

**Zeitschrift:** Bulletin technique de la Suisse romande  
**Band:** 53 (1927)  
**Heft:** 11

**Artikel:** Les tuyaux multiondes frettés  
**Autor:** Ferrand, G.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-41061>

### **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:** 14.01.2026

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

purge, qui restitue les eaux au fleuve en aval du barrage, non seulement les dépôts détachés des grilles, mais bien encore tous les sables, graviers, alluvions ou autres qui peuvent se déposer au pied de celles-ci, ce que ne réaliseraient que très imparfaitement des vannes de purge placées sur les parois latérales.

Comme leur nom l'indique, ces vannes ont la forme d'un secteur de cercle et sont constituées par une ossature métallique, fermée de tous côtés par des tôles, mobile autour d'un axe horizontal. Le corps de la vanne peut être rempli d'eau ou d'air suivant qu'on veut fermer ou ouvrir cet organe. C'est une application du principe d'Archimède qui se réalise sans difficulté pour la fermeture; par contre, des phénomènes dynamiques tendent à contrecarrer l'ouverture de la vanne qui a été assurée par un treuil à commande électrique. L'effort maximum se produit, non pas au moment du décollement, mais peu après, lorsque la chasse d'eau est suffisante pour créer un vide relatif derrière la vanne et l'empêcher de remonter d'elle-même.

On remarquera sur les coupes en travers de l'usine, (fig. 3) combien ces dispositions, grilles presque verticales, et vannes à secteur, ont permis de raccourcir et de simplifier les ouvrages d'entrée. Ceux-ci ont été conçus de manière à assurer autant que possible le parallélisme des filets liquides par une entrée normale de l'eau dans les chambres de turbines et en réduisant au minimum les tourbillons et les contre-courants. Ce résultat a été obtenu entre autres en évitant toute chicane ou obstacle pouvant modifier la section de passage de l'eau et en arrondissant soigneusement les avant-becs des piliers de séparation des chambres. Dans le même ordre d'idées, la section des barreaux des grilles fines est en forme de poisson, ce qui réduit sensiblement la perte de charge au passage des grilles. Cette perte qui a été mesurée, n'atteint pas 2 cm pour un débit de 100 m<sup>3</sup>/sec.

Pour diminuer l'effort de soulèvement, et par conséquent la puissance des treuils des vannes d'entrée des chambres de turbine, les deux vannes d'une même chambre ne sont pas identiques. Celle de droite est en deux parties, celle de gauche, en une seule. Pour introduire l'eau dans une chambre de turbine mise à sec, on entr'ouvre d'abord la partie supérieure de la vanne droite jusqu'à ce que la chambre soit remplie; dès ce moment, la partie inférieure de la vanne droite qui se verrouille à sa partie supérieure, ou la vanne gauche entière, peuvent être soulevées avec un effort très réduit, puisque la poussée de l'eau d'amont a été supprimée. Cette mesure et le choix convenable des vitesses de soulèvement ont permis d'adopter une puissance de moteur de 22 chevaux sous 720 tours pour tous les treuils des vannes d'entrée des chambres de turbine.

(A suivre.)

## Les tuyaux multiondes frettés

par G. FERRAND

administrateur-délégué de la Société dauphinoise d'études et de montage, à Grenoble. <sup>1</sup>

### I. Généralités.

En matière de construction d'usines hydro-électriques de grandes puissances et de hautes chutes, l'établissement des conduites forcées constitue généralement la partie la plus coûteuse de l'installation. Il est donc naturel de rechercher les solutions économiques.

Or, les moyens dont disposent les constructeurs, obligent le plus souvent l'ingénieur maître de l'œuvre à fractionner, en plusieurs conduites, la section totale nécessaire. Ce fractionnement, s'il procure quelquefois une sécurité et une souplesse d'exploitation plus effectives, constitue une dépense supplémentaire extrêmement élevée.

Pour un débit et un rendement déterminés, deux conduites pèsent plus qu'une seule. Le nombre des tuyaux étant deux fois plus grand oblige à des manutentions deux fois plus importantes, tant pour le transport que pour le montage. Les travaux accessoires de terrassement et de maçonnerie sont également plus importants. Pour toutes ces raisons, il est avantageux, au point de vue économique, de réduire au minimum le nombre de conduites d'une installation déterminée. Les tuyaux *multiondes* frettés, breveté S. G. D. G. en France et à l'étranger, constituent à ce point de vue un perfectionnement très intéressant.

