

Contribution à l'étude des branchements des conduites forcées en acier et descriptions de méthodes d'exécution

Autor(en): **Chevalley, A.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin technique de la Suisse romande**

Band (Jahr): **87 (1961)**

Heft 1

PDF erstellt am: **08.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-65015>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

BULLETIN TECHNIQUE DE LA SUISSE ROMANDE

paraissant tous les 15 jours

ORGANE OFFICIEL

de la Société suisse des ingénieurs et des architectes
de la Société vaudoise des ingénieurs et des architectes (S.V.I.A.)
de la Section genevoise de la S.I.A.
de l'Association des anciens élèves de l'EPUL (Ecole polytechnique
de l'Université de Lausanne)
et des Groupes romands des anciens élèves de l'E.P.F. (Ecole
polytechnique fédérale de Zurich)

COMITÉ DE PATRONAGE

Président: J. Calame, ing. à Genève
Vice-président: E. d'Okolski, arch. à Lausanne
Secrétaire: S. Rieben, ing. à Genève

Membres:

Fribourg: H. Gicot, ing.; M. Waeber, arch.
Genève: G. Bovet, ing.; Cl. Grosгурin, arch.; E. Martin, arch.
Neuchâtel: J. Béguin, arch.; R. Guye, ing.
Valais: G. de Kalbermatten, ing.; D. Burgener, arch.
Vaud: A. Chevalley, ing.; A. Gardel, ing.;
M. Renaud, ing.; Ch. Thévenaz, arch.

CONSEIL D'ADMINISTRATION

de la Société anonyme du « Bulletin technique »
Président: D. Bonnard, ing.
Membres: M. Bridel; J. Favre, arch.; R. Neeser, ing.; A. Robert, ing.;
J. P. Stucky, ing.
Adresse: Avenue de la Gare 10, Lausanne

RÉDACTION

Vacat
Rédaction et Editions de la S. A. du « Bulletin technique »
Tirés à part, renseignements
Avenue de Cour 27, Lausanne

ABONNEMENTS

1 an	Suisse	Fr. 28.—	Etranger	Fr. 32.—
Sociétaires	»	» 23.—	»	» 28.—
Prix du numéro	»	» 1.60		

Chèques postaux: « Bulletin technique de la Suisse romande »,
N° II 57 75, Lausanne

Adresser toutes communications concernant abonnement, changements
d'adresse, expédition, etc., à: Imprimerie La Concorde, Terreaux 29,
Lausanne

ANNONCES

Tarif des annonces:	
1/1 page	Fr. 290.—
1/2 »	» 150.—
1/4 »	» 75.—
1/8 »	» 37.50

Adresse: Annonces Suisses S. A.
Place Bel-Air 2. Tél. (021) 22 33 26. Lausanne et succursales

**SOMMAIRE**

Contribution à l'étude des branchements des conduites forcées en acier et descriptions de méthodes d'exécution, par M. le Dr h. c. A. Chevalley, ingénieur en chef auprès de Giovanola Frères S.A., Monthey.
Actualité aéronautique (XXVI). — Bibliographie. — Les congrès. — Société vaudoise des ingénieurs et des architectes. Carnet des concours. — Documentation générale. — Informations diverses.

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DES BRANCHEMENTS DES CONDUITES FORCÉES EN ACIER ET DESCRIPTIONS DE MÉTHODES D'EXÉCUTION

par M. le Dr h. c. A. CHEVALLEY, ingénieur en chef auprès de Giovanola Frères S. A., Monthey.

Avant-propos

Nous désirons tout d'abord renseigner les techniciens sur un fait très probablement peu connu dans les milieux intéressés, soit le suivant :

Il existe un Comité européen de la chaudronnerie et de la tôlerie, « CECT », dont la Suisse fait partie par l'intermédiaire de l'Association suisse des constructeurs de machines. Cette association a créé un groupe de travail des conduites forcées en acier. Ce groupe avait pour première tâche l'élaboration de : Directives générales pour l'étude, la fabrication et le montage de conduites forcées en acier.

Nous précisons bien qu'il s'agit de directives et non pas de prescriptions. Ces directives seront d'une très grande utilité pour les maîtres d'œuvres, pour leurs représentants ainsi que pour les fournisseurs.

La délégation suisse a été chargée de l'étude d'un projet élaboré en allemand et en français; celui-ci a été transmis aux membres du CECT et discuté à Bruxelles le 26 septembre 1958; ceci fait, le Comité européen a convoqué les

délégations les 15 et 16 juin 1959, à Grenoble, dans le but de fixer un texte définitif.

