Abaque logarithmique pour le calcul des conduites d'eau sous pression

Autor(en): **Muyden, A. van**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin de la Société vaudoise des ingénieurs et des architectes**

Band (Jahr): **10 (1884)**

Heft 1

PDF erstellt am: **29.04.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-11152

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.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://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 :

$$(1) \qquad RJ = b_1 u^2 = \left(\alpha + \frac{\beta}{R}\right) u^2$$

et la relation :

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

qui, à elles deux, lient les quatre variables pour des vitesses moyennes comprises entre 0m10 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_1 la valeur $\alpha + \frac{\beta}{R} = 0.001014 \times \frac{0.000013}{R}$, se rapportant à des tuyaux depuis longtemps en service[1], 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) :

$$Q = \frac{\pi}{\sqrt{(2)^5 b_1}} \sqrt{D^5 J} = \frac{0.55537}{\sqrt{b_1}} \sqrt{D^5 J}$$

et ramenée à la forme :

$$(3) \qquad q = k \sqrt{d^5 j} = \frac{0.00055537}{\sqrt{10\, b_1}} \sqrt{d^5 j}$$

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.

[1] Le coefficient spécifique des tuyaux neufs a pour valeur :

$$b_1 = 0.000507 + \frac{0.00000647}{R}.$$

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 tuyax*, Paris 1857, pag. 111, 114 et 228.)

TABLEAU I.

Valeurs de R	Valeurs correspondantes de b_1
0m005	0.003602
0m010	0.002308
0m015	0.001875
0m025	0.001530
0m04	0.001334
0m06	0.001228
0m09	0.001156
0m15	0.001100
0m20	0.001078
0m30	0.001057
0m40	0.001046
0m50	0.001040

TABLEAU II.

Valeurs de d	Valeurs correspondantes de k
1cm	0.00293
2cm	0.00365
3cm	0.00406
5cm	0.00449
8cm	0.00481
12cm	0.00501
18cm	0.00517
30cm	0.00530
40cm	0.00535
60cm	0.00540
80cm	0.00543
100cm	0.00545

C'est de cette dernière expression qu'il a été fait usage pour calculer l'abaque (en interpolant graphiquementles 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 (1re livraison du *Bulletin*).

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

$$(4) \qquad \begin{aligned} X &= \log k + 2{,}5 \log d ; \\ Y &= 0{,}5 \log j ; \\ Z &= \log q ; \\ Z &= X + Y. \end{aligned}$$

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 :

1er 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 conces-

[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 pontset 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 :

Branchement de concession collectif : 1re maison : 180 mètres. 2e et 3e maisons : 12 et 24 mètres en plus.

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

Branchements 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 (branchement de concession collectif, colonne montante et branchements 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 branchement de concession collectif.. $1\ 3/4''$
» des colonnes montantes ..... $3/4''$
» des branchem. d'ét. { rez-de-chaussée et 1er étage $3/8''$; 2e et 3e étages..... $1/2''$; 4e étage..... $3/4''$

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 $3/4$ la perte de charge et le débit sont liés par la relation :

Hauteurs successives	Débit par minute	COLONNE MONTANTE DE $3/4''$			
		Perte de charge par m. courant	Longueur par section	Perte de charge	
				Totale par section	Cumulée
Rez-de-chaussée	30 lit.	0^m750	13^m00	9^m75	9^m75
1er étage	24 »	0^m475	3^m50	1^m65	11^m40
2e »	18 »	0^m275	3^m50	0^m95	12^m35
3e »	12 »	0^m123	3^m50	0^m45	12^m80
4e »	6 »	0^m030	3^m50	0^m10	12^m90

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 branchement de concession n'entraîne aucune modification des dimensions de l'appareillage intérieur : l'augmentation de charge est de $0^m035 \times 12$ m. $= 0^m42$ pour la seconde maison (débit du prolongement de branchement de concession : 60 litres) et de $0^m42 + 0.0085 \times 12$ m. $= 0^m52$ pour la troisième maison (débit : 30 litres) seulement.