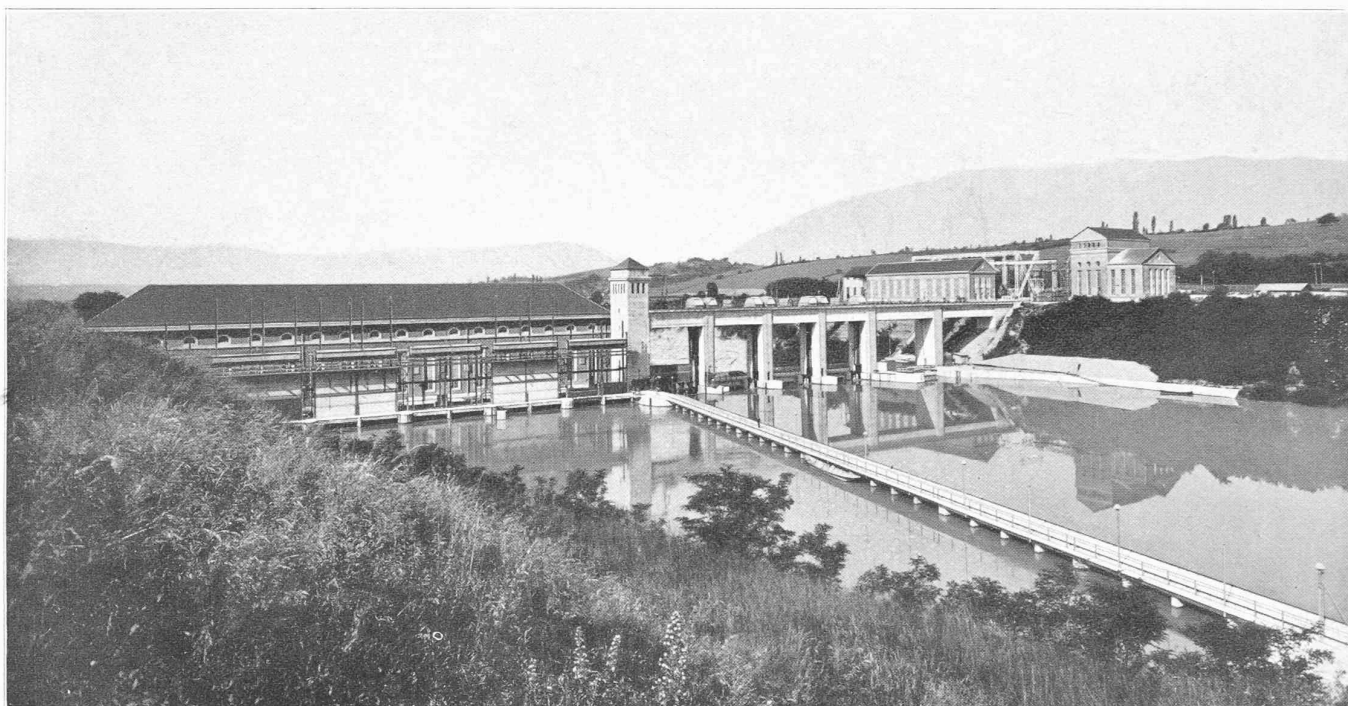
L'emploi de ce système de tuyau permet la construction de conduites pratiquement irréalisables avec les moyens actuellement connus et d'obtenir sur les installations courantes une économie très appréciable. Les tuyaux multiondes frettés sont, en effet, de fabrication très simple et permettent, d'autre part, de construire des conduites beaucoup plus légères qu'avec les systèmes de tuyaux habituellement employés.

