche de fagots mélangés, de la même épaisseur que la première.

Le *troisième lit*, épais d'une vingtaine de centimètres, se compose de branchages disposés aussi en éventail et jetés d'abord à l'extérieur, puis en se retirant jusque sur le clayonnage où on s'est enraciné. Si on est dans un courant menaçant on plante même encore quelques-uns de ces branchages sous le clayonnage pour mieux attacher provisoirement la nappe que l'on va immerger, à l'ouvrage déjà fixé. (Voir fig. 4, Pl. 21.)

A ce moment les perches de support qui ont ployé peu à peu sont à fleur d'eau, la nappe est encore en l'air, il s'agit de l'immerger et c'est le moment délicat, car incomplète encore, elle risque d'être arrachée par le courant, ce qui arrive quelquefois. Plus l'immersion est rapide et moins il y a de danger de déchirement et c'est là que les ouvriers doivent faire preuve d'activité, d'énergie, de décision et de promptitude. Trois ou quatre ouvriers sautent rapidement sur cette nappe, plantent à la main quatre ou cinq files de piquets espacés de 0^m50 environ (les piquets étant eux-mêmes à 0^m40 à 0^m50 les uns des autres) en commençant par la plus rapprochée et clayonnent entre eux en partant (du côté du courant) d'un clayonnage en arrière de celui où on a planté les perches de support, pour la bonne liaison et en fichant soigneusement les premiers clayons sous le clayonnage ancien dont on part.

Le dernier clayonnage fait sur cette première couche est à 1 m. ou 1^m50 de l'extrémité du chevelu.

Les piquets les plus courts sont pris pour les rangs extérieurs, car, après tassement, ils traversent la première couche, et le lit du fleuve, formé de petits galets, étant résistant ils appuyeraient dessus sans pouvoir s'y enfoncer et empêcheraient que le tunage ne se moulât sur le fond.

Les clayonnages terminés on enfonce, au maillet, les piquets jusqu'à fleur du clayonnage fortement serré lui-même à coups de masse et on y revient à plusieurs reprises à mesure que le damage au chien qui se fait ensuite a serré les branches entre elles. On répand enfin du gravier en continuant le damage qui fait descendre le sable en grande partie dans les fagots pour remplir les vides; il reste par-dessus une couche de gravier de 15 centimètres environ qui, avec la charge des hommes, finit de comprimer et de faire immerger cette première couche.

Couche ordinaire ou deuxième couche. La première couche en descendant entraîne les parties voisines du tunage sur lequel elle est greffée. Ces dernières se compriment en s'appuyant davantage elles-mêmes sur les précédentes (fig. 1, Pl. 20), si bien que pour établir la deuxième couche on viendra reprendre en arrière sur le travail ancien tout ce qui sera nécessaire pour se maintenir à une trentaine de centimètres au-dessus de l'eau.

On commence par étendre sur le dernier clayonnage de la première couche des branches du petit choix disposées normalement à ce clayonnage, le tiers de leur longueur, en dehors

puis on continue à étendre de même en se reculant, jusqu'au point voulu, s'arrangeant pour donner à la couche une épaisseur de 0m30 environ, mais variable de façon à rendre l'émergence uniforme. On dégage alors sous le gravier, qui souvent le cache complètement, un clayonnage situé à la soudure S' (fig. 1, Pl. 20) vers les dernières branches étendues et on y enrachine le nouveau clayonnage qui se fait soit comme dans la fig. 2, Pl. 20, soit comme dans la fig. 11, Pl. 21, lorsque la couche est un peu longue. Dans ce dernier cas, comme l'indique le dessin, au « départ » on fait le clayonnage N° 1 à 0m50 de celui qui sera le dernier, puis on en abandonne le bout en *a*. On lie le deuxième clayonnage sur le premier et on en abandonne le bout en *a'*, ainsi de suite jusqu'à ce qu'on arrive sur la dernière première couche posée; là quelques piquets-repères ont été laissés pour indiquer la position des clayonnages et on s'arrange pour que les clayonnages de la deuxième couche tombent dans le milieu entre ceux de la première.

Le dernier clayonnage de la deuxième couche est en retraite d'un demi-espacement sur celui de la première couche de l'avancement et il revient pincer tous les bouts abandonnés *a*, *a'*, etc. avant de venir se souder lui-même sous un clayonnage ancien.

L'espacement des clayonnages comme celui des piquets entre eux est toujours pour les deux premières couches compris entre 0m40 et 0m50. Il se fait à deux brins de quatre à cinq clayons chacun, chaque brin passant alternativement dessus et dessous, ce qui donne un véritable tressage et une grande fixité.