Observons, en terminant, que lorsqu'on dispose, comme c'est ici le cas, de branchements d'étages d'une certaine longueur, on obtient une compensation satisfaisante des charges sur les orifices aux divers étages, et par conséquent des puisages, simplement en variant les diamètres de ces branchements 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.

2e 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 branchement, 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 branchement de concession du moteur a 80 mètres de longueur et est alimenté *directement* par l'artère maîtresse de distribution.

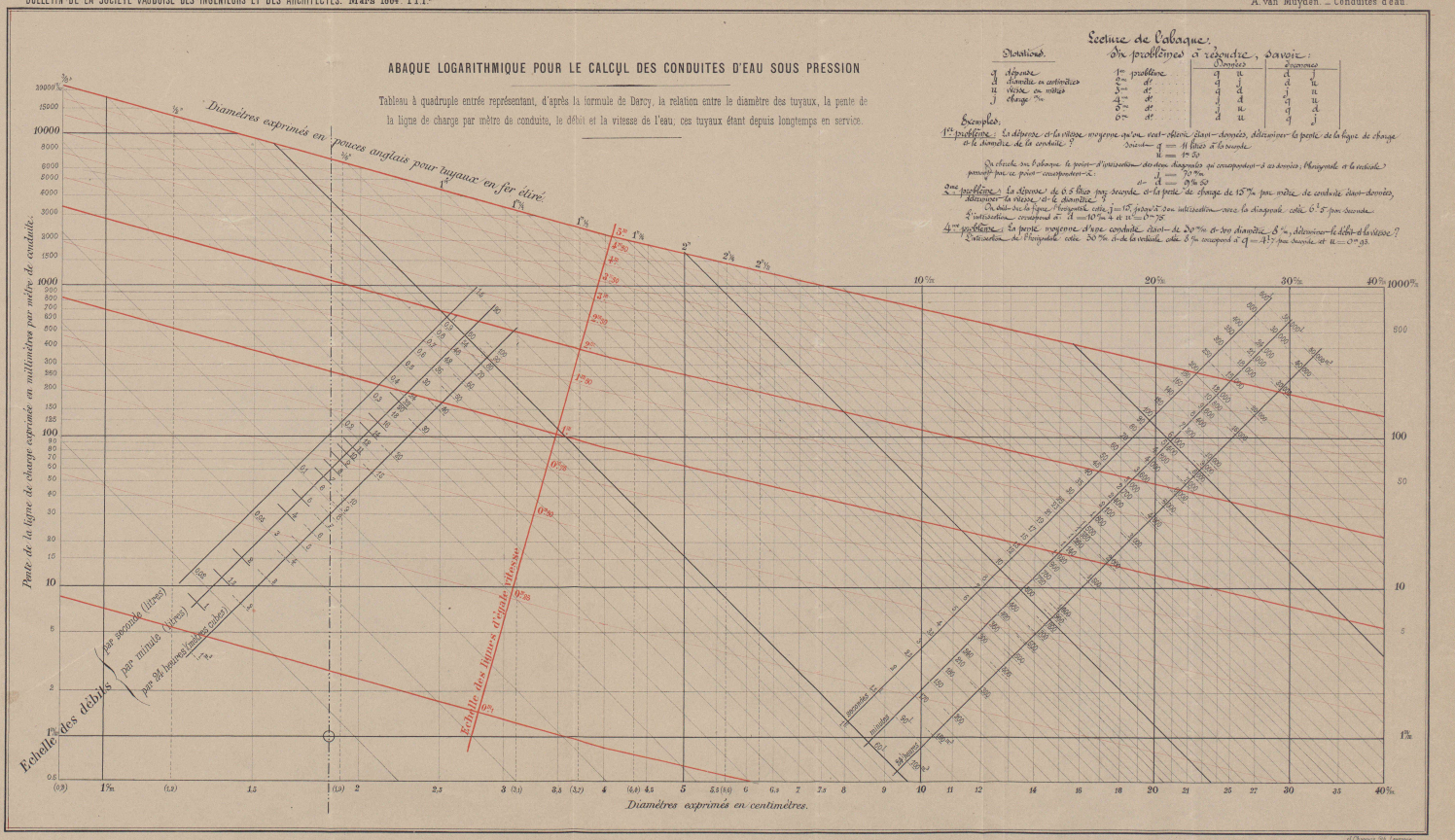
d) La perte de charge moyenne de l'artère au point de raccordement est de 6^m lorsque la turbine du chemin de fer funiculaire Lausanne-Ouchy est au repos, et de 16^m lorsque la turbine est en marche.

