Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 61 (1935)
Heft: 18

Artikel: Contribution à l'étude du coefficient de rugosité des conduites forcées
Autor: Mathys, G.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-47016

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: 09.12.2025

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

61e année — 31 août 1935 — N° 18

BULLETIN TECHNIQUE
DE LA SUISSE ROMANDE

ABONNEMENTS :
Suisse : 1 an, 12 francs
Etranger : 14 francs
Pour sociétaires :
Suisse : 1 an, 10 francs
Etranger : 12 francs
Prix du numéro :
75 centimes.
Pour les abonnements s'adresser à la librairie F. Rouge & Cie, à Lausanne.

Paraissant tous les 15 jours

Organe de la Société suisse des ingénieurs et des architectes, des Sociétés vaudoise et genevoise des ingénieurs et des architectes, de l'Association des anciens élèves de l'Ecole d'ingénieurs de l'Université de Lausanne et des Groupes romands des anciens élèves de l'Ecole polytechnique fédérale. — Organe de publication de la Commission centrale pour la navigation du Rhin.

COMITÉ DE RÉDACTION. — Président : R. Neeser, ingénieur, à Genève. — Secrétaire : Edm. Emmanuel, ingénieur, à Genève. — Membres : *Fribourg :* MM. L. Hertling, architecte ; A. Rossier, ingénieur ; R. de Schaller, architecte ; *Vaud :* MM. C. Butticaz, ingénieur ; E. Elskes, ingénieur ; Epitaux, architecte ; E. Jost, architecte ; A. Paris, ingénieur ; Ch. Thévenaz, architecte ; *Genève :* MM. L. Archinard, ingénieur ; E. Odier, architecte ; Ch. Weibel, architecte ; *Neuchâtel :* MM. J. Béguin, architecte ; R. Guye, ingénieur ; A. Méan, ingénieur cantonal ; E. Prince, architecte ; *Valais :* MM. J. Couchepin, ingénieur, à Martigny ; Haenny, ingénieur, à Sion.

Rédaction : H. DEMIERRE, ingénieur, 11, Avenue des Mousquetaires, La Tour-de-Peilz.

CONSEIL D'ADMINISTRATION DU BULLETIN TECHNIQUE
A. Dommer, ingénieur, président ; G. Epitaux, architecte ; M. Imer ; E. Savary, ingénieur.

ANNONCES
Le millimètre sur 1 colonne, largeur 47 mm. :
20 centimes.
Rabais pour annonces répétées.
Tarif spécial pour fractions de pages.
Régie des annonces :
Société Suisse d'Edition, Terreaux 29, Lausanne.

SOMMAIRE : *Contribution à l'étude du coefficient de rugosité des conduites forcées* (suite et fin), par G. Mathys, ingénieur à la Société suisse d'Electricité et de Traction, à Bâle. — *Concours d'idées pour l'aménagement du quartier de la Cité, à Lausanne* (suite). — *Société suisse des ingénieurs et des architectes.* — *La catastrope de Molare*, par M. L. Du Bois. — Nouveautés, informations diverses.

Contribution à l'étude du coefficient de rugosité des conduites forcées,

par G. MATHYS, ingénieur à la Société Suisse d'Electricité et de Traction, à Bâle.

(Suite et fin) [1]

Comparaison avec les travaux exécutés en Italie.

Ce qui précède montre les difficultés qui se présentent pour obtenir ce coefficient de façon exacte, même pour une conduite de forme très simple comme celle dont nous venons de nous occuper. C'est pourquoi il est intéressant de comparer le résultat ci-dessus avec ceux de mesures analogues faites récemment en Italie, sous les auspices de la Commission pour le contrôle du fonctionnement des grandes usines hydrauliques — grandes conduites et grands canaux — et de la sous-commission de l'*UNFIEL* (Union nationale fasciste de l'industrie électrique) pour les grandes conduites industrielles. Jusqu'à présent, le résultat de ces mesures a fait l'objet de trois articles très documentés publiés en 1933 et 1934, dans l'« Energia Elettrica » [2] ; l'un n'a trait qu'aux canaux à ciel ouvert. Le deuxième, de M. le Prof. Ett. Scimemi, directeur de l'Institut hydraulique de l'Ecole supérieure de Padoue, relate, entre autres, les mesures faites sur 11 conduites forcées de la province de Venise.