Étaient représentées : la France, l'Italie, l'Allemagne, la Belgique et la Suisse. La rencontre était présidée avec infiniment de tact et de gentillesse par M. le Dr ing. Hugo Bellometti, de Turin. La maison Bouchayer et Viallet a droit à toute la reconnaissance des délégations pour l'organisation des journées des 15 et 16 juin et pour la façon charmante avec laquelle les participants ont été reçus.

Après des discussions animées et très intéressantes, le texte définitif en français a été adopté par toutes les délégations présentes.

Le groupe de travail s'est occupé entre autres d'un point de linguistique que nous tenons à signaler.

La Suisse avait proposé de remplacer le mot collecteur, par lequel on entend les parties inférieures des conduites forcées qui distribuent l'eau aux diverses machines, par distributrice, au féminin, ce qui aurait correspondu exactement à l'expression allemande Verteilleitung. Toutefois, un constructeur français de turbines a fait observer que

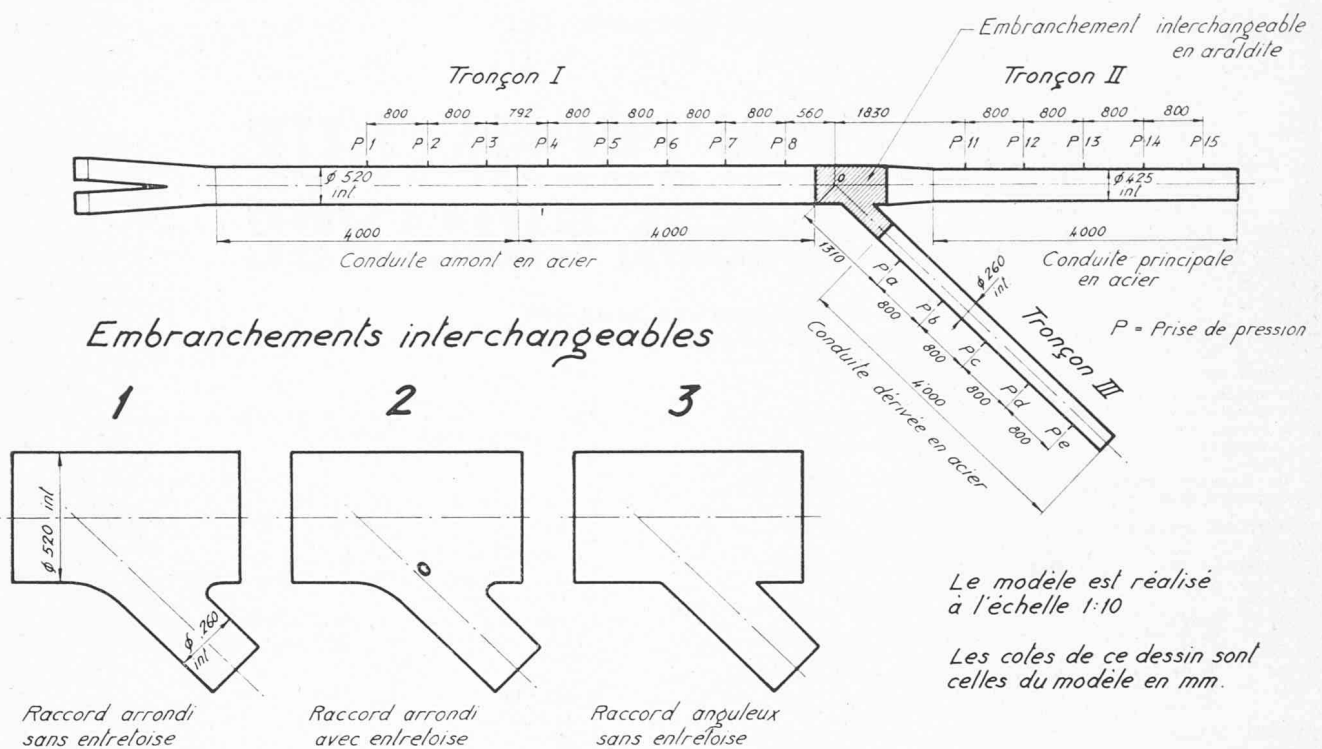


Fig. 1. — Disposition générale pour la détermination des pertes de charge de trois formes de branchement.

« distributrice » et « distributeur » se trouvent déjà dans la nomenclature des pièces des turbines hydrauliques. En définitive, les délégations ont adopté le mot « répartiteur » dans le cas de la répartition de l'eau aux turbines, tout en conservant le mot collecteur pour les installations de pompage où la partie inférieure des conduites de refoulement reçoit l'apport de plusieurs pompes.

Dans le cas d'une conduite correspondant à une seule turbine ou à une pompe, il n'y a plus ni répartiteur ni collecteur. Il nous paraît que les deux mots répartiteur et collecteur seront ainsi à leur place; ils désigneront bien les fonctions des parties ainsi nommées. Nous engageons tous les intéressés à consacrer le terme nouveau et le mot ancien en les utilisant à propos.