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 :

ABAQUE LOGARITHMIQUE POUR LE CALCUL DES CONDUITES D'EAU SOUS PRESSION

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 de conduite, le débit et la vitesse de l'eau; ces tuyaux étant depuis longtemps en service.



Lecture de l'abaque.

Notations.

q dépense
d diamètre en centimètres
u vitesse en mètres
j charge m/m

Six problèmes à résoudre, savoir:

	Données	Inconnues
1er problème	q u	d j
2me dt	q j	d u
3me dt	q d	j u
4me dt	j d	q u
5me dt	j u	q d
6me dt	d u	q j

Exemples:

1er problème: La dépense et la vitesse moyenne qu'on veut obtenir étant données, déterminer la pente de la ligne de charge et le diamètre de la conduite?

Soient $q = 11$ litres à la seconde
$u = 1^m 50$

On cherche sur l'abaque le point d'intersection des deux diagonales qui correspondent à ces données; l'horizontale et la verticale passant par ce point correspondent à:

$j = 70$ m/m
et $d = 9$ m/m 50

2me problème: La dépense de 6.5 litres par seconde et la pente de charge de 15 m/m par mètre de conduite étant données, déterminer la vitesse et le diamètre?

On doit sur la figure l'horizontale cotée $j = 15$, jusqu'à son intersection avec la diagonale cotée $6^l.5$ par seconde. L'intersection correspond à: $d = 10$ m/m 4 et $u = 0^m 75$

4me problème: La pente moyenne d'une conduite étant de 30 m/m et son diamètre 8 m/m, déterminer le débit et la vitesse? L'intersection de l'horizontale cotée 30 m/m et de la verticale cotée 8 m/m correspond à $q = 4^l.7$ par seconde et $u = 0^m 93$.

Chappuis Sch. Lausanne.

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	0m210	16m80	1m80
6cm	0m080	6m40	1m20
7cm	0m035	2m80	0m90
8cm	0m018	1m44	0m70

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.)

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'hydromoteur 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 III.

Comparaison des pertes de charge dues à divers diamètres dans l'hypothèse d'une dépense uniforme de 6 litres par orifice et minute.

(1re maison. — Orifices ramenés par hypothèse au niveau du 2e 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	2m100	10m50	1m60
		1/2″ (12mm)	»	0m400	2m00	0m87
		3/4″ (19mm)	»	0m030	0m15	0m32
Colonne montante	30 litres	3/4″ (19mm)	20m	0m750	15m00	1m65
		1″ (25mm)	»	0m165	3m30	1m00
Branchement de concession collectif....	90 litres	1 1/2″ (37mm)	180m	0m175	31m50	1m32
		1 3/4″ (44mm)	»	0m080	14m40	0m95
		2″ (50mm)	»	0m036	6m50	0m75
		2 1/4″ (56mm)	»	0m019	3m42	0m61

TABLEAU IV.

Comparaison des orifices de sujétion (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	Excédent de la pression piézométrique de 50 mètres sur la charge dépensée.
		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	3m50	10m50	9m75	14m40	1m50	39m65	10m35
1er étage	7m00	10m50	11m40	14m40	1m50	44m80	5m20
2e »	10m50	2m00	12m35	14m40	1m50	40m75	9m25
3e »	14m00	2m00	12m80	14m40	1m50	44m70	5m30
4e »	17m50	0m15	12m90	14m40	1m50	46m45	3m55

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 Terrisse, 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.

LAUSANNE. — IMP. GEORGES BRIDEL.