AGENCY FOR INTERNATIONAL DEVELOPMENT
WASHINGTON, D. C. 20523

BIBLIOGRAPHIC INPUT SHEET

FOR AID USE ONLY
Batch 70

1. SUBJECT CLASSIFICATION

A. PRIMARY: Science and technology — TC00-0000-0000

B. SECONDARY: Applications

2. TITLE AND SUBTITLE

Distribution des eaux: les compteurs d'eau; selection,installation,essais,et entretien

3. AUTHOR(S)

(101) Am.Water Works Assn.,New York

4. DOCUMENT DATE	5. NUMBER OF PAGES	6. ARC NUMBER
1964	86p.	ARC 628.1.A512a

7. REFERENCE ORGANIZATION NAME AND ADDRESS

AID/AFR/RTAC

8. SUPPLEMENTARY NOTES *(Sponsoring Organization, Publishers, Availability)*

(In Collection: techniques am.,43)
(In AID community water supply technical ser.no.1)

9. ABSTRACT

10. CONTROL NUMBER	11. PRICE OF DOCUMENT
PN-AAE-843	

12. DESCRIPTORS

Water meters
Water services
Water distribution

13. PROJECT NUMBER

14. CONTRACT NUMBER
AID/AFR/RTAC

15. TYPE OF DOCUMENT

AID 590-1 (4-74)

A. I. D.
Community Water Supply
Technical Series N° 1 (F)

Techniques Américaines
N° 43

DISTRIBUTION DES EAUX

LES COMPTEURS D'EAU

SÉLECTION, INSTALLATION ESSAIS ET ENTRETIEN

Manuel des Compteurs
AWWA M6

Centre Régional d'Éditions Techniques
Agency for International Development (A.I.D.)
France
1964

La version originale du présent manuel intitulée « WATER METERS », publiée par l'American Water Works Association (AWWA), a été traduite en français avec l'autorisation spéciale de cette Association, en tant que contribution à l'AWWA au Programme Mondial de Distribution d'Eau mis en œuvre par l'Agency for International Development, Community Water Supply Branch, Office of Technical Cooperation and Research, Washington, D.C.

Pour obtenir des exemplaires de cette brochure ou des renseignements techniques relatifs à la mise en œuvre ou à la gestion des programmes de distribution d'eau, prière de s'adresser à :

MISSION U.S. AID

AMBASSADE DES ETATS-UNIS D'AMERIQUE

(Capitale du pays d'où émane la demande)

ou directement à :

Community Water Supply Development Program

Office of Technical Cooperation and Research

AGENCY FOR INTERNATIONAL DEVELOPMENT

Washington 25, D.C.

U.S.A.

La présente brochure fait partie d'une série de traductions publiées par l'Agency for International Development (A.I.D.) du Département d'Etat des Etats-Unis dans le cadre de sa participation au Programme Mondial de Distribution d'Eau, en vue de procurer aux pays d'expression française des normes et des manuels techniques qui n'existaient jusqu'à présent qu'en anglais et en espagnol.

La brochure originale, intitulée « Water Meters », a été élaborée et publiée en anglais par l'American Water Works Association (AWWA), 2 Park Avenue, New York 16, N.Y., qui détient les droits de reproduction, de traduction, d'adaptation et d'exécution (© 1959) pour tous les pays.

Par autorisation spéciale de l'AWWA, le Centre Régional d'Editions Techniques (CRET) de l'A.I.D. a fait traduire et imprimer la présente édition en langue française. Ce Centre relève du Département d'Etat, Agency for International Development, Washington D.C., qui l'a chargé d'établir et de diffuser des traductions françaises de publications techniques dans le cadre du programme de développement de l'A.I.D. dans les pays d'expression française.

Préface

Les renseignements contenus dans cette brochure sont fondés sur nos meilleures connaissances. Nous pensons que les appareils et procédés décrits sont utilisables dans les conditions normales; on devra par contre, dans les cas particuliers, juger de leurs possibilités. Rien dans ce manuel n'a été conçu pour remplacer, ni ne doit être considéré comme remplaçant, les normes officielles sur les compteurs de l'AWWA.

Nous remercions, pour l'amabilité avec laquelle elles ont fourni les illustrations de cette brochure, les compagnies suivantes : Badger Meter Mfg. Co., Milwaukee, Wis.; B.I.F. Industries, Inc., Providence, R.I.; Buffalo Meter Co., Buffalo N.Y.; Calmet Meter Div., Worthington Corp., Fort Worth, Tex.; The Ford Meter Box Co., Wabash, Ind.; Gamon Meter Div., Worthington Corp., Newark, N. J.; Hersey Mfg. Co., Dedham, Mass.; Neptune Meter C., New York; The Pitometer Assocs., New York; Rockwell Mfg. Co., Pittsburgh, Pa.; Simplex Valve & Meter Co., Lancaster, Pa.; Sparling Meter Co., El Monte, Calif.

Le fait que des appareils de marques déterminées sont représentés dans les illustrations n'implique pas qu'ils sont agréés par la AWWA, ni que les appareils d'autres marques ne sont pas aussi bien adaptés à leur fonction.

Membres du Comité 8610 D (1959)

JAMES C. CARNS Jr., *Président*

Représentants des utilisateurs	*Représentants des producteurs*
M. B. CUNNINGHAM	R. R. ANDERSON
A. P. KURANZ	H. F. BARRETT
W. E. MACDONALD	W. B. CAMBRIDGE
H. W NIEMEYER	P. R. CARLON
G. C. SOPP	F. G. HUNDLEY
W. V. WEIR	J. E. JOHNSTON
Henry WILKENS Jr.	J. F. O'GRADY

Représentants de la NEWWA

REEVES NEWSOM, *Président*

F. S. BRAINARD — R. H. ELLIS

CHAPITRE PREMIER

Historique des méthodes et appareils de mesure des débits d'eau

On accorde généralement assez peu d'attention, de nos jours, aux méthodes de mesure des débits d'eau. Et pourtant, comme nous l'apprend l'histoire, il a fallu beaucoup de temps pour parvenir au niveau scientifique que l'on considère aujourd'hui comme normal.

On a récemment publié un fort intéressant résumé de nos connaissances sur le sujet, dû au regretté Charles G. RICHARDSON. Il a si bien su ordonner les faits dans leur contexte historique qu'il est bien normal que le premier chapitre de cette brochure ne soit guère qu'un réarrangement d'extraits de son travail :

Un article en allemand, daté de 1953, de Martin SCHAACK, ingénieur à Karlsruhe, intitulé : « Hundert Jahre Wassermessung », décrit en détail les premières tentatives qui ont été faites pour mesurer les débits d'eau. Les paragraphes suivants méritent d'être cités :

« Si l'on désire avoir une vision complète des progrès réalisés dans les techniques de mesure des débits d'eau il est impossible de passer sous silence l'Antiquité.

« Dans l'oasis Gadames, en Afrique du Nord, on a utilisé, pendant 3 000 ans, une sorte de débitmètre, qui servait à répartir équitablement l'eau de la source entre les cultivateurs. On procédait ainsi : on puisait un pot d'eau à la source. Le pot avait un trou, par lequel l'eau s'échappait, ce qui prenait trois minutes. Chaque propriétaire de terrain recevait l'eau de la source pendant le temps qu'il fallait pour exécuter cette opération un certain nombre de fois, nombre fixé préalablement par un comité *ad hoc*. L'homme qui se trouvait à la source, et qui connaissait le programme d'irrigation, jetait dans la rigole un brin de paille lorsque le tour de l'utilisateur était terminé. Lorsque ce brin de paille arrivait à hauteur de la parcelle qui avait droit au tour suivant d'irrigation, son propriétaire ouvrait la vanne d'admission à son champ, et fermait celle du champ précédent. De cette façon on assurait un partage équitable.

« Nous sommes plein d'admiration devant les techniques antiques de répartition d'eau telles qu'elles ressortent des études détaillées que l'on a faites à propos de leur législation.

« Le territoire de Babylone, arrosé par deux fleuves, a été le premier « grenier antique » à bénéficier d'un programme d'irrigation. L'eau de l'Euphrate et du Tigre se déversait alternativement d'un fleuve dans l'autre, c'est-à-dire s'écoulait d'une façon systématique, alternativement du Tigre à l'Euphrate, puis de l'Euphrate au Tigre, et ainsi de suite.

« Il n'est pas impossible que la Tour de Babel, outre son rôle bien connu de temple, ait servi également de centre de commande de la distribution d'eau. On retrouve des exemples fort proches d'une telle technique de régulation dans la Ruhr et en Hollande.

« Les Chinois et les Egyptiens ont su creuser des puits importants (jusqu'à 500 mètres de profondeur). Après la conquête des Indes, les Anglais ont été stupéfaits de découvrir des retenues d'eau d'une capacité de

80 000 000 de mètres cubes derrière des barrages de 20 kilomètres de long ayant 6 mètres de haut; ces réalisations supportent la comparaison avec les barrages modernes. Et pourtant elles n'ont pas bénéficié de nos connaissances actuelles.

« Il parait certain que la conduite d'eau qui allait du Mont Hagis Georgios au château de Pergame, en franchissant deux vallées, était faite de bronze, un matériau coûteux. C'est sans doute pourquoi on n'en a pas retrouvé un seul morceau. Il ne reste que les blocs de pierre qui servaient à ancrer les extrémités de la conduite. »

Les modules romains.

Pendant près d'un demi-siècle, jusqu'en 313 avant J.-C., les

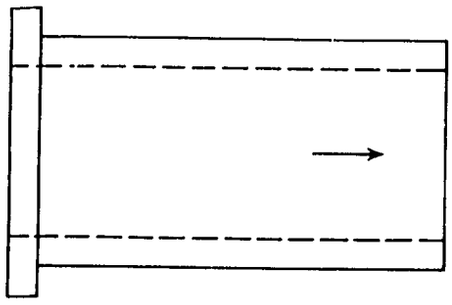


Fig. 1.1. — Calibre (ou module) romain

Simple tube de bronze de section déterminée.

citoyens romains se contentèrent de prendre l'eau qu'il leur fallait dans le Tibre, dans des puits et à des sources. Ces ressources se révélèrent bientôt incapables d'assurer les besoins de cette ville en rapide expansion, tout comme il arrive de nos jours. On construisit alors le premier grand aqueduc, l'aqueduc Appien, puis, quarante ans plus tard, l'aqueduc Anio Vetus; au cours des trois siècles suivants, sept autres aqueducs furent construits.

Frontin, édile des eaux, en donne une description métieuleuse dans les deux tomes du *De Aquis Urbis Romae* (traduits en anglais par Clemens Herschel sous le titre *The Water Supply of the City of Rome*), « Les adductions d'eau de la ville de Rome ». Cet ouvrage de Frontin, fort rare, constitue une curiosité de bibliophile.

Nous ne pouvons nous contenter de citer seulement le nom de Frontin. La charge d'édile des eaux (entre 35 et 104 après J.-C.) a été confiée, dès l'origine, aux citoyens les plus éminents. Frontin peut être cité en exemple à tous ses successeurs pour le dévouement et la minutie qu'il a apportés à son travail, ainsi que pour sa fermeté. On lira avec intérêt et étonnement ses volumineux rapports, qui décrivent les progrès accomplis, en son temps, dans la fabrication des tuyaux, appareillages, robinets à boisseau, siphons inversés *, fontaines ornementales et bains, et même dans les méthodes de mesure et de filtration.