Les branchements étant les points principaux des conduites forcées des répartiteurs et des collecteurs, nous nous sommes permis une digression dans le domaine de l'organisation européenne et de la linguistique.

On entend par branchement le point d'une conduite, d'un répartiteur ou d'un collecteur d'où se détache une conduite secondaire. Les branchements dans lesquels une conduite se divise en deux ou même en trois conduites secondaires sont des cas particuliers du cas général.

Nous examinerons tout d'abord la forme à donner aux branchements et ensuite leur construction.

I. Forme des branchements

Quel est le point de vue qu'il convient d'examiner tout d'abord dans un branchement? C'est la forme intérieure des surfaces de raccordement d'où dépend la perte de charge. Il est évident que dans un branchement la perte de charge n'est pas seulement produite par le frottement du liquide contre les parois, mais aussi par les changements plus ou moins brusques dans la direction des filets liquides et par les mouvements tourbillonnaires qui se produisent au moment où certaines

machines sont en marche et d'autres au repos. La déviation plus ou moins brusque des filets liquides dépend également de l'angle α formé par l'axe du tuyau principal et celui du branchement. Cet angle est toujours plus petit que 90° , puisqu'il doit être mesuré sur les branches aval des axes.

La grandeur de cet angle se situe presque toujours dans une zone voisine de 45° , cela pour des raisons de construction. Les trois modèles de branchements essayés en laboratoire dont nous parlons ci-après sont construits avec l'angle α d'environ 46° .

A notre avis, on n'attache pas assez d'importance à la perte de charge dans les branchements; on compare le plus souvent les prix des répartiteurs qui sont proposés, sans se préoccuper beaucoup des pertes de charge. Or, celles-ci sont loin d'être négligeables. Nous verrons qu'elles peuvent varier dans la proportion de 1 à 17 suivant la forme donnée aux surfaces de raccordement.

Pour un projet hydro-électrique très important, la maison Giovanola a construit trois modèles de branchements, dont les pertes de charge ont été déterminées par le Laboratoire d'hydraulique de l'École polytechnique de l'Université de Lausanne en mai 1958, sous la direction de M. le professeur DANIEL BONNARD, ingénieur. Le répartiteur de l'installation en question, soumis à une pression statique de 280 m environ, comprend quatre turbines; les branchements correspondants ont les diamètres suivants: 6,000/2,600 m, 5,200/2,600 m, 4,250/2,600 m; un coude de 3,000 m de diamètre alimente la quatrième turbine. La direction des conduites dérivées forme un angle réel d'environ $46^\circ 21'$ avec l'axe de la conduite principale. Le débit est de $144 \text{ m}^3/\text{seconde}$, soit $36 \text{ m}^3/\text{seconde}$ pour chaque turbine. (Voir fig. 1.) Les trois modèles d'embranchement ont été construits à l'échelle de 1:10 pour le branchement central 5,200/2,600. Les corps de modèle avaient donc 520 mm de

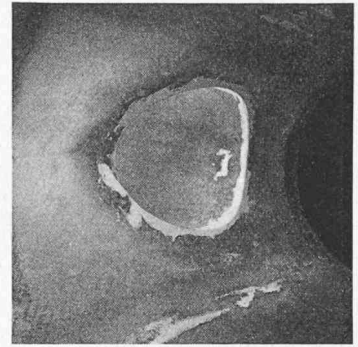
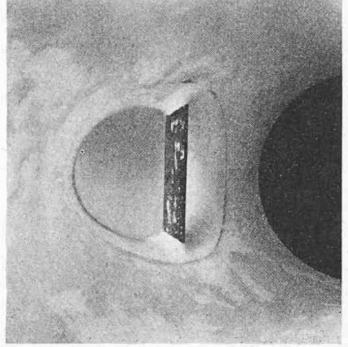
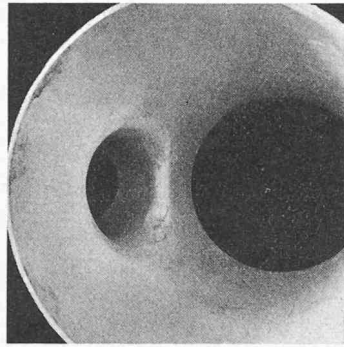
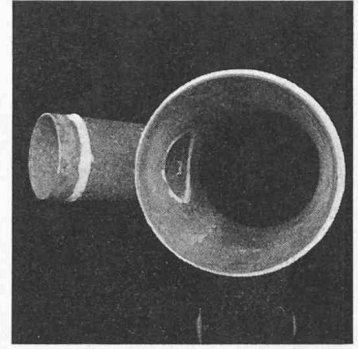
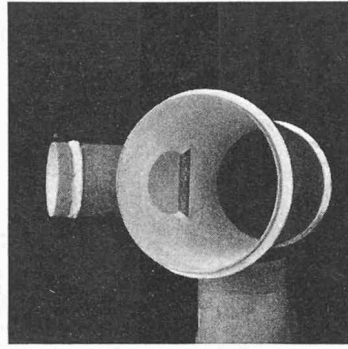
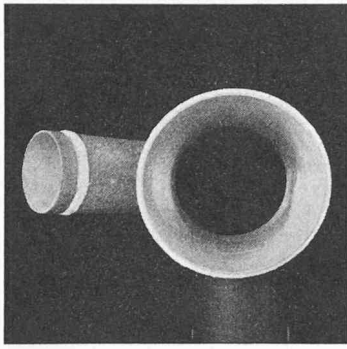
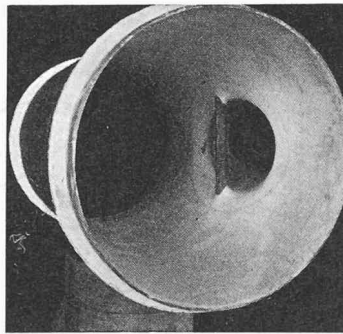
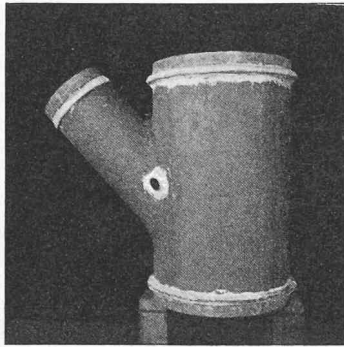


