

Zeitschrift:	Bulletin de la Société vaudoise des ingénieurs et des architectes
Band:	10 (1884)
Heft:	1
Artikel:	Abaque logarithmique pour le calcul des conduites d'eau sous pression
Autor:	Muyden, A. van
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-11152

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: 25.02.2026

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

ABAQUE LOGARITHMIQUE

POUR LE CALCUL DES CONDUITES D'EAU SOUS PRESSION
Par A. VAN MUYDEN, ingénieur.

Tableau à quadruple entrée représentant, d'après la formule de Darcy, la relation entre le diamètre des tuyaux, la pente de la ligne de charge par mètre courant, le débit et la vitesse de l'eau; ces tuyaux étant depuis longtemps en service. (Une planche.)

Les problèmes usuels qu'on peut se proposer sur les conduites d'eau simples à diamètre constant sont au nombre de six et portent sur la détermination de deux des quatre variables : vitesse, dépense, diamètre et charge, en fonction des deux autres.

Ces problèmes, dont l'abaque fournit à première vue la solution par une simple lecture, sont traités par le calcul direct en résolvant, par rapport aux inconnues, la formule empirique de Darcy :

$$(1) \quad RJ = b, u^2 = \left(\alpha + \frac{\beta}{R} \right) u^2$$

et la relation :

$$(2) \quad Q = \pi R^2 u,$$

qui, à elles deux, lient les quatre variables pour des vitesses moyennes comprises entre 0^m10 et 6 m. par seconde, et des diamètres compris entre un centimètre et un mètre, et où :

R est le rayon de la conduite, exprimé en mètres;
 J la charge par mètre courant, exprimée en mètres;
 Q le débit à la seconde, exprimé en mètres cubes;
 u la vitesse moyenne exprimée en mètres;

b , la valeur $\alpha + \frac{\beta}{R} = 0.001014 \times \frac{0.000013}{R}$, se rapportant à des tuyaux depuis longtemps en service¹, soit un coefficient spécifique, fonction du rayon, dont la valeur numérique est donnée par le tableau I.

On fait aussi usage de l'expression suivante, tirée des deux équations primitives (remarquant que le diamètre D est égal à $2R$):

$$Q = \frac{\pi}{\sqrt{(2)^5 b}} \sqrt{D^5 J} = \frac{0.55537}{\sqrt{b}} \sqrt{D^5 J}$$

et ramenée à la forme :

$$(3) \quad q = k \sqrt{d^5 j} = \frac{0.00055537}{\sqrt{10 b}} \sqrt{d^5 j}$$

en appelant : q le débit à la seconde, exprimé en litres; d le diamètre exprimé en centimètres; j la charge par mètre, exprimée en millimètres; et donnant à k la valeur numérique indiquée par le tableau II, calculé d'après le barème des valeurs de b .

¹ Le coefficient spécifique des tuyaux neufs a pour valeur :

$$b_0 = 0.000507 + \frac{0.00000647}{R}.$$

On double ce coefficient, dans la pratique, pour les tuyaux depuis longtemps en service, en vue d'avoir égard au retard que l'aspérité des parois recouvertes de dépôts fait éprouver à la vitesse.

(Darcy, *Recherches expérimentales relatives au mouvement de l'eau dans les tuyaux*, Paris 1857, pag. 111, 114 et 228.)

TABLEAU I.

Valeurs de R	Valeurs correspondantes de b ,	Valeurs de d	Valeurs correspondantes de k
0 ^m 005	0.003602	1 ^{cm}	0.00293
0 ^m 010	0.002308	2 ^{cm}	0.00365
0 ^m 015	0.001875	3 ^{cm}	0.00406
0 ^m 025	0.001530	5 ^{cm}	0.00449
0 ^m 04	0.001334	8 ^{cm}	0.00481
0 ^m 06	0.001228	12 ^{cm}	0.00501
0 ^m 09	0.001156	18 ^{cm}	0.00517
0 ^m 15	0.001100	30 ^{cm}	0.00530
0 ^m 20	0.001078	40 ^{cm}	0.00535
0 ^m 30	0.001057	60 ^{cm}	0.00540
0 ^m 40	0.001046	80 ^{cm}	0.00543
0 ^m 50	0.001040	100 ^{cm}	0.00545

C'est de cette dernière expression qu'il a été fait usage pour calculer l'abaque (en interpolant graphiquement les valeurs intermédiaires de k suivant la loi parabolique).