Herschel nous fournit cet intéressant commentaire :

« On doit se rappeler que nous évoquons les travaux d'un peuple essentiellement pratique. Les Romains étaient des ingénieurs, et non des architectes ou de purs savants; ils enseignaient à choisir ce qui était le plus utile, plutôt que ce qui était d'une belle conception. Leurs goûts n'allaient pas à la « science pour la science », mais ils ont porté au plus haut point, en en utilisant au maximum les possibilités, pour l'époque, l' « art de domestiquer les forces de la nature pour les mettre au service de l'homme »; c'est là le métier de l'ingénieur du génie civil. »

Après avoir décrit par le menu la construction des neuf aqueducs, Frontin écrit :

« Maintenant que j'ai indiqué le nom des constructeurs et l'âge de chaque aqueduc, son origine, sa longueur et son profil, il me semble qu'il n'est pas en dehors du sujet d'entrer dans certains détails, tels que : quelles quantités d'eau servent à l'usage public et privé, ou au luxe; par combien de citernes passe-t-elle, et dans quels quartiers celles-ci sont situées; *quelle quantité* est distribuée à l'in-

(*) Terme désignant la partie d'un aqueduc qui se trouve en dessous de la ligne piézométrique et se transforme en conduite sous pression. (N.D.T.)

térieur de l'enceinte de la ville, et quelle quantité à l'extérieur; combien consomment les bassins, les fontaines, les établissements publics, les services d'état, les particuliers. Cependant, avant de parler des *Quinaria, Centenaria,* et autres ajutages de mesure, j'estime nécessaire d'indiquer leur origine, leur débit, capacité ou valeur, ainsi que la signification de ces déliminations; puis de montrer, après avoir donné les règles qui permettent de calculer leurs dimensions et leur capacité, comment j'ai découvert leurs inconvénients, et la façon dont je les ai corrigés.

« Les modules ou jauges de mesure sont classés par nombre de doigts ou de pouces. Le doigt est utilisé en Campanie et la plupart des régions d'Italie; les pouces en Apulie et ailleurs. On s'accorde à dire que le doigt vaut un seizième de pied, et le pouce un douzième. De plus, de même qu'il y a une différence entre doigt et pouce, les doigts diffèrent entre eux : il y a les carrés et les ronds. Le doigt carré est plus grand que le doigt rond de trois quatorzièmes (de lui-même); le doigt rond plus petit que le doigt carré de trois onzièmes (de lui-même). La différence provient évidemment de la suppression des angles. »

Quelques paragraphes plus loin, on trouve cette surprenante affirmation :

« Les ajutages sont repérés soit par leur diamètre ou circonférence, soit par la surface de passage de leur section droite; une quelconque de ces données permet de calculer le débit. »

Nous nous tournons naturellement vers Herschel, qui nous fournit l'ironique commentaire ci-dessous :

« Voyons quelles idées gouvernaient l'hydraulique à l'époque de Frontin. De tout ce qu'il ignorait, le plus gênant était la totale impossibilité où il se trouvait de mesurer la vitesse de l'eau, ou même de s'en faire une idée approximative, que l'écoulement se fit dans un chenal ou dans une conduite fermée. C'est pourquoi il compare les débits d'eau uniquement au moyen de l'aire de leur section droite. Un pied carré a pour lui la même valeur, qu'il soit une fraction de la section d'une conduite de 8 pieds carrés, ou qu'il soit la somme des 200 tuyaux de plomb qui raccordent une citerne de distribution aux fontaines, bassins, habitations privées, et se déversent à autant de hauteurs différentes. Un spécialiste, de nos jours, jugera cela tout à fait stupide; et pourtant, même ceux qui devraient le savoir commettent encore la même erreur de nos jours. L'individu moyen parle d' « un débit qui remplirait un tuyau de 6 pouces », tuyau qui est l'exact homologue de la *quinaria* (0,907 pouces anglais, 23 mm) de Frontin; Des centaines de documents fournissent encore des débits mesurés en « pieds carrés d'eau », en matière de puissance hydraulique, comme si l'on n'avait jamais découvert les lois de la chute des corps et leur application à l'hydraulique. Ne pas en tenir compte, comme l'écrivait un ancien auteur italien à propos des taxes sur l'eau, c'est-à-dire mesurer un débit à l'aide de l'aire de sa section droite, revient à évaluer le volume d'un cylindre uniquement d'après la surface de sa base. »

Cependant, en lisant Frontin, on se rend compte que le fait d'utiliser cette unique méthode de mesure des débits le gênait souvent, puisqu'il écrit quelque part :

« N'oublions pas, à ce propos, que si l'eau s'écoule vers la citerne à partir d'un point plus élevé, et par une faible longueur de tuyau, on obtiendra, non seulement la quantité prévue, mais encore un excès; par contre, si elle provient d'un point peu élevé, si elle coule par conséquent sous une plus faible charge, et qu'elle est conduite sur une assez longue distance, son débit sera réduit par la résistance de la conduite; dans ce cas il faudra aider l'écoulement, ou le contrôler. »

En d'autres termes, on a besoin de faire une vérification *pour que le tuyau fournisse la quantité d'eau normale pour sa taille.* A un autre endroit, il écrit :

« ... il apparaît que l'évaluation que j'ai faite n'est pas trop élevée; l'explication en est que, provenant d'un fleuve rapide et large, le flot est plus impétueux et que le débit s'en trouve augmenté. »

Herschel poursuit ainsi ses commentaires :

« Et il continue ainsi, préoccupé par le fait que ses estimations fondées sur les sections droites, sans tenir compte ni des charges ni des vitesses, ne s'équilibrent pas. Certes, il a toujours toute prête une explication, telle

que fraude du personnel, des plombiers, ou d'autres, qui puisent de l'eau illégalement. »

Cela est d'autant plus surprenant que nous savons que Héron d'Alexandrie, considéré par certains comme le professeur de Frontin, avait antérieurement énoncé les principes suivants :

« N'oubliez jamais qu'il ne suffit pas, pour évaluer la quantité d'eau fournie par une source, de déterminer la section droite de l'écoulement. Admettons que celle-ci soit de 12 doigts carrés. Il est encore nécessaire de connaître la vitesse du courant, car plus celui-ci est rapide, et

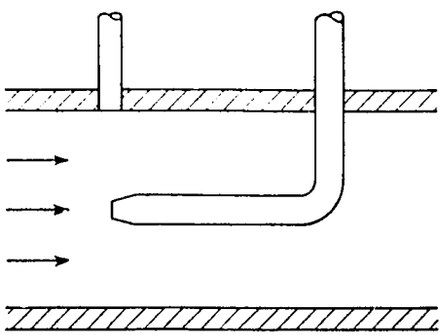


Fig. 1.3. — Tube de Pitot

Le tube de Pitot mesure la différence entre la pression hydrostatique et la pression hydrodynamique. En utilisant la relation qui lie le débit à la vitesse axiale, une simple mesure permet de déterminer approximativement le débit.

plus la source débite et inversement. C'est pourquoi, après avoir creusé un réservoir en dessous du flot, il faut, à l'aide d'un cadran solaire, évaluer la quantité d'eau qui s'y déverse en une heure, et en déduire le débit journalier. De cette façon il n'est pas nécessaire de mesurer la section droite de l'écoulement. »

Malgré les principes erronnés de Frontin, il y avait là, en germe, la technique de mesure des débits d'eau telle que la développèrent, plus tard, les Romains.

Suivons Herschel :

« Il était naturellement nécessaire de contrôler les quantités d'eau utilisées; c'est pourquoi les autorisations qui étaient accordées à Rome stipulaient que l'on avait le droit d'installer, sur les réservoirs ou citernes publics, qui étaient eux-mêmes alimentés directement ou à l'aide de conduites, par les aqueducs, un ajutage circulaire en bronze, c'est-à-dire un élément de tuyau, dûment estampillé par les autorités, d'une longueur d'au moins neuf pouces, et d'un diamètre déterminé, choisi habituellement parmi quinze valeurs normalement utilisées; l'eau devait s'écouler d'une façon naturelle par ces ajutages; pour assurer ce dernier point, la loi prévoyait que le tuyau de plomb (ou autre matière) qui prolongeait l'ajutage vers l'aval, devait avoir le meme diamètre que celui-ci, sur une longueur d'au moins 50 pieds, mesurée en aval de l'ajutage. »

Frontin se rendit effectivement compte qu'il y avait d'autres facteurs qui limitaient la quantité d'eau que l'on pouvait obtenir. Il dit :

« Un ajutage, disposé à angle convenable et de niveau, donne sa mesure normale; s'il est disposé dans le sens du courant et en pente, il débite davantage; s'il est dévié d'un côté de façon que l'eau s'en détourne, et faisant un angle avec la direction du courant, c'est-à-dire s'il est placé d'une façon moins favorable à la capture de l'eau, il recevra celle-ci lentement et en faible quantité.

« Il doit être laissé à chacun la possibilité de raccorder toute sorte de tuyaux de plomb à l'ajutage; mais il est souhaitable que ceux-ci aient, sur une longueur de 50 pieds, la même section intérieure que celle, certifiée, de l'ajutage, ainsi qu'il a été fixé par un vote du Sénat interdisant à toute personne autorisée à prélever de l'eau sur le réseau public d'utiliser un tuyau plus gros qu'une *quinaria* sur une longueur de 50 pieds à partir du réservoir d'alimentation. »

L'édile des eaux attire l'attention sur les fraudes commises en raccordant aux ajutages des tuyaux de plus grand diamètre, ce qui avait pour effet, comme il dit, de ne pas « retenir » l'eau sur la distance légale.

On peut voir, au musée de Naples, trois petits tuyaux de bronze, que l'on croit être d'authentiques ajutages, de 9 pouces de long.

pour 0,72 pouces de diamètre (229 mm et 18,3 mm).

Il était prévu que :

a) L'ajutage devait être installé à un endroit déterminé.

b) Le droit d'eau limitait la quantité que l'on pouvait tirer, et se terminait à l'expiration de l'autorisation.

c) La situation des orifices devait être fixée par l'autorité.

d) La forme, la dimension, et le matériau (bronze) des ajutages devaient être conformes aux prescriptions, et l'ajutage devait porter l'estampille officielle de l'autorité.

Frontin rapporte que des « truquages », outre celui mentionné plus haut à propos des tuyaux de raccordement trop larges ont été découverts, par exemple :

« Certains tuyaux ne sont pas raccordés à un ajutage. On les appelle tuyaux incontrôlés, et les employés du service en font varier la taille à leur gré;

« Lorsque le droit d'eau est transféré à un nouvel acquéreur, ils installent un nouvel ajutage sur le réservoir mais laissent l'ancien en place pour en tirer l'eau qu'ils veulent. »

Il ajoute, d'une façon significative : « Je crois que l'Edile doit tout particulièrement s'efforcer de mettre un terme à ces agissements ».

Le tube de Pitot.

En 1730, éminent ingénieur français, Henri Pitot (1695-1771, plongeait dans la Seine un tube de verre vertical dont l'extrémité, recourbée à 90°, était tournée face au courant. Il voulait savoir s'il existait une relation entre la hauteur d'ascension de l'eau dans le tube et la vitesse de l'écoulement (voir la figure 1-2). Deux ans plus tard, Pitot donnait, dans un compte rendu à l'Académie royale des Sciences, la relation de ses expériences et décrivait son dispositif qu'il avait complété par un second tube vertical mesurant la pression statique.

Il est à noter que l'année même où il découvrit que la hauteur à laquelle l'eau s'élevait dans son tube était proportionnelle au carré de la vitesse de l'écoulement, Jean Bernouilli publia, de son côté, la relation fondamentale qui lie la hauteur de charge au carré de la vitesse de l'eau circulant dans une conduite.