Fig. 2.
Modèle 1 : raccord arrondi sans entretoise.

Modèle 2 : raccord arrondi avec entretoise.

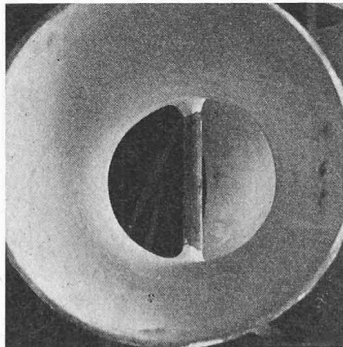
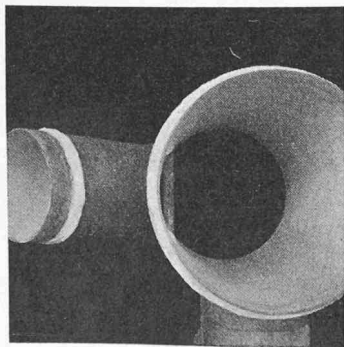
Modèle 3 : raccord anguleux sans entretoise.

Fig. 3. — Modèle 2 : raccord arrondi avec entretoise.



Vue générale du branchement.

Vue de l'amont.



Vue de l'aval.

Vue de la dérivation.

diamètre intérieur et la dérivation 260 mm. Ces trois modèles ont été construits en araldite avec l'aide de la Société pour l'industrie chimique CIBA, Usine de Monthey, à laquelle nous adressons nos meilleurs remerciements pour sa collaboration (voir fig. 2 et 3).

Un soin tout particulier a été apporté aux extrémités des trois modèles, de façon que tous se raccordent parfaitement avec les conduites adjacentes. En effet il est nécessaire, pour ces essais, de disposer en amont et en aval du modèle de très longues conduites (celles-ci en acier).

Le modèle n° 1 comportait un embranchement avec grandes surfaces de raccordement correspondant, à l'échelle, à un rayon de courbure d'environ 1,70 m sur la moitié amont, pour aller en se rétrécissant de 1,70 m à 0,30 m sur la moitié aval.

Le modèle n° 2 comportait les mêmes arrondis que le modèle n° 1, mais avait en plus une entretoise médiane correspondant en grandeur réelle à une section elliptique de 500/320 mm, soit 1260 cm². Cette entretoise était motivée par les très grandes dimensions et la résistance des raidissements nécessaires ; il était donc aussi indispensable de déterminer l'influence de cette entretoise sur les pertes de charge.

Le modèle n° 3 était constitué par la pénétration des deux cylindres de 520 mm et 260 mm avec des arrondis correspondant simplement à l'épaisseur des tôles.