### II. Description.

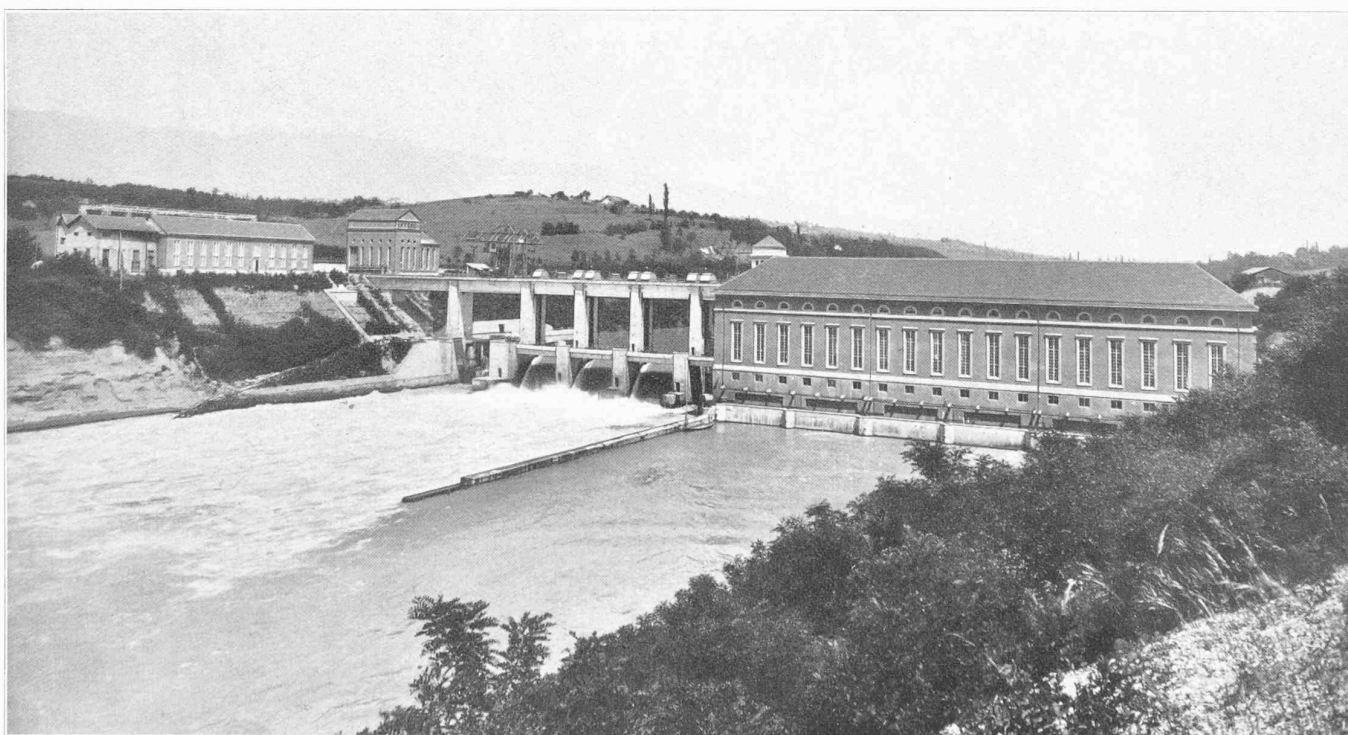
Les tuyaux multiondes frettés sont essentiellement composés d'un tube, par exemple, en tôle d'acier extra doux soudée au gaz à l'eau, ou en acier sans soudure comme on en emploie dans les installations courantes. Sur ce tuyau formant paroi, des frettes en acier spécial extra-résistant, laminées d'une pièce, sans soudure, sont disposées à intervalles réguliers et entre deux frettes consécutives, la paroi est légèrement ondulée.

La forme courbe de la paroi permet, avec une épaisseur relativement faible, de constituer des conduites très résistantes. L'influence des ondulations sur le rendement hydraulique d'une conduite ainsi constituée est pratiquement négligeable. On conçoit, en effet, que le rapport de la profondeur des ondulations au diamètre du tuyau étant très petit par construction, la perturbation apportée par les ondulations dans la circulation normale des

<sup>1</sup> 159, Cours Berriat.



Vue générale d'amont.



Vue générale d'aval.

L'USINE HYDRO-ÉLECTRIQUE DE CHANCY-POUGNY, SUR LE RHONE

Construite par la *Banque Suisse des Chemins de fer*.

Photos *F. H. Jullien, Genève*.

Seite / page

leer / vide /  
blank

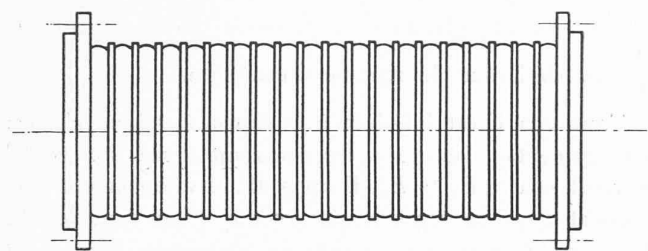


Fig. 1. — Tuyau multionde fretté.

filets liquides n'est pas supérieure à celle résultant des recouvrements des viroles de conduites composées avec des tuyaux rivés. (Fig. 1 et 2.)