Cent vingt-cinq ans plus tard, Darcy, autre ingénieur français, apporta au tube de Pitot d'impor-

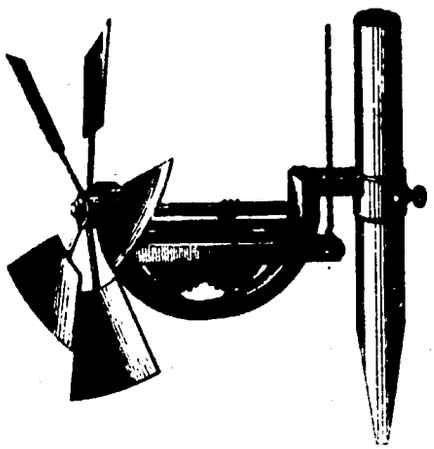


Fig. 1.3. — Disposition originale du compteur Woltman

Sous cette forme, le compteur Woltman ne pouvait mesurer des débits que dans un courant d'eau à l'air libre. La rotation du moulinet était transmise à un compteur par un train d'engrenages. Le compteur pouvait être calibré, pour une section d'écoulement connue, et donnait alors directement le débit.

tantes modifications qui améliorèrent la précision de lecture de la pression statique, tout en réduisant les oscillations de la colonne liquide.

Hiram F. Mills, de Boston, fut le premier ingénieur américain à se servir d'un tube de Pitot (1875); John R. Freeman l'utilisa à l'étude des lances d'incendie.

Par la suite, de nombreuses améliorations y furent apportées, notamment l'enregistrement pro-

tographique des variations de charge. Cet appareil s'est révélé très utile, spécialement pour la recherche des fuites dans les réseaux urbains de distribution d'eau.

Débimètres à diaphragme.

Les débimètres, dits à diaphragme, sont parmi les plus anciens appareils de mesure ou de régulation des débits de fluides; leur emploi par les Romains remonterait à l'époque de César. Cependant, la mise au point des diaphragmes minces, qui sont les plus utilisés, n'a commencé qu'au début de ce siècle et n'est pas encore terminé.

On a établi, pour divers types, les relations qui existent entre le débit et la pression différentielle, ainsi que la perte de charge provoquée par l'insertion de l'appareil dans la conduite. On trouvera facilement tous les renseignements sur ce sujet. Dans la publication de l'A.S.M.E. sur les débitmètres, 4e édition, on énonce les propriétés suivantes des diaphragmes minces classiques :

« La pression du fluide tombe brutalement au passage du diaphragme, et baisse encore un peu par la suite, le minimum étant atteint à une courte distance de la face de sortie du diapragme; au-delà, la pression remonte, lentement tout d'abord, puis rapidement sur une faible longueur, et enfin lentement à nouveau, jusqu'à ce que le second maximum soit atteint, à une distance de quelques diamètres du diaphragme. Comme l'écoulement n'est pas « guidé » ni à l'entrée ni à la sortie de l'étranglement, l'accélération et la décélération du fluide, que révèle le gradient de pression, sont accompagnées d'une forte turbulence, à laquelle correspond une dissipation d'énergie ou perte de charge, spécialement du côté aval. C'est pourquoi, pour un même rapport des diamètres, la pression maximale en aval est beaucoup plus faible pour un diaphragme que pour une tuyère. En d'autres termes, le pourcentage de la différence de pression que l'on récupère est légèrement plus faible pour un diaphragme que pour une tuyère, et beaucoup plus faible que pour un venturi. »

Dans les usines, on utilise largement les diaphragmes pour mesurer le débit des canalisations d'eau ou de pétrole; les municipalités s'en servent pour la mesure des débits de gaz.

Moulinets.

Benjamin Gottlob Hoffman publia à Hambourg, en 1790, une brochure décrivant un moulinet, inventé par Reinhard Woltman pour la mesure des débits d'air et d'eau. Il semble que ce fut le premier instrument bien adapté à cet usage. Depuis cette époque il a subi des modifications dans sa conception et sa réalisation.

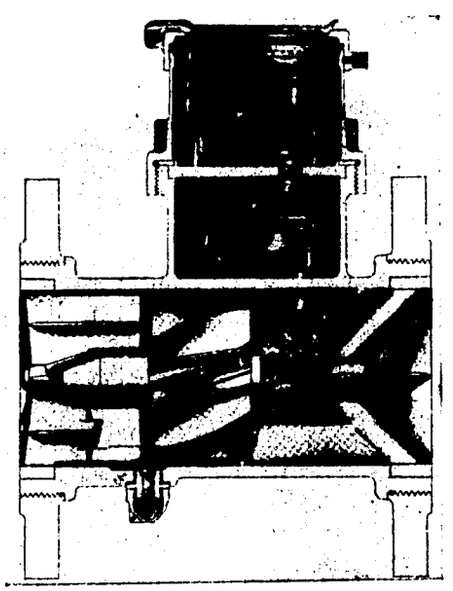


Fig. 1.4. — Forme perfectionnée du moulinet Woltman

Ce type, utilisant une roue de turbine, permettait de mesurer le débit dans la conduite même.

Un moulinet est généralement constitué par une roue hydraulique très légère, mue par le courant, qui porte sur son axe une vis sans fin actionnant des rouages et un totalisateur. Le débit se calcule d'après le nombre de tours effectués pendant un temps donné. Il

existe différents types de mécanismes. Un étalonnage est nécessaire pour chaque taille de compteur. Un manuel allemand, *Die Hydraulic*, par G. Meilzner, publié à Iéna en 1878, décrit, avec illustrations à l'appui (voir figure 1-3), le compteur de Woltman. A l'époque tout le monde n'était pas persuadé que l'on pouvait utiliser cet appareil dans une conduite fermée.

Schaack écrit à ce sujet :

« Le problème de la mesure de l'eau, sous sa forme moderne, s'est posé d'une façon aiguë lorsque, pendant cent ans environ, on dut, en Angleterre, agrandir les installations de distribution d'eau, afin de répondre aux besoins croissants des consommateurs. Le premier débitmètre fut un compteur actionné par une turbine à réaction, dont le carter en fonte moulée était revêtu de bronze et d'autres métaux non ferreux. Ce type d'appareil fut fabriqué en grande série à partir de 1852 et rendit de bons services en son temps. »

En Angleterre, le premier débitmètre fut conçu en 1850 par un certain Siemens en collaboration avec un certain Adams. Il était du type turbine à réaction, et Siemens obtint la permission de le faire fabriquer en Allemagne. La firme Siemens & Halske en commença la fabrication en 1865 environ.

Bien que ces appareils fussent censés, de par leur construction, donner des résultats d'une précision convenable, et apparemment y parvenaient, leur conception resta toujours empirique, et les lois hydrauliques de leur fonctionnement ne furent jamais bien établies.

Ils ont donné lieu à de grandes difficultés du fait de la corrosion, car les carters étaient en fonte moulée, et les parties d'usure intérieures en bronze.

On lit dans Schaack :

« Un pas décisif fut franchi lorsque, en 1865, on modifia le principe, en remplaçant la turbine à réaction par une turbine à action directe, dont le rôtor est beaucoup plus durable. Notre compteur à « roue à ailettes » actuel était créé, dans ses parties essentielles.

« Il demeura longtemps sous sa forme originale, jusqu'à ce que l'on connût la cause de l'érosion. Frédérich Lux découvrit plutôt par intuition que par déduction scientifique un nouveau procédé, qui consistait à remplacer par du caoutchouc durci la plupart des pièces métalliques du compteur. »

Ce fut Lux qui employa le premier l'ébonite dans la construction du mécanisme. Il y eut cependant bon nombre de difficultés au début, en raison du gonflement de ce matériau, et aussi à cause de la crainte, d'ailleurs injustifiée, d'une pollution de l'eau par le soufre utilisé dans la vulcanisation.

L'ébonite fut progressivement améliorée, et finalement admise en raison de sa résistance à la corrosion.

Pendant de nombreuses années, tous les compteurs étaient à axe vertical. Ceci exigeait naturellement que l'écoulement comporte deux coudes à angle droit. Ce fut Woltman qui conçut un compteur à axe horizontal, à passage direct.

Un article de l'A.S.M.E., de 1910, intitulé « Le débit des fleuves », signale que les premiers types de moulinets permettaient uniquement de mesurer les vitesses en surface, mais que : « vers 1790, Woltman a modifié son appareil de façon à permettre son utilisation en profondeur ». (Voir la figure 1-4.)

Compteurs à turbine.

Les compteurs mécaniques à turbine, appareils relativement modernes, sont conçus pour des conduites beaucoup plus grosses que les compteurs domestiques classiques. Ordinairement, l'appareil est intégré tout entier à la canalisation, et l'hélice est actionnée directement par le courant d'eau.

Il faut faire en sorte que le courant qui attaque l'hélice ne soit pas turbulent. Ceci exige généralement la mise en place d'un aubage directeur avant l'hélice.

La vitesse de rotation est transmise, mécaniquement ou électriquement, à un compteur ou

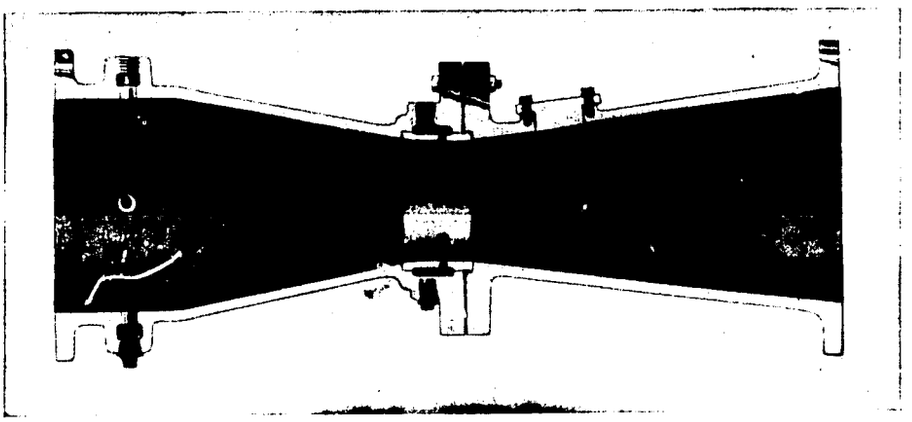


Fig. 1.5. — Venturi

Le passage du fluide par un étranglement ménagé dans une conduite sous pression, provoque une baisse de pression. La différence entre les pressions à l'étranglement et dans la conduite est fonction du débit et peut être utilisée pour mesurer ce dernier.

totalisateur séparé qui donne directement le volume débité.

Le Venturi.

Le Venturi (voir figure 1-5), inventé par Clément Herschel en 1887, a constitué une importante contribution à la mesure des débits d'eau.

Son principe et sa conception étaient entièrement nouveaux. Pour la première fois, on disposait d'un appareil simple et sans pièces mobiles que l'on pouvait installer sur toutes les canalisations, sans limitation de taille.

Les Venturi sont maintenant en service sur des conduites allant de ½ pouce (12,7 mm) à plus de 10 pieds (3 m); il suffit, dans cette vaste gamme de diamètres, de faire varier légèrement les coefficients. Les proportions géométriques ont été peu modifiées par rapport à celles établies par l'inventeur au cours de ses étalonnages originaux.

Les éléments essentiels, diaphragmes et tubes, doivent nécessairement être complétés par des accessoires tels que indicateurs, enregistreurs et totalisateurs, actionnés hydrauliquement, électriquement, ou pneumatiquement. On a réalisé dans ce domaine de nombreux types, variés dans leurs principes et leurs modes de fonctionnement.

Résumé.

Considéré sous son aspect historique, le problème de la mesure des débits d'eau constitue un sujet extrêmement vaste. Il est curieux de remarquer que, dans les archives des offices de brevets, on trouve plus d'inventions brevetables déposées à propos d'appareils de mesure des quantités d'eau, entre, disons, 1870 et 1900, qu'à propos de tout autre sujet. En fait, à quelques rares exceptions près, elles moururent toutes de leur belle mort.