La méthode employée est analogue à celle qui vient d'être décrite pour Orsières. Les conduites forcées ont été examinées dans leur ensemble, mais on a éliminé les pertes de charge à leur entrée et à leur extrémité inférieure, après les avoir déterminées à l'aide de mesures spéciales. Ce procédé est déjà sensiblement plus exact que celui employé à Orsières, mais n'en laisse pas moins subsister une certaine incertitude sur les variations du coefficient de rugosité provoquées par les coudes, le passage d'une section à l'autre, les différences de nature entre les différentes sortes de tuyaux d'une même conduite, etc. En outre, les indications sur la nature des parois au moment des essais, sur la limpidité de l'eau, etc., font défaut dans la publication de M. Scimemi.

Bien que ces mesures aient certainement été faites avec tout le soin et la précision désirables, on constate, à vitesses croissantes une certaine discontinuité dans les valeurs obtenues pour le coefficient de rugosité d'une seule et même conduite.

Le troisième article paru est celui de M. le Dr Ing. Mario Marchetti [2] qui a publié les résultats de mesures faites sur 25 conduites forcées, auxquelles il a procédé de façon très différente de celle qui vient d'être indiquée.

Au lieu de mesurer la perte de charge dans l'ensemble de chacune des conduites examinées, il n'a considéré que des tronçons de conduites métalliques aussi longs que possible, dans lesquels le mouvement de l'eau pouvait être admis comme uniforme. Il en a déterminé la perte de charge exacte à l'aide de manomètres différentiels à mercure branchés sur une dérivation de la conduite principale de $^1/_4$". Les prises ont été placées à au moins 30 diamètres de toute inégalité de la conduite. La nature exacte des parois et la qualité de l'eau ont été examinées et protocolées et les mesures de débit et de pertes de charge établies avec le plus grand soin. M. Marchetti n'a pris en considération que les conduites de 0,5

[1] Voir *Bulletin technique* du 17 août 1935, page 193.

[2] « Energia Elettrica », septembre et novembre 1933, Prof. Ettore Scimemi, Id. mai, juin et août 1934, Dr Ing. Mario Marchetti, résumé brièvement par M. Jæger dans la « Schweiz. Bauzeitung » du 6 avril 1935.

à 2,0 m de diamètre et a déterminé pour chacune d'elles, les coefficients de rugosité des formules de Chézy, Bazin, Fantoli, Kutter, Ganguillet et Kutter, Flamant, Forchheimer, Gauckler, Manning-Strickler, Lindquist et Williams et Hazen. Quelle que soit la formule choisie, on remarque une grande homogénéité des coefficients obtenus. En particulier, ceux de la formule de Manning-Strickler que M. Marchetti a finalement retenue ainsi que celles de Bazin, Kutter et Ganguillet et Kutter vont en général en croissant, de façon continue avec la vitesse de l'eau dans la conduite. M. Marchetti a distingué entre les conduites à joints rivés transversaux et longitudinaux et les conduites à tuyaux soudés assemblés par joints tronc-coniques à ligne de rivets simple ou double.

Il conclut aux moyennes suivantes :

a) Conduites à tuyaux soudés longitudinalement, assemblés entre eux par rivure transversale simple, à surface interne non oxydée

vitesse . . . . . 1,50 m : s
diamètre de la conduite D = 0,55 à 1,40 m } $k = 81$
épaisseur de la tôle . . . . . 12-20 mm

b) Conduites à tuyaux soudés longitudinalement, assemblés entre eux par rivure transversale double, à surface interne non vernie, en bon état ou légèrement oxydée