D'ailleurs, dans le cas où les valeurs relatives de la profondeur des ondulations et du diamètre du tuyau pourraient faire craindre des pertes de charge anormales, il serait toujours possible de disposer à l'intérieur du tuyau une chemise unie en tôle mince.

Des essais effectués en 1926 au laboratoire de la Société Hydrotechnique de France ont permis de constater que, pour les vitesses normalement usitées, les pertes de charge dans un tuyau ondulé étaient de 1,27 fois les pertes de charge dans un tuyau lisse de même diamètre. Sur les tuyaux essayés, on avait à dessein exagéré la profondeur des ondulations qui était les 54/1000<sup>e</sup> environ du diamètre. Des essais comparatifs entre tuyaux rivés et tuyaux lisses ont également fait ressortir que les pertes de charge dans les tuyaux rivés étaient de 1,26 fois celles des tuyaux lisses.

Si, d'autre part, on remarque que la profondeur des ondulations pratiquement admise est voisine de 75/10 000<sup>e</sup> du diamètre, on peut en déduire que l'influence des ondulations sur le rendement hydraulique du tuyau multionde est pratiquement négligeable.

### III. Calcul.

La pratique et les résultats de l'expérience jouent un rôle important dans la détermination de l'écartement à donner aux frettes. Un autre facteur permet également de fixer la limite supérieure de cet écartement.

On se fixe généralement pour la pression normale de marche le taux de travail de la paroi (dans le cas où elle est constituée par un tube soudé au gaz à l'eau, on adopte :  $R = 8 \text{ kg/mm}^2$ ). On connaît  $p$ , on connaît  $e$  dont la valeur généralement adoptée est :

$$e = \frac{E}{2}$$

$p$  = pression intérieure ;

$e$  = épaisseur de la paroi ;

$E$  = épaisseur de la sphère de rayon égal au rayon de courbure tangentiel de l'ondulation en son milieu, et capable de la pression  $p$  avec une fatigue  $R$ .

On peut donc calculer le rayon de courbure méridien de l'ondulation.

On peut ensuite se fixer la valeur de la flèche ou profondeur de l'ondulation qui, au point de vue du rendement hydraulique, ne doit pas dépasser une certaine fraction du diamètre. De ces valeurs de la flèche et du rayon de courbure, on déduit la valeur de la corde et, par conséquent, l'écartement des frettes. On vérifie alors que pour ce tracé de l'ondulation, les fatigues correspondant aux allongements, tant méridiens que tangentiels, ne donnent pas dans la paroi au moment de l'auto-frettage (voir « Construction ») des valeurs dangereuses.

Les tuyaux multiondes frettés s'emploient dans la construction de toutes tuyauteries, enveloppes et réservoirs cylindriques destinés à être soumis à des pressions intérieures élevées. Toutefois, l'application la plus intéressante en est faite dans la construction des conduites forcées pour hautes chutes.

Pour l'installation de conduites comportant l'emploi de tuyaux multiondes frettés, on adopte la « méthode suisse » qui consiste on le sait, à ancrer tous les coudes. Mais, contrairement à ce qui se fait habituellement, l'emploi de joints de dilatation n'est pas nécessaire.

Pour tous les tuyaux d'un même tronçon droit, situé entre deux coudes, on adopte une épaisseur de paroi uniforme et on fait varier, s'il y a lieu, l'écartement des frettes avec la pression. D'après la théorie habituelle de la « méthode française » on sait que la fatigue maximum du métal dans une conduite rectiligne d'épaisseur uniforme ancrée à ses extrémités est de l'ordre de  $7 \text{ kg/mm}^2$  pour une variation de température de  $\pm 30^\circ \text{C}$ . Cette valeur limite de la fatigue du métal ne sera jamais atteinte, car les ondulations assurent à la conduite une grande élasticité dans le sens longitudinal et permettent de supprimer, en toute quiétude, les joints de dilatation, organes toujours coûteux et délicats.