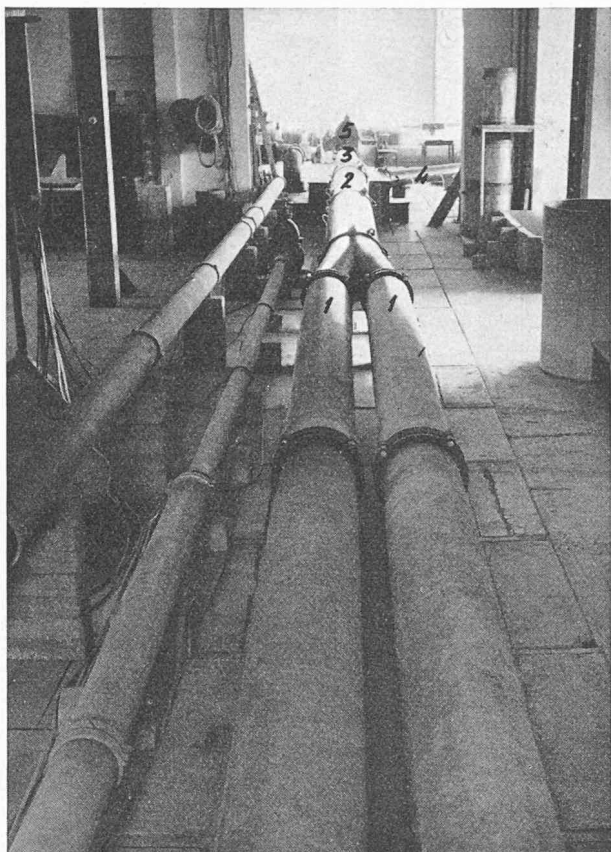


Fig. 4.

La perte de charge à déterminer est celle provenant de la forme du branchement à l'exclusion de celle résultant des simples frottements aux parois, elle est définie comme étant la hauteur mesurée au droit de l'intersection des axes des conduites entre le prolongement de la ligne de charge amont et celui de la ligne de charge aval. La ligne de charge, le long des conduites en acier, est obtenue en ajoutant à la ligne piézométrique mesurée l'énergie cinétique. Pour le tronçon II, on tient compte de la diminution de section de la conduite.

L'essai exigeait la disposition complète de la halle, ainsi qu'un débit de 342 litres/seconde pour le tronçon I, divisé en 228 et 114 litres pour les tronçons II et III.

La longueur totale des conduites en acier et du modèle était d'environ 21 m et celle des conduites de 300 mm en Eternit de 82 m environ, y compris 6 vannes de réglage et de vidange. L'essai exigeait aussi 4 batteries de tubes piézométriques (voir fig. 4 et 4 bis).

Pour chacun des trois modèles, il a été étudié trois types d'écoulement :

- Écoulement principal dans I et II correspondant à $72 \text{ m}^3/\text{seconde}$ (branchement III fermé).
- Écoulement dans III correspondant à $36 \text{ m}^3/\text{seconde}$ (conduite II fermée).
- Écoulement simultané I, II, III correspondant au débit de $108 \text{ m}^3/\text{seconde}$ pour I, $72 \text{ m}^3/\text{seconde}$ pour II et $36 \text{ m}^3/\text{seconde}$ pour III.

Si nous prenons un point P_8 situé sur I à 5,60 m en amont du point O (point O , rencontre des deux axes), un point P_{11} situé à 18,30 m en aval de O sur la branche II et un point P_c situé sur la branche III à 29,10 m de distance de O , les pertes de charge brutes entre les points P_8-P_{11} et P_8-P_c sont données dans le tableau ci-contre.