En première approximation, le progrès technique a évolué comme suit :

1. La turbine à réaction.
2. Le compteur avec *division* intérieure du courant.
3. Le compteur volumétrique à piston plein alternatif.
4. Les compteurs rotatifs semi-positifs, tels que ceux à déplacement cylindrique, à déplacement elliptique, ou a disque oscillant.

CHAPITRE II

La fabrication des compteurs aux Etats-Unis

Alors que la plupart des appareils construits à l'étranger sont fondés sur la mesure de la vitesse du courant, on a cherché aux Etats-Unis, en suivant une voie différente, à mettre au point des appareils reposant sur une méthode plus directe. L'histoire de la fabrication des compteurs aux Etats-Unis embrasse les cent dernières années.

Les anciens modèles américains.

Bien que des brevets de compteurs de liquides aient été délivrés antérieurement, on pense que le premier compteur américain a été celui proposé en 1850 par William Sewell, de Williamsburg (N. Y.). Quant au premier effectivement fabriqué, il est attribué à Henry R. Worthington, de New York, et date de 1857.

Ces modèles anciens étaient du type à piston et s'inspiraient de la classique distribution à tiroirs en D des machines à vapeur. Le modèle original du compteur de Worthington comportait deux cylindres et pistons, et les lumières d'admission et de refoulement étaient disposées de façon que l'un des cylindres se vidât pendant que l'autre se remplissait. Par l'action des pistons le débit était sujet à des pulsations, et il en résultait d'importantes pertes par frottement.

En 1876, un brevet fut délivré pour un compteur utilisant deux pistons rotatifs, qui fut suivi, vers 1880, par un projet d'appareil à piston rotatif unique (figure 2-2). Le compteur à piston (ou disque) oscillant qui nous est familier a été breveté en 1887 et 1888 (figure 2-3).

Les anciens compteurs d'eau causèrent bien des difficultés, parmi lesquelles on peut citer : leur débit insuffisant, les fortes pertes dues au frottement, le bris des pistons, et les dégats entraînés par le gel de l'appareil.

Le carter en fonte antigel ne fut adopté que plus tard; le brevet date de 1896.

On s'aperçoit vite que, malgré les améliorations apportées à leur conception, et leur nombreux avantages intrinsèques, les compteurs volumétriques devraient faire place à d'autres types si l'on voulait mesurer de plus grands débits et limiter les pertes par frottement. Les renseignements dont on disposait sur les débitmètres étrangers incitèrent sans aucun doute les Etats-Unis à construire des compteurs analogues pour les grands débits. Le compteur combiné permit de faire des mesures précises dans une gamme plus large que celle des compteurs des deux types composants.

Dans le même temps, les exigences des stations de pompage et des grandes installations industrielles obligèrent à rechercher un moyen d'évaluer avec précision les très grands débits, qui excédaient les possibilités des appareils basés sur la mesure de la vitesse.

Clément Herschel, alors qu'il était ingénieur hydraulicien de la

Water Power Co. de Holyoke (Mass.), fut intrigué de constater que l'on ne pouvait pas mesurer les quantités d'eau qu'utilisaient un certain nombre de vastes ensembles industriels, parmi lesquels vingt-cinq fabriques de papier. Pendant des années il consacra ses moments de liberté à ce problème. Finalement, il eut en 1886 l'idée d'un tube engendrant une pression différentielle, qu'il nomma Venturi, à la mémoire de l'ingénieur italien qui, cent ans auparavant, établit le premier qu'un fluide sous pression, en passant dans un convergent où sa vitesse augmente, voit sa pression diminuer, et que le phénomène inverse produit dans un divergent : diminution de la vitesse et augmentation de la pression.

Herschel a ouvert la voie aux débitmètres à pression différentielle, procédé qui s'est étendu depuis aux diaphragmes et à différents types de convergent-divergent.

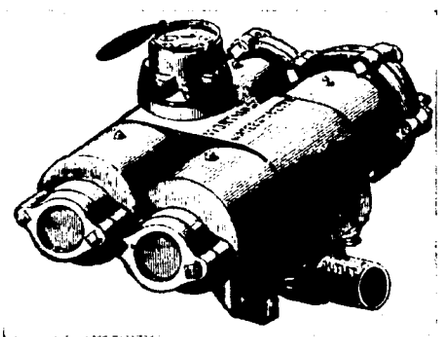


Fig. 2.1. — Compteur à double piston

Cet appareil a été le premier compteur d'usage courant fabriqué aux Etats-Unis. Bien qu'il date de plus de cent ans, son principe de fonctionnement est sensiblement le même que celui des compteurs modernes.

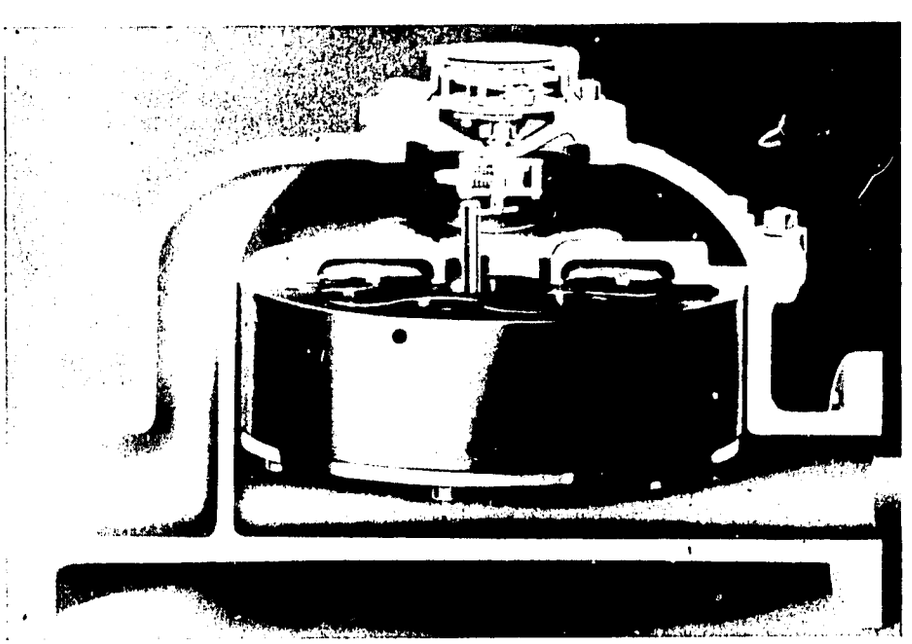


Fig. 2.2. — Un des premiers compteurs à piston rotatif

Le modèle a été breveté vers 1880. Bien qu'il représentât une amélioration par rapport au modèle à double piston, il produisait une importante perte de charge.

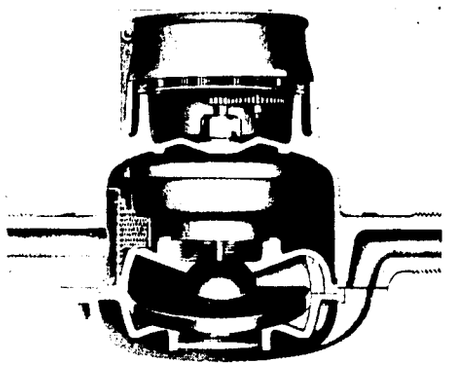


Fig. 2.3. — Compteur à disque oscillant

Ce modèle d'appareil, qui a été breveté en 1887-1888, est le plus utilisé aux Etats-Unis pour les usages domestiques.

Compteurs à usage special.

On a mis au point des compteurs destinés à des applications particulières, tels que les débitmètres de canalisation d'incendie et le tube de Pitot. Les premiers sont issus du conflit entre les désirs des assureurs, qui ne voulaient pas qu'on limite le débit des canalisations desservant les installations privées de lutte contre le feu, et les exigences des services d'alimentation relatives à la mesure de l'eau ainsi consommée. Deux types de compteurs spéciaux furent approuvés, le premier datant de 1916. Hiram F. Mills, de Boston, fut le premier à utiliser, en 1875, un pitotmètre. Plus tard, John R. Freeman s'en servit pour la mesure des jets. A l'heure actuelle ce même type d'appareil sert essentiellement à mesurer le débit des bouches à incendie. Edward S. Cole a mis au point, en 1896, un pitotmètre combiné (figure 2-4) permettant la mesure dans les canalisations sous pression. La surveillance des fuites, et la mesure du débit des conduites sont faites avec cet appareil.

Au début des années 1920, sont apparus des trains d'engrenages sous carter dans l'huile, alors qu'auparavant ces engrenages étaient soumis à l'action de l'eau, qui y jouait le rôle de lubrifiant. Ils ont permis de vaincre une grande partie des difficultés créées par des eaux corrosives, et la plupart des compteurs actuellement fabriqués en sont équipés.

Normalisation.

La première tentative sérieuse de normalisation n'aboutit qu'en 1921, après de nombreuses années de travail d'un comité composé de membres de la AWWA, de la NEWWA, et des fabricants de compteurs. Auparavant il y avait des différences entre les longueurs, les capacités et les pertes de charge des divers appareils. Les travaux de ce comité ont été révisés à la fin des années 1930, et les normes actuelles de la AWWA pour les compteurs à eau froide datent du début des années 1940. On trouvera à la fin de ce chapitre une liste de ces normes. Il est heureux que l'on se soit penché suffisamment tôt sur ce problème, sans quoi nous serions encore dans la situation incohérente qui existe à l'étranger. Le paragraphe suivant, qui est extrait du texte de l'exposé fait par R. P. Van Royen, d'Amsterdam, au Congrès de l'Association des Directeurs des Services des Eaux, tenu en Hollande en 1937, décrit clairement cette situation :

« La grande diversité qui prévaut en matière de compteurs d'eau, à propos de leur fabrication, de leur encombrement, des raccords (tant pour l'alésage que pour le filetage) est bien connue. Le fabricant et l'utilisateur sont également responsables de cet état de fait. Le premier, non seulement refuse de modifier la conception de ses appareils, ce qui est excusable, pour autant qu'il cherche ainsi à fournir le meilleur modèle possible, mais conserve également des détails qui lui sont particuliers, tels les filetages par exemple. De cette façon, une fois qu'il a réussi à imposer son filetage dans un secteur, il augmente ses chances d'éliminer la concurrence dans ce secteur. Mais, d'un autre côté, des fabricants ont pris l'habitude, pour se conformer aux désirs de l'utilisateur, de fournir des équipements dont les détails étaient réalisés à la

demande et différaient de ceux des modèles normaux. Quelques vagues essais de normalisation, par exemple pour les dimensions d'encombrement et les raccords, n'ont abouti qu'à accroître la diversité. J'ai pu noter, dans la littérature allemande, qu'une certaine firme fabriquait 65 types de compteurs de 3 m³ (3 m³/h, soit 13 gallons/minute), du fait, entre autre, de l'existence de 15 longueurs différentes (entre 130 et 220 mm), de 11 sortes d'embouts filetés (dont le diamètre varie de 23 à 58 mm), comportant 10 tailles de joints. Les carters/boîtes pour compteurs (jusqu'à 40 mm) étaient au nombre de 1 850. »

Il est souhaitable de poursuivre la normalisation des compteurs de fabrication américaine, ce qui exigera des travaux supplémentaires, surtout pour les compteurs enregistreurs. Les Etats-Unis sont tellement plus avancés que les autres pays, que ces améliorations ne doivent pas être impossibles à réaliser.

La concurrence est le ferment du système américain de libre entreprise, et il y a naturellement concurrence pour la vente de compteurs, ainsi que dans les autres domaines commerciaux. Dès qu'il apparaît une possibilité de gagner de l'argent, on trouve toujours, comme il est d'ailleurs souhaitable, des personnes ou des groupes pour apporter leur concours financier et se lancer dans l'entreprise.