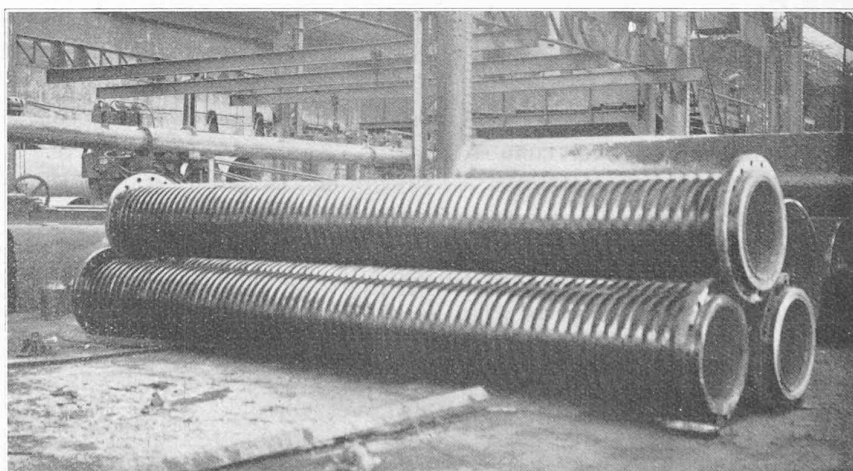


Fig. 2. — Tuyaux multiondes frettés pour la chute des Sept Laux (Société générale de Force et Lumière).  
Diamètre : 600 mm. Hauteur de la chute : 1050 m.



#### IV. Construction des tuyaux multiondes frettés.

La construction des tuyaux multiondes frettés est des plus simple et repose sur le principe de l'auto-frettage.

Le tuyau paroi est exécuté par les méthodes habituelles (soudé au gaz à l'eau, étiré sans soudure, etc...) Les frettes sont introduites sur celui-ci et placées à l'écartement donné par le calcul. Les diamètres du tuyau et des frettes sont établis de telle façon que les frettes se placent à froid sur le tuyau, sans peine et sans recourir à un dispositif spécial ; par conséquent, avec un léger jeu que pratiquement on s'attache à diminuer autant que possible.

L'ensemble est placé entre les deux plateaux d'une presse hydraulique d'épreuve et après exécution, aux extrémités, des joints d'étanchéité nécessaires, on soumet progressivement le tuyau à une pression que l'on arrête généralement à deux fois et demie la pression normale de marche. Cette pression maximum s'appelle « pression de frettage ».

Sous l'action de la pression croissante, la paroi s'allonge,

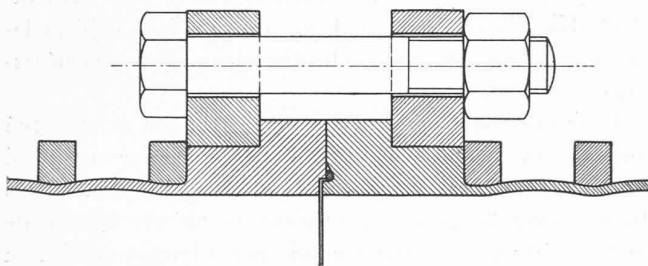


Fig. 3. — Joint d'une conduite en tuyaux multiondes frettés.  
Diamètre : 600 mm. Hauteur de la chute : 1050 m.

commence, d'abord par plaquer contre les frettes et prend ensuite entre celles-ci la forme d'un arc.

Pendant cette opération de frettage, la limite élastique de la tôle est dépassée et la déformation de la paroi est une déformation permanente. C'est ce principe même (ainsi que nous le verrons plus loin) qui fait que ce mode de fabrication donne automatiquement sur un tuyau qui a résisté à cette opération, un coefficient de sécurité absolument certain de 2,5 par rapport à la limite élastique du métal, ce qui est énorme. La pression de frettage est maintenue pendant 5 minutes.

Cette phase de la construction des tuyaux multiondes frettés constitue donc une véritable épreuve hydraulique du tuyau avec une surpression de 150 % par rapport à la pression de marche. Elle fournit donc une garantie extrêmement importante. On peut, en effet, avoir l'assurance qu'un tuyau ayant résisté aux épreuves ci-dessus, ne court aucun risque, tant que la pression intérieure n'atteindra pas la pression de frettage. Cela découle des propriétés de l'auto-frettage qui dérivent elles-mêmes de la théorie du déplacement de la limite élastique. Nous rappelons succinctement cette théorie.

Considérons un prisme de hauteur et de section égales à l'unité ; soumettons-le à un effort  $F$  parallèle

à son axe longitudinal on constate un allongement  $\frac{F}{M}$ ,  $M$  désignant le module d'élasticité.