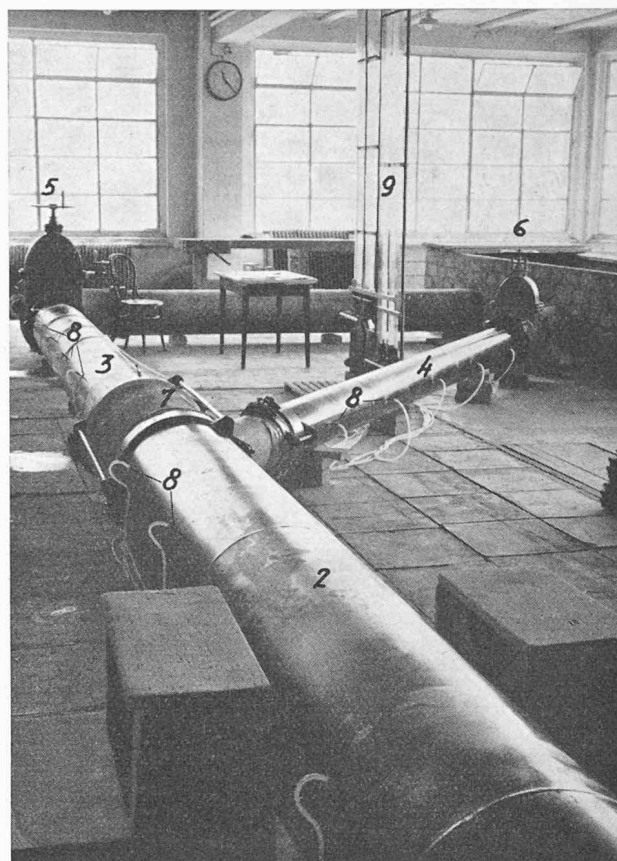


TABLEAU N° 1

Modèles	Ecoulements	Débits		Pertes de charge	
		Tronçon II m^3/s	Tronçon III m^3/s	Entre P_8 et P_{11} m	Entre P_8 et P_c m
N° 1	a)	72	—	0,08	—
	b)	—	36	—	0,73
	c)	72	36	0,08	0,73
N° 2	a)	72	—	0,08	—
	b)	—	36	—	0,85
	c)	72	36	0,08	0,85
N° 3	a)	72	—	0,08	—
	b)	—	36	—	1,67
	c)	72	36	0,08	1,18

Afin d'obtenir des résultats réguliers, les mesures ont été faites pour des débits passant d'environ 10 % en moins jusqu'à 10 % en plus du débit normal.

Dans le tableau 2 suivant, figurent les pertes de charge dues uniquement à la forme du branchement.

TABLEAU N° 2

Modèles	Ecoulements	Débits		Pertes de charge	
		Tronçon II m^3/s	Tronçon III m^3/s		
N° 1	a)	72	—	0,02	—
	b)	—	36	—	0,06
	c)	72	36	0,01	0,06
N° 2	a)	72	—	0,02	—
	b)	—	36	—	0,18
	c)	72	36	0,01	0,18
N° 3	a)	72	—	0,02	—
	b)	—	36	—	1,01
	c)	72	36	0,01	0,51

Dans les deux tableaux ci-dessus, les pertes de charge sont indiquées pour les débits réels de l'installation.

Les essais et mesures effectués permettent de tirer les conclusions suivantes :

1. Les pertes de charge pour l'écoulement direct dans le tuyau principal ne sont pas influencées par la forme des surfaces de raccordement de la tubulure, ni par la présence ou l'absence d'une entretoise ; ces pertes de charge sont extrêmement faibles.

2. Les pertes de charge pour le débit dérivé sont très fortement influencées par la forme des surfaces de raccordement du branchement ; ces pertes de charge sont de 0,06 m pour les raccords avec grands arrondis, alors qu'elles passent à 1,01 m pour les faibles arrondis, soit dans la proportion de 1 à 17 environ. Dans l'écoulement total principal et dérivé, cette proportion reste encore de 1 à 8,5 environ.

3. Les pertes de charge supplémentaires dues à la présence d'une entretoise sont de 0,12 m, valeur très modérée étant donné l'énorme section de cette pièce. Cette perte de charge pourrait être probablement diminuée, par une forme légèrement plus hydrodynamique de la section de l'entretoise et de meilleurs raccordements de celle-ci avec les parois du branchement.

Comment déterminer l'amplitude des surfaces de raccordement ?

Considérons la figure 5. Dans cette figure, se trouve la coupe par le plan médian du branchement. Ce plan est déterminé par les deux axes du tuyau principal et de la conduite dérivée. L'axe de la tubulure coupe la surface intérieure de la paroi du tuyau principal au point O ; nous appellerons cercle directeur du branchement celui sur lequel passent toutes les génératrices de la tubulure ; ce cercle se trouve dans un plan passant par O et perpendiculaire à l'axe de la conduite dérivée. Le tube principal, de même que la tubulure, peuvent être cylindriques ou tron-coniques dans la région du branchement.

Dans le plan médian du branchement, traçons une ligne à une distance Z du point O , parallèle à la génératrice du tuyau principal dans ce plan. La ligne que nous

venons de tracer coupe les génératrices de la tubulure aux points A_1 et B_1 . Il est alors facile de déterminer les tangentes t_1 et t_2 à partir de N et N_1 , qui déterminent les points A et B sur la génératrice du tuyau principal, de même que les rayons des surfaces de raccordement R du côté amont et r du côté aval. Les points A , A_1 et B , B_1 sont les points limites des surfaces de raccordement. Quant aux points limites des surfaces de raccordement situés dans un plan perpendiculaire au plan médian, mais passant par l'axe de la tubulure, ils sont facilement déterminés en dessinant une coupe dans ce plan, ce sont les points C , C_1 et D , D_1 . Quelques coupes tracées dans des plans quelconques, mais passant par l'axe de la tubulure, permettent de déterminer les points intermédiaires limites des surfaces de raccordement. Les points C , C_1 et D , D_1 , de même que les autres points limites des surfaces de raccordement, pourraient être déterminés au moyen d'une ligne importante qui est celle des points de rencontre des génératrices du tuyau principal et de la tubulure entre les points N et N_1 . Une fois les limites de raccordement établies, la ligne N , O_1 , N_1 représente, projetée sur le plan médian, les points de rencontre des tangentes tracées aux points limites dans les plans tournant autour de l'axe de la tubulure. Nous choisissons cette ligne comme directrice de la surface réglée dans laquelle sera placée la collerette de renforcement, ceci entre les points N et N_1 . Au-delà des points N et N_1 , des deux côtés extérieurs, l'axe de la collerette de renforcement se trouvera dans deux plans tangents à la trace de la ligne N , N_1 sur le plan médian et toujours perpendiculaires à celui-ci. Généralement, la courbure des surfaces de raccordement diminue peu entre A , A_1 et C , C_1 ainsi que dans la partie symétrique A , A_1 et D , D_1 ; à partir de C , C_1 et D , D_1 jusqu'en B , B_1 , la courbure diminue plus rapidement, pour arriver au rayon r dans le plan médian côté aval.