En ce qui concerne la fabrication et la vente des compteurs d'eau, il semble que trois politiques commerciales distinctes aient été suivies dans le passé, à l'époque où ces appareils n'étaient pas très répandus. Certaines firmes, ayant mis au point un bon modèle de base, s'y tenaient tout en incorporant des améliorations ou en favorisant l'interchangeabilité. D'autres lançaient constamment de nouveaux modèles, un peu de la même façon que dans l'industrie automobile, tandis qu'un troisième groupe, ayant copié un modèle ou la forme d'un modèle réputé, s'efforçait de vendre la copie, à moindre prix que l'original, dans des régions délimitées. Comme d'habitude, c'est en fin de compte l'expérience qui a permis à la clientèle de savoir quel était le modèle le plus économique, un faible prix d'achat n'étant pas obligatoirement déterminant, surtout pour un équipement destiné à un aussi long service. Le taux de mortalité, parmi les firmes qui fabriquaient des compteurs, était élevé. En 1920 elles étaient quatorze à fabriquer les modèles ordinaires destinés aux consommateurs, mais leur nombre avait diminué de moitié en 1959. Une concurrence acharnée subsiste néanmoins,

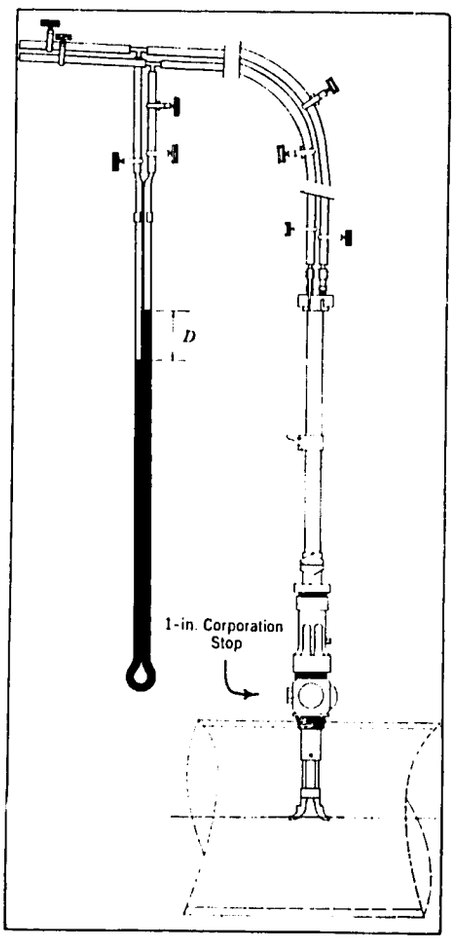


Fig. 2.4. — Tube de Pitot amélioré

Cette variante du tube de Pitot, conçue par E.S. Cole en 1886, sert à la surveillance des fuites et à mesurer le débit des canalisations.

et la qualité moyenne des produits fabriqués s'est améliorée notablement au cours des années.

Histoire des brevets.

Afin de fournir quelques éléments sur l'histoire du progrès des compteurs de fluides aux Etats-Unis, nous avons donné une liste de brevets, dans l'ordre chronologique de délivrance, dans le tableau 2-I. Il y a certaines discordances entre les dates des brevets et celles du début de la fabrication, car celle-ci commence généralement dès le dépôt du brevet, dont la délivrance n'intervient que plusieurs années plus tard.

Liste des normes AWWA.

La liste ci-dessous indique les normes de l'AWWA, se rapportant aux compteurs d'eau froide, qui étaient en vigueur en 1959. Comme les normes peuvent changer, on doit toujours se référer à la der-

TABLEAU 2.I

Liste des brevets U.S. délivrés à des constructeurs de compteurs et d'accessoires

N° du Brevet	Année	Inventeur	Désignation
425	1837	J. Bogardus	Compteur à diaphragme
8741	1853	J. Hartin	Compteur à piston pour chaudières
9746	1852	W. H. Lindsey	Compteur à piston
11040	1871	L. F. Buschman	Compteur de fluides
127907	1872	H. S. Maxim	Compteur de liquides
161621	1875	H. S. Maxim	Compteur de liquides
168354	1875	A. Swasey	Compteur d'eau
168854	1875	D. C. Taylor	Compteur d'eau
177733	1876	H. S. Maxim	Compteur de liquides
229187	1880	R. J. Rogers	Compteur d'eau
264375	1882	W. F. Travis	Compteur d'eau
300630	1884	L. H. Nash	Compteur à piston oscillant
332935	1885	L. H. Nash	Compteur proportionnel
336146	1886	L. H. Nash	Compteur proportionnel
375023	1887	J. Thomson & Lambert	Compteur à disque
379805	1888	L. H. Nash	Compteur à piston à nutation
476104	1892	J. Thomson	Compteur proportionnel
485437	1892	J. Thomson	Compteur à disque
520197	1894	J. Thomson	Compteur à disque
602377	1898	J. Thomson	Dispositif de protection
742947	1903	C. C. Worthington	Compteur d'eau
756431	1904	J. Thomson	Compteur d'eau
785923	1905	J. A. Tilden	Compteur
934504	1909	F. N. Connet	Compteur de fluide
966316	1910	H. I. Dilts	Compteur d'eau
971510	1910	J. A. Tilden	Compteur
1001578	1911	J. N. Burton	Compteur d'eau
1146674	1915	I. Van Gilder	Enregistreur à bain d'huile
1244634	1917	E. H. Ford & A. Neff	Système électrique de lecture
1492571	1924	W. L. Marden	Trains d'engrenage sous carter dans l'huile
1492572	1924	W. L. Marden	Disque de comptage à lecture directe
1495010	1924	E. H. Ford	Diaphragme entre disque et enregistreur
1710563	1929	E. Allen	Dispositif de nettoyage de la glace
1724272 1724873	1929	E. H. Ford	Verrouillage magnétique pour compteur
1808209 1808210 1808211 1808212	1931	G. G. Earl	Appareillage pour mesure précise de petits débits

nière édition. On peut obtenir une liste à jour de l'American Water Works Association, 2, Park Avenue, New York 16 (N. Y.). On peut commander des exemplaires des normes à l'AWWA, même adresse.

C700-46 AWWA Norme pour les compteurs d'eau froide. Type à à déplacement.

C701-47 AWWA Norme pour les compteurs d'eau froide. Type à mesure de vitesse.

C702-47 AWWA Norme pour les compteurs d'eau froide. Type à combiné.

C703-49 AWWA Normes pour les compteurs d'eau froide. Type pour réseau de lutte contre l'incendie.

C704-50 AWWA Norme pour les compteurs d'eau froide. Type courant, mû par turbine.

C705-57T, projet de norme AWWA pour les essais de compteurs à eau froide.

CHAPITRE III

Types de compteurs couramment utilisés dans les systèmes de distribution d'eau

Nous avons vu, dans ce qui précède, qu'il existe trois méthodes fondamentales pour mesurer les quantités d'eau passant par les canalisations, à savoir : 1) par déplacement d'un volume, 2) par la mesure de la vitesse, 3) à l'aide d'une différence de pression. A l'intérieur de chacune de ces classes, on trouve diverses subdivisions qui précisent le procédé de mesure utilisée. Elles se rapportent aux types de pistons ou de disques de déplacement, ou à la façon dont on produit la différence de pression.

Compteurs à déplacement.

On peut distinguer parmi les compteurs à déplacement ceux à pistons alternatifs, à pistons rotatifs, à piston oscillants et à disque.

Les deux derniers types (fig. 3-1) sont seuls construits depuis de nombreuses années pour les branchements courants ordinaires. Ils utilisent exactement le même principe, sauf en ce qui concerne le mouvement du piston. Leur chambre de mesure, dans laquelle est ajusté le piston, forme un tout séparé. Les orifices d'entrée et de sortie sont disposés de part et d'autre de la chambre. Le piston (ou le disque) lorsqu'il effectue une rotation complète, déplace effectivement un volume d'eau égal à celui de la chambre (qui est inférieur à celui du piston). Au-dessus de la chambre de mesure, on trouve un train intermédiaire d'engrenages, qui permet de transformer le mouvement du piston en unités de mesure convenables. La chambre et le train d'engrenages sont placés dans un carter conçu pour faciliter le démontage des parties internes. Au sommet se trouve le dispositif enregistreur. La liaison avec le train d'engrenages se fait à travers un joint à presse-étoupe, à l'aide d'un jeu de deux roues dentées, que l'on appelle les engrenages de changement d'échelle.

La description qui suit est destinée à montrer la façon dont le déplacement de l'eau dans la chambre de mesure est transmis à l'enregistreur puis converti en unités courantes de mesure. La vitesse des pistons de compteurs de $\frac{5}{8}$ de pouce (16 mm) est limitée, par les normes en vigueur (1958) de l'AWWA, à 435 révolutions ou oscillations par minute, mais dans la plupart des cas, reste sensiblement inférieure à cette valeur. De plus, les compteurs comportent un train de réduction de 3 à 5 engrenages. Dans l'exemple ci-dessous, une vitesse de piston correspondant à 310 oscillations par pied cube (28,3 litres) se combine à un train de réduction à 4 engrenages.

Le volume de la chambre de mesure du compteur pris comme exemple est par suite d'environ 1/310 de pied cube, et il faut s'ar-

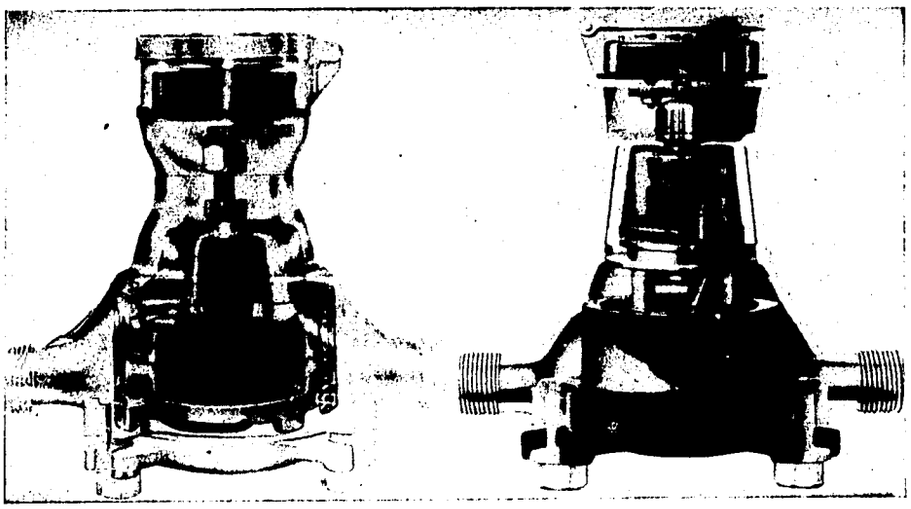


Fig. 3.1. — Compteur à déplacement (volumétrique)

Les deux types de compteurs ci-dessus sont : à piston oscillant (à gauche) et à disque oscillant (à droite).

ranger pour qu'au bout de 310 révolutions de l'axe du disque, la petite aiguille de l'enregistreur ait fait un tour, ce qui correspond à un pied cube.

Le train d'engrenages intermédiaire est formé de 4 jeux de pignons de réduction dentés, chaque pignon menant ayant 7 dents, et chaque pignon mené 28.

L'enregistreur (ou appareil d'essai), qui doit donner la valeur en pieds cubes, comporte une roue dentée de 24 dents sur l'axe de sortie de presse-étoupe, et une roue de 29 dents solidaire de l'aiguille.