Tant que  $F$  est inférieur à la limite élastique  $E_0$ , les allongements élastiques disparaissent avec  $F$ . Si  $F$  devient égal à  $E_1 > E_0$ , il apparaît un allongement permanent  $\omega$  qui ne disparaît pas avec  $F$ . Si on supprime  $F$ , le prisme déformé et qui a subi un allongement permanent  $\omega$ , a pour nouvelle limite élastique  $E_1$ , le module d'élasticité  $M$  restant le même.

En conséquence, si l'on soumet à nouveau le prisme à des efforts  $F$  inférieurs à  $E_1$ , l'allongement  $\alpha$  sera encore

$$\alpha = \frac{F}{M}.$$

*Principe de l'auto-frettage.* — Si dans un tube primitivement homogène on développe des pressions croissantes, les allongements dans les couches successives, d'abord élastiques, varient en sens inverse du rayon des diverses couches considérées. Ils ont, par suite, leur plus grande valeur à la surface interne du tube.

Pour une valeur suffisante de la pression intérieure, il se produit des déformations permanentes. Elles se produisent au début, dans les couches voisines de la surface interne et progressent vers l'extérieur en même temps que monte la pression intérieure. Pour une valeur encore plus élevée de cette pression, les allongements permanents s'étendent au tube entier.

Ces déformations permanentes vont donc en diminuant de grandeur relative de l'intérieur à l'extérieur. Il s'ensuit qu'après suppression de la pression intérieure, le tube au repos se trouve dans un état d'équilibre tel que chaque couche tend à comprimer celle qui lui est intérieure et à être comprimée par celle qui lui est extérieure. On obtient donc un tube identique à celui qui serait composé d'une série de frettes minces concentriques emboîtées avec serrage les unes dans les autres.

Cet état spécial constitue ce qu'on appelle l'auto-frettage.

Dans un tuyau de ce genre, la limite élastique de chaque couche, primitivement égale à  $E_0$ , prend une nouvelle valeur, fonction de la déformation permanente de la couche et par conséquent variable d'une couche à l'autre. Cette nouvelle valeur est évidemment fonction de la pression intérieure dite pression d'auto-frettage ou pression de frettage.

Si, la pression de frettage ayant été supprimée, sans qu'il se produise de nouvel allongement permanent, on soumet à nouveau le tube à une pression intérieure inférieure à la pression de frettage, il ne se produira dans le tube que des déformations élastiques. Si cette nouvelle pression est à nouveau ramenée, sans la dépasser, à la valeur de la pression de frettage, les diverses couches de la paroi travailleront à leur limite élastique.

Si cette pression de frettage était dépassée à nouveau, on constituerait un tube dont les couches extérieures

auraient une nouvelle limite élastique. Donc si la *puissance élastique d'un tube* est représentée par la *pression maximum admissible dans ce tube*, on peut dire que :

*La puissance d'un tube auto-fretté par pression intérieure est égale à la pression d'auto-frettage.*

*Assemblage des tuyaux entre eux.* —

On emploie les moyens habituellement utilisés pour les tuyaux soudés au gaz à l'eau : couvre-joints rivés ou brides. Toutefois, le tuyau fretté étant par destination, employé pour les hautes pressions, le deuxième mode d'assemblage est le plus souvent préféré au premier parce que se prêtant plus facilement aux dispositions particulières nécessitées par la valeur de la pression de marche.

A titre d'exemple, la figure 3 indique le joint à brides utilisé pour la construction d'une conduite en tuyaux multiondes frettés de 600 mm de diamètre intérieur, pour pression normale de marche de 1050 m.

La paroi en tuyau soudé au gaz à l'eau avait 10 mm d'épaisseur et les frettes en acier extra-dur traité de  $30 \times 37$  étaient espacées de 100 mm. Les tuyaux ainsi constitués qui devaient supporter une pression normale de marche de 105 kg/cm<sup>2</sup>, ont été éprouvés en usine à 260 kg/cm<sup>2</sup>. Une conduite de même diamètre en tuyaux soudés aurait eu 40 mm d'épaisseur.

La figure 4 indique une jonction à brides étudiée pour une conduite de 1 m 40 de diamètre et 1750 mètres de chute.

*Possibilité de fabriquer en série.* — Ainsi que nous l'avons indiqué plus haut, la fabrication des tuyaux multiondes est d'une grande simplicité. Un autre avantage du système qui n'apparaît pas immédiatement, c'est qu'il permet la fabrication en série des conduites forcées.