vitesse . . . . . 1,00 m : s
D = 1,00 à 1,18 m } $k = 78{,}5$
S = 15-20 mm

On peut se rendre compte par les tableaux nos 1 et 2 tirés de l'« Energia Elettrica » que les résultats obtenus par M. Marchetti divergent assez fortement, ce qui explique la difficulté qu'il y a à établir pour k une moyenne générale. Pour les conduites entièrement rivées, M. Marchetti estime lui-même qu'il n'a pas un nombre suffisant de résultats pour établir un coefficient de rugosité moyen. Le tableau no 3, tiré également de l'article cité de M. Marchetti, a été complété par les résultats des mesures faites par M. le Prof. Scimemi. Malgré cela, il serait difficile d'en tirer un coefficient moyen. Les trois tableaux n'indiquent que les valeurs du coefficient k de la formule de Manning-Strickler. M. le Prof. Scimemi n'ayant pas établi ces valeurs, nous les avons calculées sur la base de ses indications.

Tableau 1.

Conduites forcées. Pertes de charge.
Conduites soudées, à ligne de rivets transversale simple.
Résultats des mesures de M. Marchetti.

No d'ordre	Désignation de l'usine	Nombre des mesures	Longueur du tronçon considéré *m*	Diamètre interne *m*	Vitesse moyenne de l'eau pendant les essais *m : s*	Coeff. *k* de Strickler	Type du joint. Epaisseur *s* des tôles. Longueur *l* des tuyaux	Etat de la paroi interne. Nature de l'eau
25	Barbellino	8	125,90	0,550	2,32—4,55	78,7—81,0	Joint tronc conique Fig. 4 s = 12-14 mm l = 6,0 m	Vernis de 2 ans, en bon état. Eau limpide.
11	Temu	11	120,445	0,900	1,42—6,04	77,3—81,8	Joint id. Fig. 4 s = 19-20 mm l = 5,85 m	Ni incrustation, ni rouille. Eau trouble, limon en suspension, charroi de matières fines.
16	Ponte	7	258,43	1,300	0,24—3,42	75,5—80,4	Joint id. Fig. 4 s = 15-17 mm l = 5,90 m	En service depuis moins d'un an. Eau limpide.
15	Ponte	7	141,49	1,400	0,73—2,95	77,7—82,0	Joint id. Fig. 4 s = 11-14 mm l = 5,90 m	id.
14	Ponte	13	247,49	1,500	1,00—2,55	87,0—90,1	Joint id. Fig. 4 s = 7 mm l = 5,90 m	Vernis de moins d'un an. Eau limpide.
1	Mese	5	162,25	2,000	0,89—3,61	79,3—94,6	Joint à manchon au plomb Fig. 5	Vernis en très bonne condition. Eau limpide.

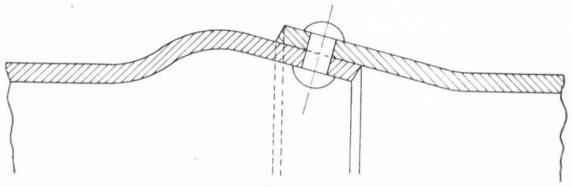

Fig. 4. — Joint tronc-conique à ligne de rivets simple.

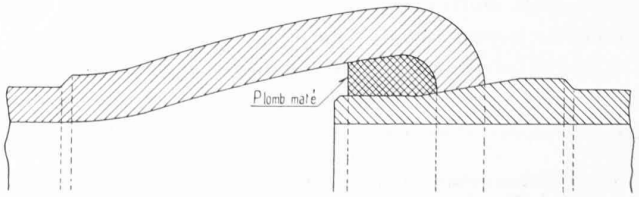

Fig. 5. — Joint à manchon garni de plomb maté de l'intérieur de la conduite.

Conduites forcées. Pertes de charge. **Tableau 2.**

Conduites soudées à ligne de rivets transversale double ou de type spécial.

Résultats des mesures de M. Marchetti.