Le clayonnage fait on le serre et on finit d'enfoncer les piquets, le tout à coups de maillet, car ces piquets, vu la cohésion croissante de la masse inférieure, s'enfoncent déjà avec grande difficulté. On dame les branchages et on répand une couche de 0m30 au maximum de gravier qui pénètre en partie sous l'action du chien dans les branches inférieures et les incruste même, puisque d'après M. l'ingénieur en chef Defontaine, un tunage bien fait, après son tassement doit avoir une densité supérieure à 2, celle du gravier étant admise à 2,25. L'eau du fleuve qui filtre encore à travers ce tout y dépose en été son limon qui finit de faire du tout une masse absolument compacte.

Comme l'indiquent les fig. 8 et 9, Pl. 21, dans les grandes profondeurs, c'est une succession de couches ordinaires superposées qui forme le massif de l'ouvrage. Dans le cas de la fig. 8 on peut plus ou moins activer l'échouage en chargeant en gravier, mais toujours en partant de l'origine et en se maintenant sur l'eau, à moins qu'on ne veuille que tapisser le fond, auquel cas on diminue les couches de gravier ordinaires pour diminuer aussi l'épaisseur de la couche flottante (pourvu qu'elle ait contre la rive une épaisseur suffisante comme attache) et on charge alors en dernier lieu vigoureusement de gravier et d'enrochement par le moyen de bateaux.

Quand la couche de fondation est suffisamment comprimée sur le fond et que le massif est bien assis, on passe à l'exécution de la *troisième couche ou couche de correction* qui est le couronnement du travail. Celle-ci se compose de fascines de branchages longs ou de gros branchages tout simplement posés en travers du tunage sur une cinquantaine de centimètres d'épaisseur et tenant toujours constante la hauteur de l'ouvrage au-dessus du niveau de l'eau. De très forts clayonnages longitudinaux espacés de 1 m., faits sur les piquets les plus gros et les plus longs, alignés au cordeau, la rangée extérieure sur la ligne ja-

lonnée, terminent le tout. Enfin on charge fortement par une épaisseur de 0m60 d'enrochement, afin de tenir le travail en cas de crue subite et pour aider au tassement général.

Point de départ; enracinement du tunage dans la berge; relierments; terminaison.

Maintenant que nous avons vu comment se construisent les tunages, voyons comment on commence et comment on termine l'œuvre :

La ligne d'une des crêtes du tunage étant formée et la largeur en couronne déterminée, on choisit dans la rive un point à proximité du commencement du travail, où le sol soit aussi résistant que possible et peu exposé à l'action de l'eau. On y creuse jusqu'à l'eau un emplacement de la largeur adoptée pour la couronne du tunage et d'autant plus long que le terrain est moins résistant. On y répand des branchages comme en deuxième couche dans lesquelles on plante plusieurs rangs de piquets qu'on clayonne fortement. On s'appuie alors sur le dernier clayonnage pour commencer une première couche de fondation après laquelle on vient reprendre la deuxième couche en arrière, le plus avant possible dans les terres et on suit comme il a été dit plus haut.

Mais il est bien essentiel que les berges soient toujours protégées vers l'enracinement et qu'aucun courant ne puisse s'établir entre les travaux et la berge.

Si c'est parallèlement au rivage qu'on veut marcher, on tourne quand on est arrivé sur la ligne, ordinairement en allant contre l'aval, surtout si le courant est rapide, mais on va très bien aussi en sens inverse dans les eaux tranquilles.

Si c'est une coupure qu'on veut obtenir on continue en ligne droite, mais alors le tunage doit avoir une largeur beaucoup plus grande pour que le courant ne le fasse pas infléchir. On a soin dans ce cas de partir des deux rives à la fois afin que le courant ne soit rejeté sur aucune d'elles.

Pour les coupures du Rhin, un système qui a très bien réussi est le suivant : on s'avance avec un tapis flottant mince et très large jusqu'à un peu plus de la moitié de la largeur, mais d'une rive seulement, puis on l'échouait, en commençant à incliner le côté amont afin que le courant aidât à continuer la besogne. On portait ensuite de l'autre rive où on recommençait l'opération, ce qui donnait un grand radier inaffouillable. Alors partant de nouveau des deux rives à la fois avec une couche de tunage plus forte, on se rejoignait, laissant toujours passer l'eau entre les deux couches, puis chargeant et s'élevant graduellement on finissait par fermer complètement sans érosion d'aucune sorte.