D'après les expériences faites et les mesures de perte de charge, la largeur Z de la zone des surfaces de raccordement peut être définie par l'équation d'une hyperbole

$$Z^2 = 2pd$$

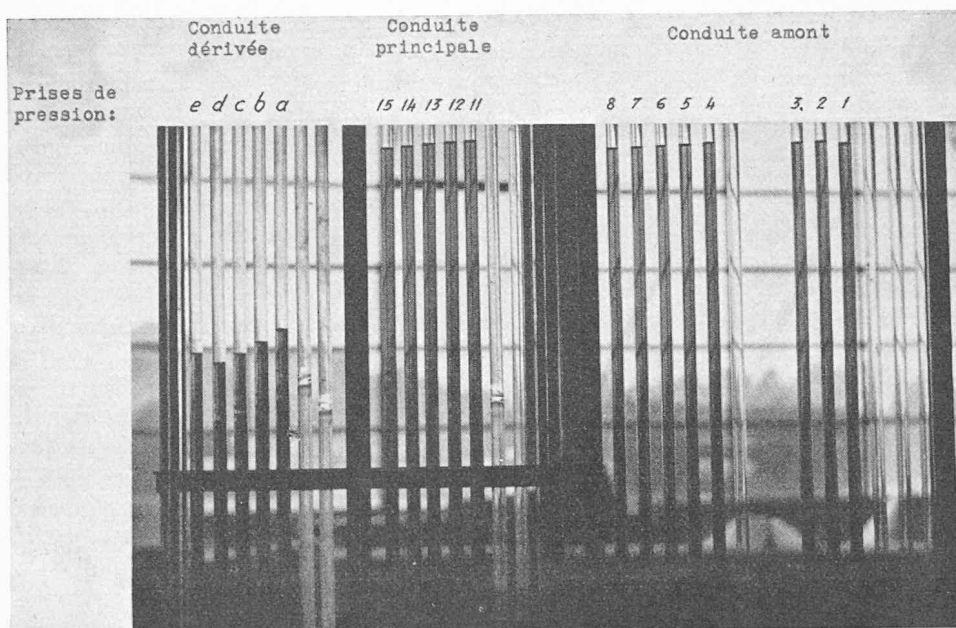


Fig. 4 bis
Batterie des tubes piézométriques durant un essai de perte de charge.

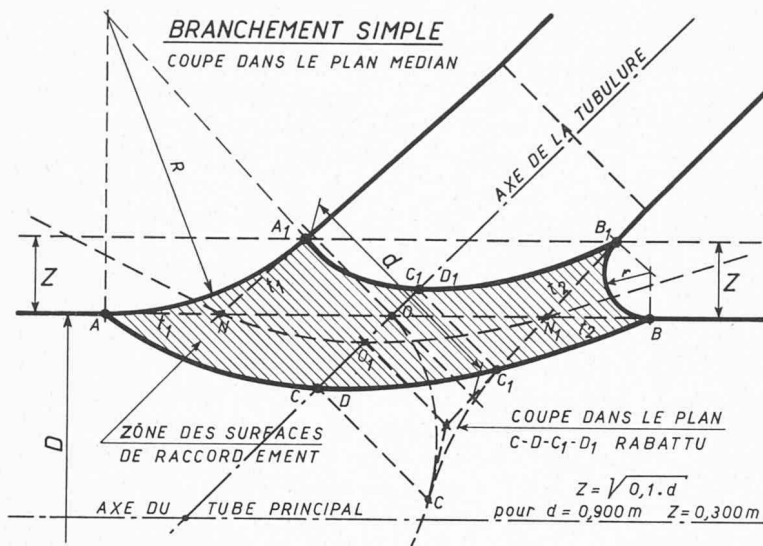


Fig. 5.