N° d'ordre	Désignation de l'usine	Nombre des mesures	Longueur du tronçon considéré, *m*	Diamètre interne *m*	Vitesse moyenne de l'eau pendant les essais *m : s*	Coeff. *k* de Strickler	Type du joint. Epaisseur *s* des tôles. Longueur *l* des tuyaux	Etat de la paroi interne. Nature de l'eau
5	Isola di Palanzano	12	110,74	0,600	1,00—4,06	66,2—62,8	Spécial Fig. 7 Rivets transv. simples, à superposition.	Depuis plus de 25 ans en service. Pas de rouille, ni d'incrustations. Eau limpide.
7	Rovesca	8	141,31	0,780	0,75—3,00	70,5	Joint tronc-conique 2 lignes de rivets transv. en zig-zags. Fig. 6. $s = 11$ mm $l = 5,85$ m	Depuis de nombreuses années en service. Forte rouille. Eau limpide.
9	Cogolo	7	154,70	0,980	1,89—4,66	90,0	Joint id. Fig. 6. $s = 20$-25 mm $l = 5,85$ m	Vernis vieux de 3 ans environ, bien conservé. Eau trouble, limon en suspension.
13	Temu	11	120,49	1,000	1,73—5,66	77,10	Joint id. Fig. 6 $s = 20$-22 mm $l = 5,85$ m	Pas d'incrustations ni de rouille. Eau trouble, limon en suspension, charroi de matières fines.
6	Rovesca	8	135,85	1,000	0,68—6,37	63,9—71,6	Joint id. Fig. 6. $s = 32$-33 mm $l = 5,85$ m	En service depuis très longtemps. Forte rouille.
12	Temu	8	155,10	1,100	1,43—4,61	76,4—78,0	Joint id. Fig. 6. $s = 15$-20 mm $l = 5,85$ mm	Ni incrustation ni rouille. Eau trouble, limon en suspension et matières fines.
17	Ponte	7	153,58	1,180	1,02—4,15	79,8	Joint id. Fig. 6. $s = 24$-30 mm $l = 6,00$ m	Moins d'une année de service, non sans oxydation. Eau limpide.
22	Barbellino	11	125,90	1,250	0,81—2,90	79,0—83,6	Joint transversal avec couvre-joint 4 rangs de rivets Fig. 8. $s = 29$ mm $l = 6,00$ m	Vernis d'environ 2 ans et en bon état. Eau limpide.
21	Barbellino	13	110,86	1,300	0,75—2,68	85,7—76,1	Joint tronc-conique 2 rangs de rivets. Fig. 6. $s = 18$-24 mm $l = 5,85$ m	Vernis d'environ 2 ans et en bon état. Eau limpide.
19	Galerie de Temu	11	1716,35	1,720	0,60—2,19	54,2—57,0	Galerie à revêtement métallique couvre-joint interne de type spécial.	Eau trouble, charroi de matières fines.

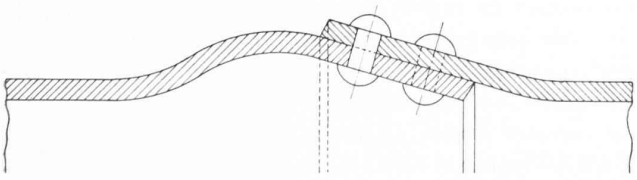

Fig. 6. — Joint tronc-conique à double ligne de rivets en zig-zag.

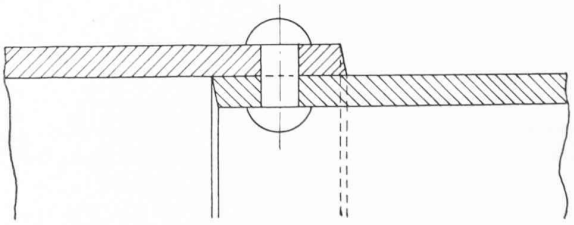

Fig. 7. — Joint rivé, à recouvrement.

Conclusions.

Le coefficient $k = 92,5$, établi à Orsières pour une conduite entièrement soudée, peut être retenu à titre indicatif. Il demande à être contrôlé sur d'autres conduites par des méthodes plus précises que celles employées à Orsières. Les résultats publiés jusqu'à présent des

Conduites forcées. Pertes de charge. **Tableau 3.**
Conduites rivées.