M. Defontaine, disait à ce sujet dans le mémoire déjà cité :

« Pendant la dernière période de son achèvement (barrage en tunages) plus de 300 mètres cubes d'eau passaient par seconde entre la surface supérieure du seuil et la partie flottante de l'ouvrage, avec une chute de plus de 2 m.; les eaux formaient à l'aval une gerbe immense qui faisait craindre au spectateur que le système si frêle en apparence employé pour maîtriser des circonstances aussi prodigieuses ne vint à être tout à fait insuffisant. »

Dans nos travaux du Rhône sous Bex nous sommes partis pour l'une de nos installations de tunage d'un épi, en marchant contre l'aval, et nous avons repris ensuite sur ce même épi en le couvrant et se reliant avec les tunages précédents pour aller

contre l'amont, cet épi se trouvant sur la ligne à l'endroit où commençait le fort courant et étant construit d'une manière particulièrement solide (fig. 12, Pl. 21). Au passage devant chaque épi suivant on détachait une branche nouvelle de tunages, on bifurquait pour le rejoindre et raccourcir ainsi les reliements avec la rive.

En effet, les tunages établis parallèlement au rivage peuvent être plus étroits que les autres, mais ils exigent que de distance en distance on les relie à la rive par des bifurcations semblables à celles de la fig. 6, Pl. 20, lesquelles finissent comme se termine l'ouvrage lui-même par un enracinement dans la rive (fig. 5, Pl. 21).

Ces reliements empêchent en outre que, une fois l'ouvrage submergé, il ne s'établisse un courant par derrière, et ils permettent le colmatage naturel du vide qui reste entre le tunage et la rive. Il est bon de les surélever un peu en approchant de la rive, à la façon des épis, pour mieux rejeter le courant au large.

Épaisseur des couches. L'épaisseur des couches peut beaucoup varier selon la plus ou moins grande solidité qu'on veut donner à l'ouvrage, suivant qu'on veut économiser le bois ou le gravier. En général plus on fait de couches et plus on les fait minces par conséquent, plus le tout sera solide, et ce sera en outre un moyen d'économiser du bois.

Les entrepreneurs peu consciencieux font suivre quelquefois les tressages l'un sur l'autre sans intercalation de bois. Règle générale, jamais les couches de gravier ne doivent dépasser 0^m30.

Section transversale. La largeur en crête du tunage varie naturellement beaucoup; pour une coupure M. Defontaine recommande de donner sept fois la plus grande profondeur du bras; pour une défense de rives, deux fois suffiront, à moins qu'on ne se trouve dans des circonstances particulières. Les talus exposés au fleuve ne seront pas plus raides que 45°; mais les autres pourront se rapprocher davantage de la verticale. Dans la pratique actuelle on réduit encore toutes ces dimensions.

Organisation du premier chantier. Prix de revient.

Vu la nouveauté de ce genre de travail, la presque impossibilité qu'il y aurait eu à trouver des entrepreneurs avec un personnel assez exercé pour présenter des garanties pour les exécuter, les tunages ont été exécutés en régie.

Le chantier a été ouvert le 12 novembre 1887. Pendant une huitaine de jours vingt hommes ont seulement été occupés à couper des bois et à les préparer, en sorte que, au moment de commencer, une réserve était approvisionnée. De ce moment jusqu'à la fin, le 1^{er} mars 1888, le nombre d'ouvriers a été à peu près constant: environ 70, dont une trentaine à la préparation des bois, une dizaine à l'exploitation du gravier, une vingtaine à l'approche des matériaux, alternativement branchages portés à dos, piquets sur civière ou graviers à la brouette, selon les besoins. Cinq ou six exécutaient le travail proprement dit du tunage. En outre un certain nombre de chars ont amené sur place les bois, dès que l'exploitation a été plus éloignée de 2 à 300 mètres, cette distance ayant été jusqu'à 1500 m., et les enrochements pris en grande partie dans l'ancien lit de la Gryonne. Un bateau de sauvetage était amarré en aval du chantier.

Le temps a été exceptionnellement favorable, et malgré la neige tombée ailleurs, nous n'avons eu ici que très peu de jours de chômage. La gelée nous a seule gêné pour l'extraction des graviers.

A l'exploitation du bois, les coupeurs commençaient un premier classement en plaçant derrière eux en diverses petites javelles les bois de catégories différentes. Des collecteurs ramassaient et groupaient en masse les bois des différents choix qui étaient transportés sur le chantier de tunage, ou du moins à proximité immédiate, où ils étaient préparés.