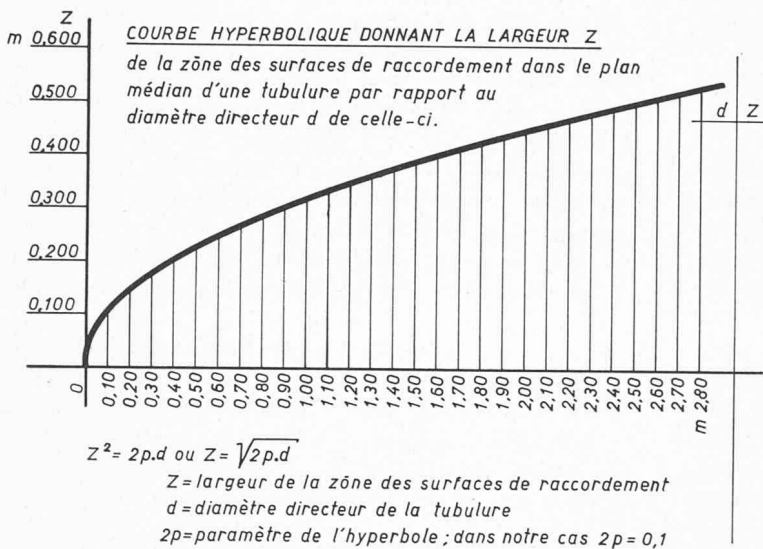


Fig. 6.

dans laquelle $2p$ est le paramètre et d le diamètre directeur de la tubulure. En choisissant le paramètre $2p = 0,1$ on obtient la courbe des valeurs de Z (voir figure 6).

Le branchement 5,200/2,600, pour lequel les pertes de charge ont été déterminées sur modèles à l'échelle 1 : 10, présentaient précisément des surfaces de raccordement conformes à la formule ci-dessus, soit $Z = \text{env. } 0,509 \text{ m}$.

Il est à remarquer que la méthode de détermination de la largeur de la zone Z s'applique quelle que soit l'inclinaison de la tubulure, par rapport à l'axe du tuyau principal.

Dans le cas particulier d'une tubulure perpendiculaire au tuyau principal, les rayons de courbure dans le plan médian seraient égaux à r . Les courbures des surfaces de raccordement dans d'autres plans sont tous $>$ que r et dépendent du diamètre du tuyau principal.

Aperçu des avantages économiques obtenus par des branchements avec grandes surfaces de raccordement par rapport aux raccordements à petits arrondis

Dans l'installation où nous avons déterminé les pertes de charge, supposons les données suivantes :

- a) 6 heures par jour toutes les machines arrêtées ;
- b) 6 heures par jour 1 tubulure en service (36 m^3) ;
- c) 6 heures par jour 2 tubulures en service (72 m^3) ;
- d) 6 heures par jour 3 tubulures en service (108 m^3).

Pour 1 tubulure en service, le gain dans la perte de charge est de $0,95 \text{ m}$.

Pour 2 tubulures en service, le gain sera la moyenne entre $0,95$ et $0,39$, soit $0,67 \text{ m}$.

Pour 3 tubulures en service, le gain est de $0,39 \text{ m}$.

En comptant avec un rendement de 85% , le gain en Kwh par jour sera le suivant :

$$\begin{aligned} & \frac{36\,000 \times 0,95 \times 6 \times 9,81}{1000} = \text{env. } 2015 \text{ Kwh} \\ + & \frac{72\,000 \times 0,67 \times 6 \times 9,81}{1000} = \text{env. } 2840 \text{ »} \\ + & \frac{108\,000 \times 0,39 \times 6 \times 9,81}{1000} = \text{env. } 2475 \text{ »} \\ & \text{Total } 7320 \text{ Kwh} \end{aligned}$$

Le gain par jour, en comptant le Kwh à $0,03 \text{ fr.}$ et avec un rendement de $0,85$, serait de $7320 \times 0,85 \times 0,03 = 186 \text{ fr.}$ et le gain pour une année de $186 \times 365 = 68\,000 \text{ fr.}$

Ces avantages sont loin d'être négligeables, et nous nous dispensons de tout commentaire.

Nous désirons aussi mettre en garde les constructeurs d'ouvrages hydro-électriques sur les faits suivants :

On choisit souvent dans un but d'économie, pour l'alimentation des turbines, des tuyauteries de petits diamètres dans lesquelles les vitesses atteignent presque 10 m par seconde . De telles vitesses pour des diamètres relativement faibles entraînent des pertes de charge assez élevées. Ces pertes de charge sont infiniment plus coûteuses que le supplément de prix des tuyauteries d'un diamètre un peu plus grand.

A notre avis, les vitesses dans les tuyauteries secondaires de répartiteurs ne devraient pas dépasser 5 à $5,50 \text{ m}$. Rien n'empêche de maintenir des vitesses plus grandes dans la traversée des vannes sphériques, pour ne pas augmenter de façon exagérée le coût de ces dernières.

(A suivre)