*Mesures de M. Marchetti, complétées par les indications de M. le Prof. Scimeni. Les résultats obtenus par M. le Prof. Scimeni sont désignés par *.*

N° d'ordre	Désignation de l'usine	Nombre des mesures	Longueur du tronçon considéré m	Diamètre interne m	Vitesse moyenne de l'eau pendant les essais $m : s$	Coeff. k de Strickler	Type du joint. Epaisseur s de la tôle. Longueur l des tuyaux. Nombre c de rivets par m² de surf. interne	Etat des parois. Année de mise en service, Nature de l'eau
24	Barbellino	9	110,86	0,650	1,66—3,25	75,7—78,3	Riv. long. triple Riv. transv. simple. Tôles superposées. s = 12-17 mm c = 27	Vernis datant d'env. 2 ans, en bon état. Eau limpide.
4	Isola di Palanzano	7	120,40	0,700	0,67—2,97	64—59,3	Riv. long. $^3/_4$ simple $^1/_4$ double en zig-zags. Riv. transv. simple s = 5 mm c = 30-35	En service depuis plus de 25 ans. Pas de rouille, ni d'incrustations. Eau limpide.
23	Barbellino	9	174,00	0,800	1,10—2,15	91,5	Riv. long. simple à recouvrement. Riv. transv. id. s = 5 mm c = 28	Vernis datant d'env. 2 ans, en bon état. Eau limpide.
10	Temu	10	155,015	0,950	1,27—5,42	66,4—69,9	Riv. long. triple à couvre-joint asym. s = 12-16 mm Riv. transv. simple à recouvrement s = 14-18 mm c = 39-42	Pas de rouille, ni d'incrustations Eau trouble, charriage de matières fines.
6*	Ponale	5	369,79	1,150	0,915—2,840	56,8—65,7	Riv. long. double Riv. transv. simple Couvre-joint long. double. Couvre-joint trans. simple. s = 7-18 mm l = 1,60 m	En service depuis 1903.
8	Cogolo	8	124,10	1,210	0,73—3,06	72,3—82,8	Riv. long. double en zig-zags. Tôle à recouvrement. Riv. transv. simple s = 7-12 mm c = 20-25	Vernis vieux de 3 ans, bien conservé. Eau un peu trouble.
20	Barbellino	14	174,00	1,300	0,75—2,68	82,4—84,0	Riv. long. double en zig-zags. Riv. transv. simple s = 6 mm c = 27	Vernis vieux d'env. 2 ans, bien conservé. Eau limpide.
3	Farneta	3	196,50	1,300	3,16—4,25	74,1	Riv. long. double en zig-zags. Riv. transv. simple s = 7-11 mm c = 22-23	Cond. non vernie Pas d'incrustation ni de rouille. Eau limpide.

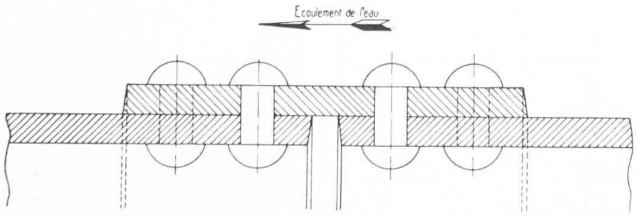

Fig. 8. — Couvre-joint à 4 rangs de rivets.

mesures faites en Italie sous les auspices de l'*UNFIEL* donnent des indications précieuses, mais devraient être complétés pour plusieurs raisons : 1° La diversité des coefficients de rugosité obtenus ne permet pas d'établir de coefficients moyens pour les conduites rivées, ni même pour toutes les vitesses et tous les diamètres des conduites à tuyaux soudés assemblés par rivets ; 2° aucune conduite entièrement soudée n'a été examinée ; 3° les modifications que subit le coefficient k, pour une seule et même conduite sous l'influence de l'usure, de l'oxydation et de la plus ou moins grande limpidité de l'eau motrice mériteraient d'être étudiées de près. Le résultat de cette dernière étude intéresserait tout particulièrement l'exploitation des usines. Pour procéder aux mesures complémentaires envisagées, il serait recommandable d'avoir

Tableau 3 (suite).