Pour les graviers ils étaient pris en face de l'avancement, dans le glarier de la Vièze (fig. 12, Pl. 21) et passés sur un pont de bateau construit sur deux pontons de l'école du génie de Brügg, et quelques chevalets. Le pont descendant le cours à mesure que le travail avançait, le transport en était raccourci d'autant jusqu'à épuisement de la partie à sec du glarier.

Le prix de revient a été très variable d'un moment à l'autre, suivant la distance des transports, la congélation du gravier, la proportion d'épines rencontrées dans l'exploitation des bois, etc., mais en moyenne prise sur l'ensemble on peut l'évaluer ainsi au m³ de tunage fini, compris l'enrochement supérieur.

D'après les profils relevés il a été exécuté sur environ 400 m. de longueur, avec une largeur en tête de 5 m. et un talus contre la fleuve à 45°, avec 14 reliements de même section et de 5 m. de longueur moyenne, un cube total d'environ 5500 m³.

Le coût a été de 16000 fr. pour journées et transport, et de 2000 fr. pour fournitures, pont, etc., soit 18000 fr.; les bois (environ 15 hectares de taillis) ayant été cédés gratuitement, ainsi que le gravier.

Le prix de revient du m³ est donc de 18000 : 5500 soit 3 fr. 25, ce qui est un peu cher, mais explicable à cause de l'apprentissage qu'il a fallu faire faire à tous.

Les chantiers ont été installés et dirigés pendant deux mois avec beaucoup d'intelligence et d'énergie par M. Betschen, maître digne du canton de Berne que le gouvernement de son canton a bien voulu mettre à la disposition de l'Etat de Vaud pour cette occasion.

V

Il reste maintenant à expérimenter la manière dont se comporteront les tunages pendant les crues de l'été.

Pendant la construction (fig. 12, Pl. 21) le glarier de la Vièze était rongé et chassé en avant par le fleuve étranglé entre lui et la construction nouvelle. A l'étranglement le Rhône non seulement s'élargissait, mais s'approfondissait aussi, augmentant le cube des tunages prévus. Cet approfondissement qui a atteint 0^m80 sous une couche d'eau de 2 m. que deviendra-t-il quand cette couche aura atteint 6 m. d'épaisseur?

Le 10 décembre 1887 une crue importante de 1 m. environ au-dessus de l'étiage n'a pas eu d'effet appréciable, mais outre que les crues de l'été ont 4 m. au lieu de 1, elles ont la durée, que n'a pas eue celle de cet hiver.

Il est certain que les tunages auront considérablement et inégalement tassé. Il est probable que des affouillements se seront produits devant eux sur de certains parcours. Il restera donc à régulariser la surface des tunages, à sonder au-devant et si des affouillements sont constatés à s'en défendre et une autre fois à les empêcher, ou à les éloigner par des talus beaucoup plus

doux ; puis on pourra construire la digue. Un an et une saison de hautes eaux ayant passé, et les réparations nécessaires étant faites, on peut à bon droit espérer que la digue sera solidement fondée et que le but est rempli.

Bex, le 9 mai 1888.

NOTE

SUR LES

GARNITURES EN CUIR DES PISTONS HYDRAULIQUES

par S. ROSA, ingénieur.

(Planche N° 22.)

Quelquefois, les garnitures de pistons hydrauliques se détériorent promptement sans que rien au premier abord paraisse justifier une usure aussi rapide : comme ces pièces sont fort coûteuses il vaut la peine de chercher à se rendre compte, au moins approximativement, des conditions dans lesquelles elles travaillent.

1° *Forme des cuirs.* — La rupture ayant lieu le plus souvent au commencement de la courbure du cuir, il faut éviter les angles vifs et soutenir le mieux possible la manchette soit avec un anneau en cuivre appuyé par des tresses en chanvre bien suiffé (fig. 1 partie de gauche) ; soit de préférence en arrondissant le cuir en demi-cercle et en le remplissant entièrement avec une bague qui sera en bronze pour les petits diamètres et en fonte pour les grands (fig. 1 partie de droite).

La maison Kneller, à Cologne, livre de ces garnitures en gutta-percha à des prix très réduits, mais ayant eu l'occasion d'en essayer une, nous n'en avons pas été entièrement satisfaits.

Maintenant qu'on possède pour les peaux une colle très résistante, les Allemands fabriquent des manchons (fig. 2) dans lesquels les angles vifs n'influent pas sur la résistance : par sa forme même la manchette est bien encastrée dans son alvéole, et cette disposition, qui nous paraît devoir donner de bons résultats, permet d'employer des déchets de cuir à la formation du massif supérieur, ce qui donne lieu à une sérieuse économie.