Les courbes d'égal débit, définies par la fonction (3), ont été ramenées, sur la figure, à un système de lignes droites parallèles, d'après la méthode de représentation graphique dite *anamorphose logarithmique*¹, due à M. L. Lalanne, méthode appliquée par M. l'ingénieur E. Pellis à la construction d'une table analogue publiée ici-même en 1875 (1^{re} livraison du *Bulletin*).

A cet effet on a posé, avec M. Pellis :

$$X = \log k + 2,5 \log d;$$

$$Y = 0,5 \log j;$$

$$(4) \quad Z = \log q;$$

$$Z = X + Y.$$

La triple notation des échelles de débit permet de lire directement sur la figure les dépenses exprimées soit en litres par seconde, soit en litres par minute, soit en mètres cubes par 24 heures, suivant l'unité de mesure adoptée.

Les lignes d'égale vitesse ont été superposées aux premières, suivant la loi exprimée par la fonction (2). On a opéré dans le tracé de ces lignes une légère compensation des éléments dont le résultat est de les ramener à un système de parallèles sensiblement droites. L'anomalie provient de l'influence du coefficient variable k sur la graduation de l'axe des diamètres.

APPLICATION DE L'ABAQUE A LA RÉSOLUTION DE DEUX PROBLÈMES CONCERNANT LES DISTRIBUTIONS D'EAU :

1^{er} problème. — Déterminer les dimensions d'un système de conduites privées en fer étiré destinées à desservir un abonnement d'eau à robinet libre à un groupe de trois maisons contiguës à quatre étages.

Données :

A. La distribution intérieure suppose une colonne montante distincte pour chaque maison, alimentant cinq branchements d'éviers, à raison d'un robinet par étage.

B. La pression piézométrique normale de la conduite publique, au point de raccordement du branchement de concessions

¹ Voir, à ce sujet, un *Mémoire sur les tables graphiques et la géométrie anamorphique*, par M. L. Lalanne, ingénieur en chef des ponts et chaussées. (*Annales des ponts et chaussées*, Paris 1846.)

sion, varie entre 50 et 58 mètres de hauteur d'eau, suivant les appels de la consommation en ville.

C. Le niveau des orifices de rez-de-chaussée au-dessus du même point est de 3^m50, et les étages ont uniformément 3^m50 de hauteur.

D. Développement des tuyaux :

Branchem. de concession collectif : 1^{re} maison : 180 mètres. 2^e et 3^e maisons : 12 et 24 mètres en plus.

Colonnes montantes : chacune 27 mètres, dont 13 mètres jusqu'au branchem. de rez-de-chaussée.

Branchem. d'étages : 5 mètres par orifice d'écoulement à desservir.

Type du calcul.

Le problème revient à coordonner par tâtonnement les diamètres de tuyautage qui permettent à l'eau d'atteindre les orifices de sujétion avec une pression intérieure suffisante pour l'écoulement.

Dans une première opération on évaluera séparément, pour divers diamètres, la perte de charge due aux trois tuyaux (branchem. de concession collectif, colonne montante et branchem. d'étage), en négligeant les résistances secondaires et en supposant que les 15 orifices, ramenés à un niveau moyen, débitent uniformément 6 litres à la fois par minute. Puis on groupera les résultats, en tenant compte des niveaux et des pertes de charge secondaires; la comparaison de la somme des résistances avec la hauteur piézométrique au départ du système montrera si les proportions du tuyautage ont été bien établies. (Tableau III.)

On conclut aisément de ce tableau qu'on satisferait aux conditions du problème en donnant au système les dimensions suivantes :

Diamètre du branchem. de concession collectif ..	1 $\frac{3}{4}$ "
» des colonnes montantes	$\frac{3}{4}$ "
» des branchem. d'ét. { rez-de-chaussée et 1 ^{er} étage	$\frac{3}{8}$ "
{ 2 ^e et 3 ^e étages.....	$\frac{1}{2}$ "
} 4 ^e étage.....	$\frac{3}{4}$ "

En effet, si, d'une part, on fait entrer en ligne de compte les résistances secondaires en évaluant approximativement à un mètre la charge dépensée par les changements brusques de direction et de vitesse des veines fluides (soit la valeur de $\frac{3v^2}{2g}$

par raccordement) et en ménageant une charge de 0^m50 sur les orifices; et que, d'autre part, on apprécie les pertes de charge successives d'étage à étage, dues à la colonne montante, en remarquant que pour un tuyau de $\frac{3}{4}$ " la perte de charge et le débit sont liés par la relation :