N° d'ordre	Désignation de l'usine	Nombre des mesures	Longueur du tronçon considéré, *m*	Diamètre interne *m*	Vitesse moyenne de l eau pendant les essais *m : s*	Coeff. *k* de Strickler	Type du joint. Epaisseur *s* de la tôle. Longueur *l* des tuyaux. Nombre *c* de rivets par m² de surf. interne	Etat des parois. Année de mise en service. Nature de l'eau
4*	Malnisio	4	87,00	1,500	1,046—2,828	79,3—92,0 Z	Riv. long. double Riv. transv. simple s = 6-10 mm l = 2,0 m c = 19	En service depuis 1905
7*	Piave Ansiei	7	68,50	1,660	2,27—6,44	69,5—85,0 Z	Riv. long. et trans. simples. s = 6 mm	En service depuis 1932 (Au sortir d'un coude)
2	Farneta	7	135,25	1,700	1,58—4,97	83,7—79,5	Riv. long. double en zig-zags. Tôles à recouvrement. Riv. transv. simple 2 cornières de renf. au tuyau de petit diam. c = 30-31, Rivets saillants.	Non vernies. Pas de rouille, ni d'incrustations. Eau limpide.
5*	Giais	9	517,60	2,000	0,686—4,326	74,0—87,5 Z	Riv. long. double. Riv. transv. simple s = 8-10 mm l = 2,50 m c = 19	En service depuis 1908
11*	Pelos (Piave Ansiei)	6	338,76	1,900 2,300 moyenne 2,083	1,86—4,09	58,7—68,3 Z	Riv. long. double Riv. transv. simple s = 13-17 mm	En service depuis 1932
10*	Fadalto nouv.	5	150,0	2,600	1,865—4,106	58—68,2 Z	Riv. long. double et triple, couvre-joint. Riv. transv. double. s = 14-23 mm l = 1,60 m c = 21	En service depuis 1927
8*	Caneva	7	584,0	2,800	1,452—5,168	61,0—72,2 Z	Riv. long. 4 et 6 files, couvre-joint int. Riv. transv. double. s = 15-25 mm l = 1,60 m	En service depuis 1927
9*	Cardano	12	183,30	2,800	1,10—3,96	57,8—67 Z	Riv. long. double et triple. Couvre-joint asym. Riv. transv. double s = 7-21 mm l = 1,50 m c = 20	En service depuis 1930

Remarque. — *Z* : coefficients discontinus.

recours au procédé inauguré par M. Marchetti qui donne des résultats très précis.

L'Italie a commencé à étudier ces problèmes et a montré que ce travail, qui devrait comprendre, outre l'étude de l'écoulement de l'eau dans les conduites forcées, celle dans les galeries et les canaux à ciel ouvert, le fonctionnement des prises d'eau, des chambres d'équilibre, etc. ne saurait être mené à bien par des particuliers et que pour le réussir, il faudrait l'effort de tous. *Devons-nous, Suisses, laisser le soin de cette étude aux pays étrangers?* Lors du premier développement des forces hydrauliques, nous avons pu nous croire à la tête du mouvement, mais maintenant il nous faudrait faire un effort sérieux pour rattraper le temps perdu depuis lors. Pourquoi ne mettrions-nous pas à profit le repos forcé dont souffrent actuellement bon nombre d'ingénieurs pour suivre l'exemple donné par l'Italie ? *Nous ferions œuvre utile tout en ayant la possibilité d'occuper quelques-uns de nos collègues au chômage.* Le groupement qui nous paraît indiqué pour prendre l'initiative du mouvement est la Société suisse des ingénieurs et des architectes qui pourrait demander le concours de la Confédération et d'intéressés tels que l'Union de centrales suisses et des usines hydro-électriques elles-mêmes.