Pour tout train d'engrenages, la démultiplication résultante est obtenue en faisant le produit des rapports de réduction de chaque engrenage, et ces rapports sont égaux au quotient du nombre de dents de la route menante par celui de la roue menée. Par suite, pour notre compteur, la démultiplication cherchée de 310 à 1, entre l'axe du disque et l'aiguille, est obtenue comme suit :

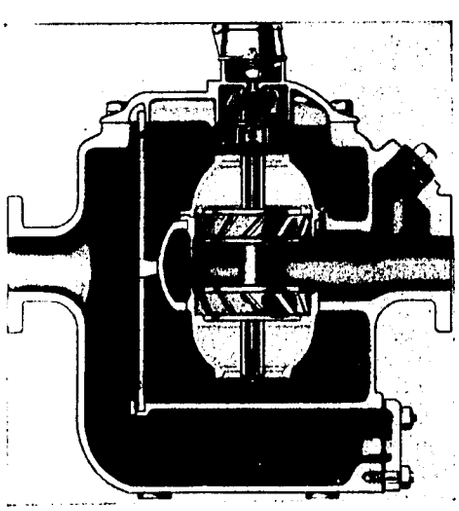


Fig. 3.2. — Compteur à turbine

C'est l'un des types correspondant à la norme AWWA C 701. La rotation d'une roue à palettes est transmise directement au dispositif enregistreur par un train d'engrenages.

$$310 \times \frac{7}{28} \times \frac{7}{28} \times \frac{7}{28} \times \frac{7}{28} \times \frac{24}{29} = \frac{7{,}440}{7{,}424} = \text{environ } 1$$

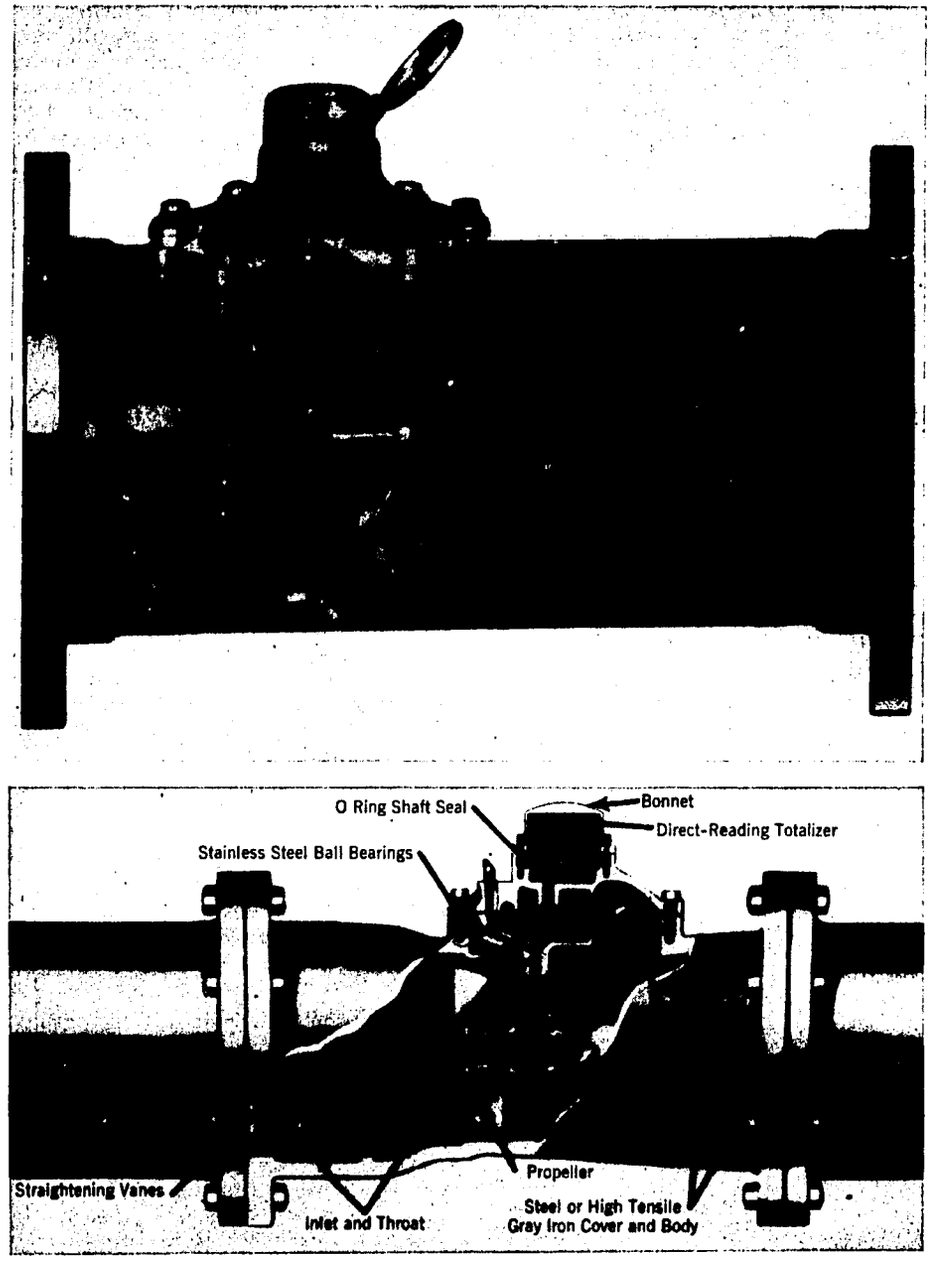


Fig. 3.3. — Compteurs de vitesse

Ces modèles sont couverts par la norme AWWA C704.

Si l'on désire faire la mesure en gallons (3,8 litres) il suffit d'avoir un autre jeu d'engrenages. Par exemple, si la roue sur l'axe de sortie du presse-étoupe porte 24 dents, et celle de l'enregistreur 39, et comme le nombre de révolutions de l'axe du disque passe de 310 à 413 1/3 par tour d'aiguille (soit un accroissement de 1/3 dû au fait que 10 gallons valent 4/3 de pied cube), on aura :

$$413\ 1/3 \times \frac{7}{28} \times \frac{7}{28} \times \frac{7}{28} \times \frac{7}{28} \times \frac{24}{39} = \frac{9{,}920}{9{,}984} = \text{environ } 1$$

Donc la petite aiguille de l'enregistreur fera un tour complet pour 10 gallons.

Les exemples montrent qu'avec un même appareil on peut faire la mesure en différentes unités, en changeant simplement les engrenages et le cadran de l'enregistreur. Manifestement ceci présente un grand intérêt au point de vue du prix de revient de la fabrication, bien que ce ne soit pas la seule raison pour laquelle on puisse être amené à modifier les engrenages. Cette technique permet en effet également de compenser les écarts de précision, que ceux-ci soient dûs aux tolérances de fabrication, à l'usure, on a certaines conditions d'emploi. Ce type de compteur est couvert par la norme C700 de l'AWWA.

Compteurs à mesure de vitesse.

On désigne plus communément ces appareils sous le nom de compteurs de courant ou compteurs de vitesse. Le modèle pour usage normal est normalisé (norme C701 de l'AWWA), et on en trouvera un exemple sur la figure 3-2. Un autre type répond à la norme C704 AWWA sur les compteurs de courant, pour eau froide, à entraînement par hélice (voir les exemples de la figure 3-3).

On fait quelquefois des confusions en raison de l'existence de deux normes distinctes s'appliquant sensiblement au même type d'appareil. Aussi nous faut-il préciser la raison de cette dualité. La norme AWWA initiale s'appliquait aux compteurs fabriqués à l'époque (1923), et destinés à servir d'appareils de comptage général. Les spécifications qui les concernent indiquent que : les chambres de mesure (ou cages) des compteurs de courant doivent être faites en bronze ou autre alliage non ferreux, et de construction monobloc (avec leur carter). On devra pouvoir aisément les démonter pour les sortir du carter principal.

Les spécifications de 1923 (révisées) figurent dans la norme AWWA C701 et sont encore valables pour les compteurs en service dans les installations ordinaires. Cependant, en même temps que l'on construisait et utilisait ce type d'appareil, d'autres fabricants produisaient un compteur de courant destiné à des utilisations spéciales, telles que la mesure des débits fournis par les stations de pompage (là où les installations plus coûteuses, du type Venturi, ne paraissaient pas justifiées). Les appareils de ce dernier type ne satisfont pas, à certains égards, à la AWWA 701, en particulier parce que leur chambre de mesure en bronze ou autre alliage non ferreux n'est pas monobloc, mais est formée d'une partie du corps principal ou de la canalisation même dans laquelle elle se trouve. Le nombre d'utilisateurs de ces appareils s'accroissant, il a été jugé nécessaire de fixer des spécifications les concernant, ce qui a fait l'objet de la norme AWWA C704.

Le principe de fonctionnement est le même pour les deux types : la vitesse du courant d'eau, en passant entre les pales de la turbine, la fait tourner à une vitesse proportionnelle à celle du courant. Le mouvement est transmis au compteur enregistreur par des engrenages analogues à ceux décrits à propos du compteur à déplacement.

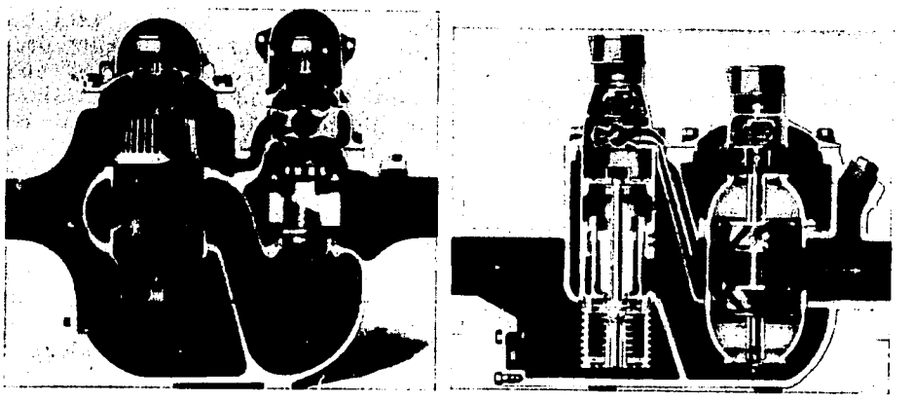


Fig. 3.4. — Deux types de compteurs combinés

Les deux figures ci-dessus montrent deux exemples de ces compteurs : l'un est un compteur de vitesse, l'autre un compteur à disque à nutation ou à piston, pour la mesure des petits et des gros débits. Un dispositif de vannage automatique dirige l'écoulement dans le compartiment convenable.

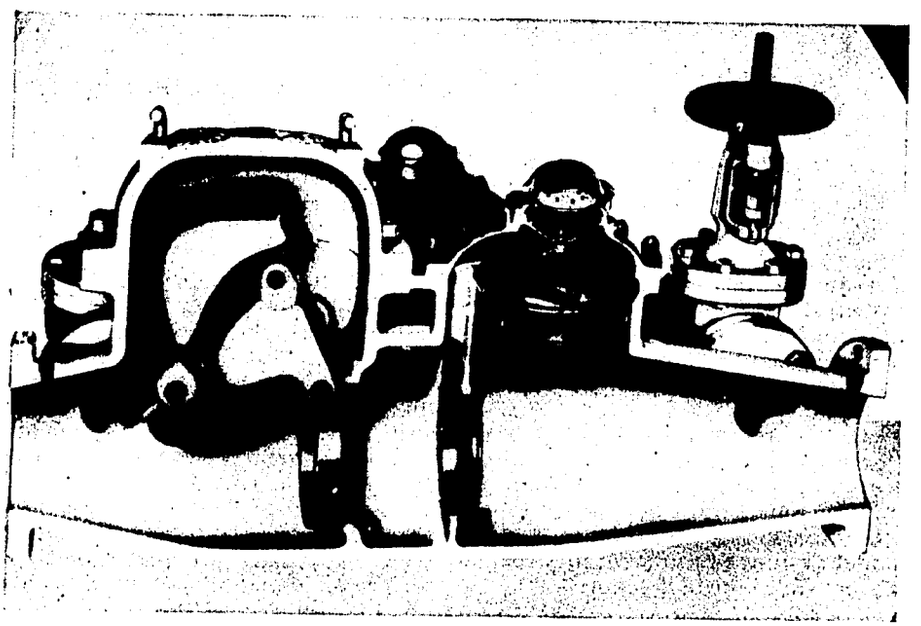


Fig. 3.5. — Compteur pour canalisation d'incendie

Dans ce type de compteur, une partie seulement du débit passe dans la chambre de mesure. Ce train d'engrenages est prévu de façon à effectuer un enregistrement proportionnel au débit total.