Hauteurs successives	Débit par minute	COLONNE MONTANTE DE $\frac{3}{4}$ "			
		Perte de charge par m. courant	Longueur par section	Perte de charge	
				Total par section	Cumulée
Rez-de-chaussée	30 lit.	0 ^m 750	13 ^m 00	9 ^m 75	9 ^m 75
1 ^{er} étage	24 »	0 ^m 475	3 ^m 50	1 ^m 65	11 ^m 40
2 ^e »	18 »	0 ^m 275	3 ^m 50	0 ^m 95	12 ^m 35
3 ^e »	12 »	0 ^m 123	3 ^m 50	0 ^m 45	12 ^m 80
4 ^e »	6 »	0 ^m 030	3 ^m 50	0 ^m 10	12 ^m 90

on obtient, comme expression définitive des charges dépensées, dans l'hypothèse ci-dessus, les valeurs qui figurent au tableau IV.

Comme on le voit par la dernière colonne du tableau, la marge de la pression est suffisante pour assurer le débit de tous les orifices.

Les nombres de ce tableau se rapportent à la première des trois maisons; pour les autres deux maisons, la faible charge dépensée en plus par le prolongement du branchem. de concession n'entraîne aucune modification des dimensions de l'appareillage intérieur : l'augmentation de charge est de $0^{m}035 \times 12\text{ m.} = 0^{m}42$ pour la seconde maison (débit du prolongement de branchem. de concession : 60 litres) et de $0^{m}42 + 0.0085 \times 12\text{ m.} = 0^{m}52$ pour la troisième maison (débit : 30 litres) seulement.

Observons, en terminant, que lorsqu'on dispose, comme c'est ici le cas, de branchem. d'étages d'une certaine longueur, on obtient une compensation satisfaisante des charges sur les orifices aux divers étages, et par conséquent des puissances, simplement en variant les diamètres de ces branchem. suivant les niveaux. Le haut de la colonne montante n'est dès lors pas exposé à être affamé par les étages inférieurs, au détriment des orifices supérieurs.

2^e problème. — *Un industriel se propose d'actionner par les eaux de Bret un hydromoteur devant produire un travail effectif moyen de quatre chevaux. On demande de déterminer, pour divers diamètres de branchem., la valeur de la dépense d'eau motrice par cheval effectif et par heure.*

Données :

a) La pression hydrostatique est de 125 mètres (différence de niveau entre le moteur et le déversoir de trop-plein du réservoir d'alimentation).

b) La force motrice est tarifée à 20 centimes par cheval théorique et par heure, soit, pour une chute hydrostatique de 125 mètres, à $\frac{20^c \times 1000^l \times 125^m}{75^{km} \times 3600''} = 9^c3$ par mètre cube.

c) Le branchem. de concession du moteur a 80 mètres de longueur et est alimenté *directement* par l'artère maîtresse de distribution.

d) La perte de charge moyenne de l'artère au point de raccordement est de 6^m lorsque la turbine du chemin de fer funiculaire Lausanne-Ouchy est au repos, et de 16^m lorsque la turbine est en marche.

Type du calcul.

On arrive au résultat en procédant par approximations successives : dans une première opération, nous donnerons à l'effet utile de la force hydrostatique la valeur moyenne de 0,67, qui suppose une force théorique de six chevaux et représente une consommation d'eau motrice de $\frac{75^{km} \times 4^{ch}}{0,67 \times 125^m} = 3^l6$ par seconde pour l'hydromoteur; puis, remarquant qu'à ce débit et à des diamètres de 5, 6, 7 et 8 cm. correspondent, d'après l'abaque, des pertes de charge de :

Seite / page

leer / vide /
blank

Diamètre	Perte de charge		Vitesse moyenne de l'eau dans le tuyau
	Par mètre courant	Totale sur 80 mètres	
5cm	0 ^m 210	16 ^m 80	1 ^m 80
6cm	0 ^m 080	6 ^m 40	1 ^m 20
7cm	0 ^m 035	2 ^m 80	0 ^m 90
8cm	0 ^m 018	1 ^m 44	0 ^m 70

et introduisant cette valeur approchée dans le calcul; celui-ci fournira, à son tour, une valeur plus approchée de l'effet utile et de la dépense. Suivant le résultat, on appréciera si l'approximation est suffisante ou s'il faut aller plus loin. (Tableau V.)