Dans le cas de conduites forcées construites avec des tuyaux ordinaires, les épaisseurs augmentent très rapidement avec la hauteur de chute, si bien que d'une façon générale le nombre de tuyaux semblables est insignifiant. Avec l'emploi de tuyaux multiondes frettés, il est possible d'adopter sur de grandes longueurs de conduites une même épaisseur de paroi et un même type de frettes. On fait alors varier leur résistance avec la hauteur de chute en écartant plus ou moins les frettes.

#### V. Conclusion.

Les indications succinctes qui précèdent permettront au lecteur de se rendre compte des nombreux avantages que l'on trouvera dans l'emploi des tubes de ce système qui jouit également de tous les avantages connus des tuyaux frettés ordinaires à paroi droite.

En dehors de leur faculté de rendre possible la construction de certaines chutes qui jusqu'à ce jour devaient être considérées comme irréalisables, à un prix convenable, par les moyens ordinaires dont disposent les

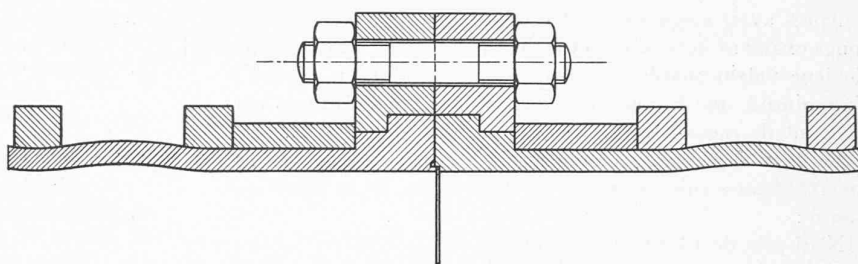


Fig. 4. — Joint d'une conduite en tuyaux multiondes frettés.  
Diamètre : 1400 mm. Hauteur de la chute : 1750 m.

constructeurs, l'emploi de ces tuyaux permet aussi de réaliser une économie importante sur les poids et les prix en usine ainsi que sur les transports, camionnage et montage des conduites forcées courantes ou même, le cas échéant, dans la transformation de canalisations existantes.

### Concours d'Architectes pour l'Edification d'un Palais de la Société des Nations.

#### Rapport du Jury.

L'appel que la Société des Nations a adressé aux architectes ressortissants de tous ses Etats membres, en les invitant à prêter le concours de leur talent à une entreprise architecturale des plus importante, a été largement entendu.

Trois cent soixante-dix-sept architectes ont pris part au concours et envoyé des milliers de dessins dans lesquels ils ont exprimé leurs idées sous une forme aussi pratique qu'artistique et digne de l'objet envisagé. Bien que ces idées n'aient pas été poussées jusqu'à la perfection, les projets présentent cependant une grande richesse d'indications précieuses et de trouvailles originales.

Le Jury adresse ses remerciements à tous les architectes pour le vif intérêt et la somme considérable de travail et d'efforts qu'ils ont consacrés à leurs projets.

La mission du Jury a été définie clairement dans le programme et règlement. Il s'est acquitté de cette mission par un travail qui a duré presque six semaines. Il s'est efforcé, en première ligne, de justifier la confiance des architectes concurrents, en contrôlant soigneusement les envois reçus, en vérifiant jusqu'au contenu des caisses et en surveillant le placement des plans.

Le Jury s'est d'abord attaché à porter son jugement en se conformant strictement au programme et au règlement. Il s'est assuré, en premier lieu, que les conditions matérielles du programme et règlement se trouvaient remplies. Il a passé ensuite à l'étude des projets et à l'examen de leurs qualités architecturales et artistiques, au point de vue de l'emplacement, de la circulation à l'extérieur et à l'intérieur des bâtiments, de la disposition et de la forme des locaux, de la construction, du développement harmonieux et logique de l'architecture.

Le Jury s'est trouvé en présence d'une richesse extraordinaire d'idées, mais, à son vif regret, il a dû constater que sa mission lui a été rendue difficile du fait qu'une proportion considérable de concurrents n'avaient pas suffisamment tenu compte des conditions matérielles exigées par le programme et règlement. En ce qui concerne la réalisation du programme, le fait que les projets présentent des divergences radicales dans la façon de comprendre la haute tâche qui était proposée s'explique par la phase d'évolution dans laquelle se trouve actuellement l'architecture contemporaine.