Compteurs combinés.

Les compteurs combinés (fig. 3-4) qu'utilisent les consommateurs sont définis par la norme AWWA C702. Ils sont, soit monobloc, soit en deux parties. Le compteur combiné est essentiellement une combinaison de deux compteurs, un compteur à déplacement, et un compteur de courant. Il est agencé de façon qu'une vanne fasse passer l'eau, soit par un compteur, soit par l'autre (en pratique par celui qui permet la mesure la plus précise). Le compteur de courant peut naturellement fournir une mesure précise dans la gamme pour laquelle il a été conçu, mais lorsque le débit qui traverse l'appareil devient insuffisant, la vanne d'admission se ferme, et le courant est dévié vers la partie qui contient le compteur à disque, qui est plus petit.

Ce compteur possède les caractéristiques des deux types, mais crée une plus forte perte de charge, à haut débit, que chacun des types composants, en raison des frottements qui se produisent au passage de la vanne de déflection.

Compteurs pour canalisation d'incendie.

Les compteurs pour canalisations d'incendie (fig. 3-5), pour lesquels deux constructeurs seulement sont approuvés par la N.B.F.U., sont appelés aussi compteurs proportionnels. Ils ressemblent aux compteurs combinés, avec certaines modifications dues à la nécessité de satisfaire les exigences en matière de perte de charge et de libre passage de l'eau. Lorsque la vanne de déflection est ouverte, l'eau passe librement à travers le compteur. Une partie du débit est prélevée sur le courant principal et envoyée soit sur un dispositif de mesure de vitesse, soit sur un appareil à disque, les engrenages de ceux-ci étant ainsi conçus que l'enregistreur n'indique pas seulement la quantité prélevée, mais également celle qui est passée par la canalisation principale, d'où le terme de proportionnel. Aux faibles débits, la vanne se ferme, et l'eau emprunte un by-pass vers un compteur. Ce by-pass emprunte un passage différent de celui qui sert pour la mesure à fort débit (vanne ouverte), et le compteur est également distinct.

Ce type de compteur n'est pas recommandé, en général, pour d'autres utilisations que la mesure du débit des canalisations d'incendie. Il est défini par la norme AWWA C703.

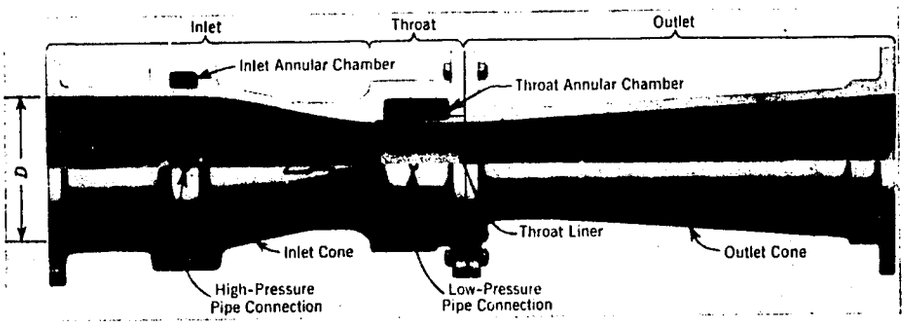


Fig. 3.6. — Tube Venturi

La caractéristique la plus remarquable du tube Venturi est de ne comporter aucune partie mobile, étant donné qu'il ne mesure que des différences de pression par le moyen de manomètres extérieurs.

Compteurs à pression différentielle.

Bien que les quatre types de compteurs décrits jusqu'ici soient ceux que le service des eaux fait

utiliser par les consommateurs habituels, qu'ils concernent donc plus spécialement, il existe d'autres types destinés à des cas particuliers, et c'est pourquoi nous donnons ci-dessous un résumé de leurs caractéristiques. Ces compteurs reposent sur des principes établis par Venturi. En fait, l'appareil consiste en un étranglement de la conduite, qui fait baisser la pression, et accroît par ailleurs la vitesse de l'eau qui coule dans la canalisation. L'étranglement est généralement un convergent-divergent ou un diaphragme. La chute de pression est proportionnelle au débit, et on la convertit en unités de mesure à l'aide d'un compteur enregistreur.

Les compteurs à pression différentielle causent, par rapport aux autres types, une plus faible perte de charge, et peuvent être conçus en plus grands diamètres. Aussi les utilise-t-on beaucoup pour la mesure du débit des stations de pompage et autres débits importants.

Ils se composent, pour l'essentiel, de trois dispositifs distincts :

1. Le dispositif créant la pression différentielle (convergent-divergent ou diaphragme);
2. Un appareil qui mesure et enregistre cette différence;
3. Un appareil de transmission, nécessaire seulement dans le cas où l'enregistreur se trouve à une certaine distance du convergent-divergent ou du diaphragme.

On trouvera ci-dessous une description très schématique du compteur à Venturi, destinée à faire comprendre le principe de son fonctionnement :

Le Venturi constitue une section de la conduite. Lorsque le fluide entre dans le convergent, sa vitesse s'accroît rapidement, tandis que la pression décroît en proportion, jusqu'à ce que l'étranglement soit atteint. A cet endroit, la vitesse du fluide peut être plusieurs fois celle observée à l'entrée. Après l'étranglement, le fluide entre dans le divergent, dans lequel sa vitesse décroît progressivement, tandis que sa pression s'accroît, jusqu'à ce qu'il atteigne le plein diamètre de la conduite à l'extrémité du divergent.

Le convergent se compose d'un court cylindre, A, et d'un cône tronqué B (fig. 3-6). Il y a généralement dans cette section un anneau piézométrique, ou chambre annulaire, quelquefois appelée « bague », qui fait le tour de la conduite. La pression du liquide se communique à la chambre annulaire par l'intermédiaire de fentes percées dans la paroi intérieure de la chambre, et régulièrement espacées. Ces fentes sont généralement revêtues de bronze, ou autre métal résistant à la corrosion. La paroi extérieure de la chambre torique porte un ou plusieurs trous, l'un d'entre eux étant raccordé par la canalisation haute pression à l'instrument de mesure.

Le col fait suite au convergent, et, comme son nom l'indique, c'est la partie la plus étroite de la conduite. Il porte une garniture intérieure de bronze, ou autre métal au besoin, dont le rôle est essentiellement d'éviter la corrosion et l'entartrage dans cet endroit critique. On fait un usinage de finition soigné de la garniture, afin de l'amener au diamètre et au profil spécifiés, car la précision de la mesure dépend pour une large part de la forme, des dimensions, et de l'état de surface de cette partie du tube. Cette partie comporte d'habitude une chambre torique circonscrite à la garniture intérieure. Des orifices alésés à travers celle-ci permettent à la pression de se transmettre à la chambre. Celle-ci est raccordée au moyen de la canalisation basse-pression qui traverse sa paroi extérieure, à l'appareil de mesure.

Le divergent, composé d'une ou plusieurs parties coulées, fait suite à l'étranglement. C'est essentiellement un long cône tronqué, dont la fonction principale est de réduire la vitesse et de rétablir la pression du fluide qui le traverse.

CHAPITRE IV

Choix du compteur permettant une mesure exacte en fonction des conditions d'utilisation

Ce n'est que lorsque l'on considère les grandes quantités d'eau destinées à l'industrie ou au commerce que le choix des compteurs à installer, selon le genre de consommateur, pose réellement un problème; cependant, si l'on veut avoir une installation de mesure convenable, il faut bien peser sa décision, qu'il s'agisse d'immeubles d'habitation, écoles, ou autres grands ensembles, ou de combiner (là où c'est autorisé) la distribution d'eau pour la lutte contre l'incendie avec la distribution pour usages courants.

Petits débits.

On ne fabrique, aux Etats-Unis, qu'un seul type de compteur pour les canalisations de 5/8, 3/4, et 1 pouce (16, 19 et 25,4 mm). Ils fonctionnent suivant le principe du déplacement direct, et sont connus sous les noms de compteurs à disque (à nutation) et à piston (oscillant). L'expérience a montré que, dans les locaux qui utilisent de faibles débits d'eau, ces compteurs étaient les meilleurs de tous, tant pour leur exactitude que pour leur durée d'utilisation. En outre ils permettent de déceler plus facilement les petites fuites qui peuvent se produire dans les installations intérieures. Cela n'a rien d'étonnant, car ces modèles sont ceux qui ont survécu parmi les nombreux types que l'on a pu construire pour la mesure de l'eau consommée dans les habitations.

Les capacités maximales de sécurité des compteurs à déplacement direct, telle qu'elles sont fixées par la norme AWW C700, sont les suivantes :

- pour le 5/8 de pouce (16 mm), 20 gallons/minute (4,5 m³/h),
- pour le 3/4 de pouce (19 mm), 30 gallons/minute (6,8 m³/h),
- pour le 1 pouce (25,4 mm), 50 gal./minute (11,3 m³/h).

Il convient de noter que ces valeurs correspondent à la quantité que les compteurs peuvent débiter à la vitesse prévue de déplacement du piston, et avec une perte de charge n'excédant pas 15 livres/pouce carré (1,03 bar).

D'autre part, si l'on veut éviter une usure excessive, il faut considérer ces débits comme des valeurs de pointe, que l'on ne doit atteindre qu'à de longs intervalles, et qui ne peuvent être fournies par le compteur que durant de courtes périodes. On ne bute pas souvent sur ce problème dans les installations à usage domestique, car les défauts du système d'alimentation sont rarement imputables à une trop faible taille du compteur, qui n'est d'ailleurs qu'un élément parmi les nombreux facteurs qui conditionnent la distribution d'eau aux utilisateurs. Pour déterminer la taille adéquate des canalisations et compteurs, suivant les condi-

tions d'utilisation, on se reportera au chapitre V. Celui-ci donne également des indications intéressantes quant aux causes probables de déficience dans les installations existantes. Dans les logements ordinaires, les quantités d'eau utilisées excèdent rarement 35 à 40 % de la capacité du compteur. C'est, dans une large mesure, la raison pour laquelle les compteurs à déplacement direct peuvent être utilisés de confiance pendant plusieurs années.

Débits moyens.

Dans la catégorie des installations intermédiaires entre les petites et les grandes, que l'on caractérise arbitrairement comme celles qui peuvent être desservies par des compteurs de 1 ½ pouce et 2 pouces (38 et 51 mm), on dispose de trois types de compteurs, qui ont tous été largement utilisés. Ce sont les types à déplacement direct, à mesure de vitesse, et le compteur combiné. Le compteur de courant n'est pas sensible aux faibles débits (ou fuites) et ne doit normalement pas être utilisé là où ces faibles débits sont fréquents. Ils sont conçus pour les installations dans lesquelles la consommation se tient entre 1/3 à 1/2 de la capacité maximale de sécurité de l'appareil.