TABLEAU III.

Comparaison des pertes de charge dues à divers diamètres dans l'hypothèse d'une dépense uniforme de 6 litres par orifice et minute.						
(1 ^{re} maison. — Orifices ramenés par hypothèse au niveau du 2 ^e étage.)						
Destination du tuyau	Débit par minute	Diamètre	Longueur	Perte de charge dépensée		Vitesse moyenne de l'eau
				Par m. courant	Totale	
Branchements d'étage.	6 litres	3/8" (9mm)	5m	2 ^m 100	10 ^m 50	1 ^m 60
		1/2" (12mm)	»	0 ^m 400	2 ^m 00	0 ^m 87
		3/4" (19mm)	»	0 ^m 030	0 ^m 15	0 ^m 32
Colonne montante	30 litres	3/4" (19mm)	20m	0 ^m 750	15 ^m 00	1 ^m 65
		1" (25mm)	»	0 ^m 165	3 ^m 30	1 ^m 00
Branchement de concession collectif	90 litres	1 1/2" (37mm)	180m	0 ^m 175	31 ^m 50	1 ^m 32
		1 3/4" (44mm)	»	0 ^m 080	14 ^m 40	0 ^m 95
		2" (50mm)	»	0 ^m 036	6 ^m 50	0 ^m 75
		2 1/4" (56mm)	»	0 ^m 019	3 ^m 42	0 ^m 61

TABLEAU IV.

Comparaison des orifices de sujexion (première maison) au point de vue des charges dépensées, dans l'hypothèse d'un écoulement uniforme de 6 litres à la minute par orifice.						
Orifices à desservir	Niveaux	Pertes de charge principales			Pertes de charge secondaires	Somme des résistances active et passive
		Branchements d'étage diam. 3/8", 1/2", 3/4"	Colonne montante diam. 3/4"	Branchement de concession collectif diam. 1 3/4"		
Rez-de-chaussée	3 ^m 50	10 ^m 50	9 ^m 75	14 ^m 40	1 ^m 50	39 ^m 65
1 ^{er} étage	7 ^m 00	10 ^m 50	11 ^m 40	14 ^m 40	1 ^m 50	44 ^m 80
2 ^e »	10 ^m 50	2 ^m 00	12 ^m 35	14 ^m 40	1 ^m 50	40 ^m 75
3 ^e »	14 ^m 00	2 ^m 00	12 ^m 80	14 ^m 40	1 ^m 50	44 ^m 70
4 ^e »	17 ^m 50	0 ^m 15	12 ^m 90	14 ^m 40	1 ^m 50	46 ^m 45

Le résultat du calcul fait ressortir l'influence considérable exercée sur l'effet utile par la résistance des parois lorsque la longueur du tuyau de concession et la vitesse de l'eau dépassent certaines limites. Il indique, en outre, la valeur de la pression piézométrique de marche, renseignement nécessaire au constructeur pour déterminer les proportions et l'allure de l'hydro-moteur correspondant au maximum de rendement.

Rappelons, en terminant, qu'il y aurait généralement à tenir compte d'un terme de plus pour l'évaluation des pertes de charge dans les problèmes analogues, si le branchement de concession était détaché d'une conduite secondaire, au lieu d'être alimenté, comme ici, directement par l'artère maîtresse de distribution.

TABLEAU V.

Comparaison de l'effet utile au travail absolu d'un hydromoteur de 6 chevaux théoriques pour divers diamètres de branchement, le cheval théorique (hydrostatique) étant pris comme unité.								
Branchement : Longueur, 80m. Débit : 3.6 litres par sec. Diamètre de :	Effort théorique absolu (125 m.)	Effort transmis par l'eau à l'origine du branchement de concession, en tenant compte de la perte de charge due à la conduite maîtresse.		Effort transmis par l'eau à l'hydromoteur, en tenant compte de la perte de charge totale due à la conduite maîtresse et au branchement de concession.		Effet utile total développé par cheval théorique absolu, en tenant compte des diverses pertes de charge et en évaluant à 75 % le rendement de l'hydromoteur lui-même.		
		1er CAS Turbine L.-O. au repos	2e CAS Turbine L.-O. en marche	1er CAS Turbine L.-O. au repos	2e CAS Turbine L.-O. en marche	1er CAS Turbine L.-O. au repos	2e CAS Turbine L.-O. en marche	
5cm	100 %	95 %	87 %	82 %	74 %	61.5 %	55.5 %	
6cm	»	»	»	90 %	82 %	67.5 %	61.5 %	
7cm	»	»	»	93 %	85 %	69.8 %	63.8 %	
8cm	»	»	»	94 %	86 %	70.5 %	64.5 %	