2° *Efforts de tension et compression dans les fibres du cuir.* — Soit p la pression spécifique à l'intérieur du cylindre ; D le diamètre des surfaces cylindriques en contact du cuir et de la fonte : l'une de ces parties étant mobile nous admettrons pour plus de généralité qu'il existe entre elles une pression spécifique p'

f coefficient de frottement ;

h hauteur utile de la manchette ;

e épaisseur radiale.

Faisons dans le cylindre et le cuir une section droite à la hauteur z (fig. 3) et considérons un élément compris entre deux plans radiaux faisant entre eux l'angle $d\varphi$. Le trapèze élémentaire a pour bases

$$B = \left(\frac{D}{2} + e\right) d\varphi; \quad b = \frac{D}{2} d\varphi \text{ et pour hauteur } e :$$

sa surface sera $dA = \left(\frac{D+e}{2}\right) ed\varphi$.

Cet élément est soumis, parallèlement à l'axe du cylindre, à une poussée uniformément répartie sur la surface, et dont l'intensité dT est proportionnelle à celle-ci.

$dT = p dA$ que nous pouvons admettre concentrée dans le

centre de gravité G lequel se trouve à une distance de la petite base

$$x = \left(\frac{b+2B}{b+B}\right) \frac{e}{3} = \frac{e}{6} \left[\frac{3D+4e}{D+e}\right]$$

3° La poussée radiale dQ sera $dQ = Bdzp - b dzp'$ et le frottement dû à cet effort $= fdQ$:

Dans la section faite à la hauteur z , nous avons (appliqué selon la génératrice du cylindre qui passe par la moitié de b) un effort

$$dF = \int_0^z fdQ = (Bp - bp') \cdot f \cdot z$$

qui augmente avec z ; les éléments les plus fatigués seront donc ceux situés à la partie supérieure, là où $z = h$; dans cet endroit

$$dF = (Bp - bp') f \cdot h = f \frac{h}{2} [(D+2e)p - Dp'] d\varphi.$$

Cette force s'ajoute ou se retranche de dT suivant le sens du mouvement, mais comme elle est excentrée, elle tend en outre à faire tourner le trapèze élémentaire autour d'un axe XX situé dans son plan, passant par le centre de gravité et perpendiculaire à la ligne radiale menée dès ce centre à celui du cylindre.

4° *Plongeur ordinaire de presse ou d'ascenseur.* — Pour ces plongeurs qui marchent du bas en haut (fig. 3) dF s'ajoute à dT et la pression spécifique directe est alors

$$z = \frac{dF + dT}{dA} = p + \frac{f \cdot h [(D+2e)p - Dp']}{e(D+e)} \quad (1)$$

Le moment d'inertie du trapèze élémentaire par rapport à l'axe XX est

$$dJ = \frac{(B-b)^2 + 6Bb}{36(B+b)} \cdot e^3$$

et les modules de section $\frac{dJ}{x}$; $\frac{dJ}{e-x}$ pendant que le moment de la force extérieure dF par rapport au même axe est

$$dM = x dF = s \frac{dJ}{x} = S \frac{dJ}{e-x}$$

s et S représentent respectivement la tension ou compression spécifique qui se produit dans les fibres extrêmes du cuir du côté de la petite base et de la grande.

Par substitution l'on obtient

$$s = \frac{x^2 dF}{dJ} = \frac{1}{2} \frac{(3D+4e)^2}{(D+e)e} \cdot \frac{f \cdot h [(D+2e)p - Dp']}{e^2 + \frac{3}{2} D^2 + 3De} \quad (2)$$

$$S = \frac{1}{2} \frac{(3D+4e)(3D+2e)}{(D+e)e} \cdot \frac{f \cdot h [(D+2e)p - Dp']}{e^2 + \frac{3}{2} D^2 + 3De} \quad (3)$$

La plus grande compression spécifique parallèlement à la génératrice sera alors, du côté de la petite base,

$$t = z + s = p + \frac{6fh[(D+2e)p - Dp'] [3e + 2D]}{e[2e^2 + 3D^2 + 6eD]} \quad (4)$$

et la plus petite, du côté de la grande base,

$$\theta = z - S = p - \frac{6fh[(D+2e)p - Dp'] [D+e]}{e[2e^2 + 3D^2 + 6eD]} \quad (5)$$

Pour ce cas $\theta < t$, mais le cuir est soumis en outre à une compression radiale dont l'intensité est