Prix de revient de la force motrice par heure de cheval, déduit des résultats ci-dessus.								
Branchement : Longueur, 80m. Débit : 3.6 litres par sec. Diamètre de :	Valeur par cheval théorique absolu	Valeur tenant compte de la perte de charge due à la conduite maîtresse seule.		Valeur tenant compte de la perte de charge due à la conduite maîtresse et au branchement de concession.		Valeur tenant compte des pertes de charge dues aux deux conduites et du rendement de l'hydromoteur.		
		1er CAS	2e CAS	1er CAS	2e CAS	1er CAS	2e CAS	
5cm	20 cent.	21 cent.	23 cent.	24.4 cent.	27 cent.	32 cent.	36 cent.	
6cm	»	»	»	22.2 »	24.4 »	29.6 »	32.5 »	
7cm	»	»	»	21.5 »	23.5 »	28.6 »	31.3 »	
8cm	»	»	»	21.3 »	23.2 »	28.4 »	31 »	

SOCIÉTÉ VAUDOISE DES INGÉNIEURS
ET DES ARCHITECTES

Séance du 22 mars 1884, au cercle de Beau-Séjour
à Lausanne.

Présidence de M. L. Gonin.

Vingt à vingt-cinq membres, seulement, sont présents.

Exposé de la gestion financière de l'exercice 1883-1884 par le caissier, nomination de MM. Guisan et Aloys van Muyden comme vérificateurs, vérification et approbation des comptes.

La contribution annuelle pour 1884 est maintenue à 8 fr.

Renouvellement du comité.

M. Gonin est réélu président. MM. Delarageaz et Aloys van Muyden, ingénieurs, sont nommés en remplacement de MM. de Blonay et Meyer, membres sortant.

La nomination de MM. Verrey, fils, architecte, comme secrétaire, et Perey, ingénieur, comme caissier, faite par le comité, est agréée par l'assemblée.

M. Gonin fait part à l'assemblée du décès de M. John Terisse, ingénieur et membre de la société à laquelle il portait un vif intérêt.

Communication d'une lettre du Comité central au sujet de la réunion de la Société suisse à Lausanne, en 1885.

M. Gonin expose l'état de la question, les difficultés que sa réalisation peut rencontrer, et qu'il ne juge pas au-dessus des forces de la Société vaudoise ; il estime qu'il y a pour elle une obligation morale à accepter, une telle réunion n'ayant pas eu lieu à Lausanne depuis 1862, et propose l'entrée en matière

par la nomination d'une commission chargée d'examiner la question et de rapporter pour une prochaine assemblée générale.

Après une discussion à laquelle prennent part MM. Grenier, Dapples, Verrey et van Muyden, l'assemblée vote l'entrée en matière et la nomination par le bureau d'une commission d'étude de sept membres.

Rapport de la commission nommée pour examiner la proposition de M. Sambuc, relative aux cheminées. (M. Dapples, rapporteur.)

Sans partager toutes les idées de M. Sambuc, sur l'opportunité d'une réduction des dimensions des cheminées, elle conclut à l'envoi d'une pétition au Grand Conseil.

Sur la proposition de M. Rouge, l'assemblée décide l'impression du rapport dans le bulletin et une discussion subséquente de la pétition.

Exposé de M. Fraisse, ingénieur, sur les projets à l'étude pour la correction du Rhin vers son embouchure dans le lac de Constance, et spécialement sur les points de vue divergents de MM. les ingénieurs Wey et Légler.

Le bureau a reçu :

a) De M. Morel-Fatio, un ouvrage de M. Lenormand, architecte à Paris, sur l'usage des constructions métalliques dans l'antiquité ;

b) Du gouvernement saint-gallois, divers documents se rapportant à la correction du cours inférieur du Rhin ;

c) de M. Paul Mayor, une brochure sur des calculs d'équilibre.

Vu l'heure avancée, l'exposé de M. de Sinner sur les mines est renvoyé à une prochaine séance.