La sensibilité limitée des compteurs de courant restreint le choix dans la plupart des cas, pour des capacités de 50 à 160 gallons/minute (11,3 à 36,2 m³/h), aux compteurs à déplacement ou combinés, qui ont chacun leurs partisans. Ceux qui préfèrent les compteurs combinés pensent que les débits très faibles que peut mesurer la petite chambre à disque de ce compteur, sont trop faibles pour être mesurés par un compteur à déplacement de 1 ½ pouce ou 2 pouces (38 ou 51 mm). Il est évident qu'un compteur à disque pour canalisation de ⅝ de pouce (16 mm) est plus sensible qu'un compteur analogue pour canalisations de 1 ½ pouce ou 2 pouces (38 ou 51 mm), ce qui justifie, au moins théoriquement, l'utilisation de compteurs combinés.

Ceux qui préfèrent les compteurs à disque de 1 ½ pouce et 2 pouces (38 et 51 mm) savent qu'ils peuvent ne pas enregistrer, ou sous-estimer les très faibles débits, mais pensent que l'erreur que cela cause est négligeable, et qu'elle est compensée par un gain de précision par rapport aux compteurs combinés, dont l'infériorité provient de leur grande étendue de mesure. Il est certain que la précision de mesure, en service effectif, est variable, et dépend des quantités d'eau consommée aux différents débits par l'utilisateur. En l'absence d'un laboratoire de comparaison, ou d'un atelier d'essai, capable de fournir une réponse décisive au problème de choix, et ceci pour toutes conditions d'utilisations, on peut noter des pratiques variées, qui reposent surtout sur des préférences individuelles.

Grands débits.

Les fortes consommations, c'est-à-dire celles qui correspondent à une demande supérieure à 160 gallons/minute (36 m³/h), et exigent par suite des compteurs de capacité correspondant au moins à une canalisation de 3 pouces (76 mm), peuvent être à peu près réparties en trois catégories :

1. Celles qui comportent une large gamme de débits, allant de valeurs très faibles à des valeurs approchant la capacité du compteur.
2. Celles qui, en service normal, n'exigent le plus souvent que de faibles ou moyens débits, mais qui nécessitent néanmoins une grande capacité pour des cas exceptionnels, par exemple pour une installation privée de lutte contre l'incendie.
3. Celles qui correspondent uniquement à de forts débits prolongés.

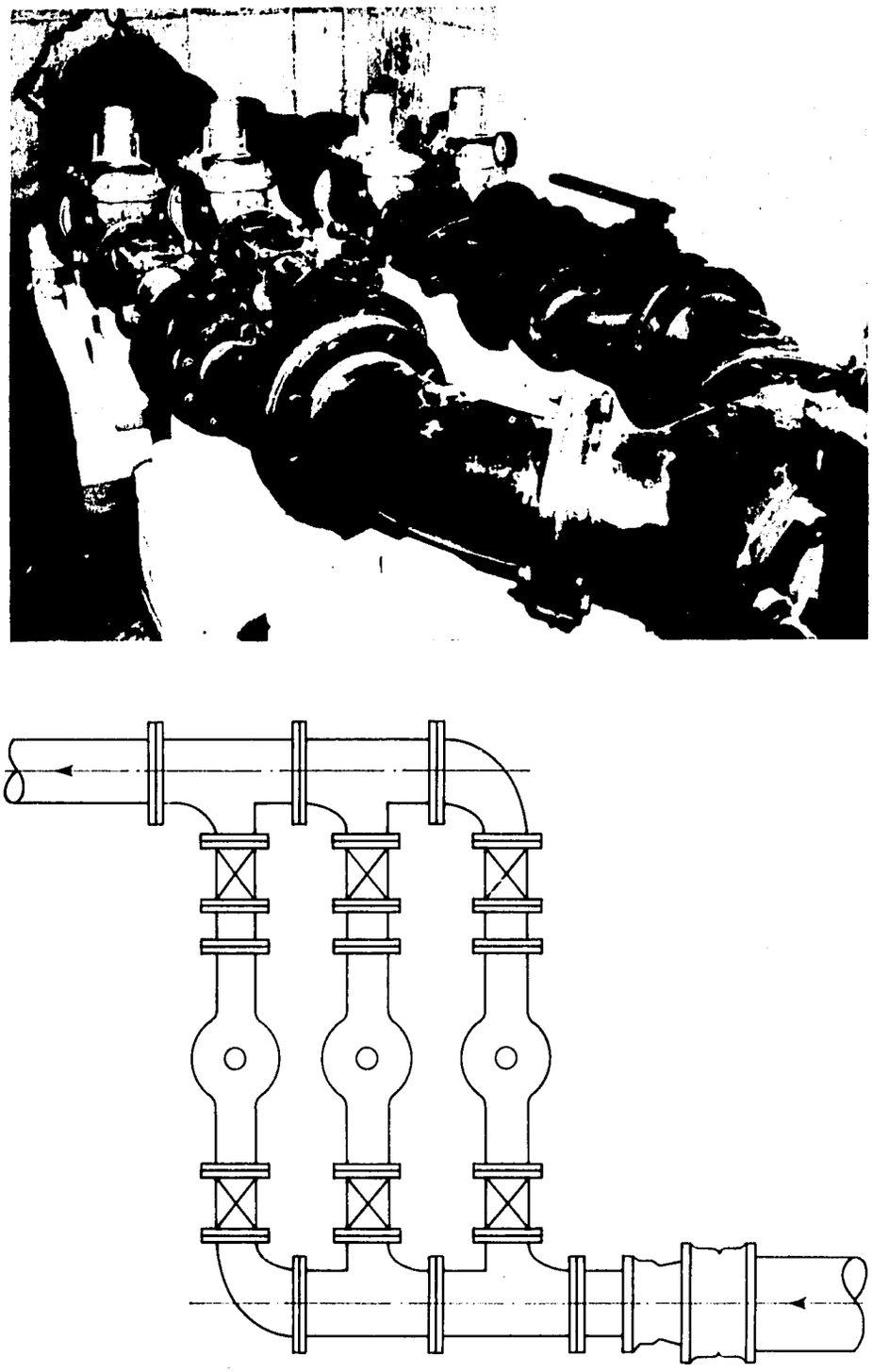
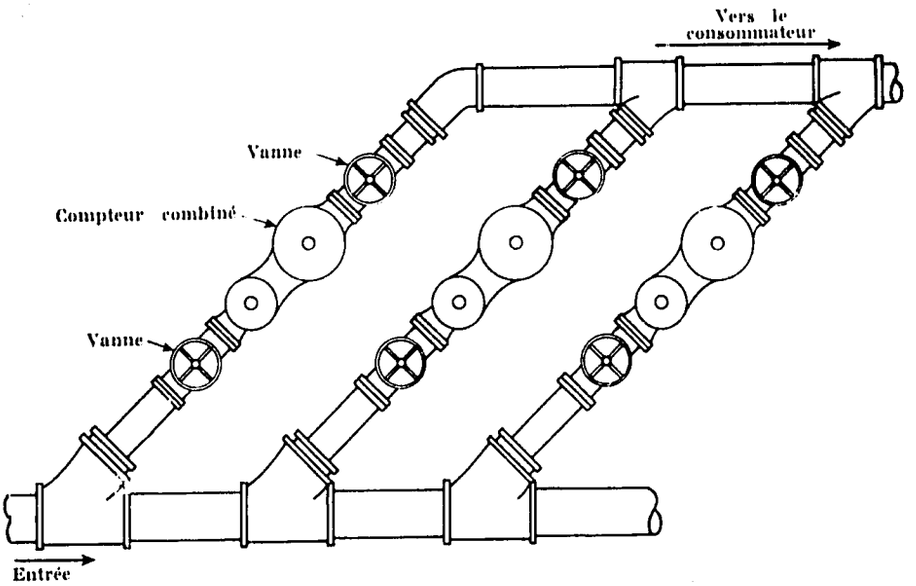
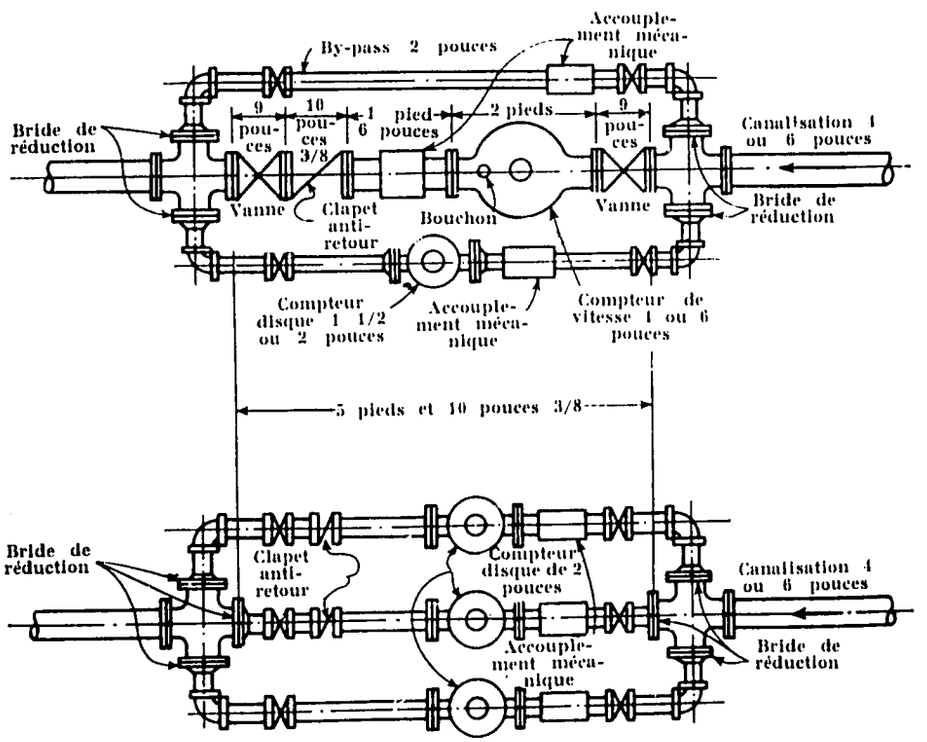


Fig. 4-1. Exemples d'installations





permettant diverses combinaisons.

Tableau 4.1. — Volumes

% de la capacité opérationnelle maximale de sécurité	TYPE ET TAILLE										
	Disque 5/8 de pouce	Disque 3/4 de pouce	Disque 1 pouce	Disque de 1 1/2 pouce	Disque composé et de vitesse 2 pouces	Disque 3 pouces	Composé 3 pouces	Vitesse 3 pouces	Disque 4 pouces	Composé 4 pouces	Vitesse 4 pouces
Volume enregistré en 30 jours (en mètres cubes)											
10	325	490	815	1.630	2.620	4.900	5.230	6.530	8.180	8.180	11.500
20	655	980	1.630	3.260	5.230	9.820	10.480	13.050	16.350	16.350	22.900
30	980	1.470	2.450	4.900	7.850	14.700	15.700	19.600	24.500	24.500	34.300
33 1/3					*8.730*		17.400	21.800		27.200	38.100
40	1.310	1.960	3.260	6.550	10.450	19.600	20.900	23.400	32.700	32.700	45.850
50	1.630	2.450	4.080	8.170	13.100	24.500	26.100	32.600	38.100	38.100	57.300
60	1.960	2.940	4.900	9.800	15.700	29.400	31.400	39.100	49.000	49.000	68.600
70	2.280	3.430	5.720	11.450	18.250	34.300	36 600	49.000	57.200	57.200	80.000
80	2.620	3.940	6.550	13.050	20.900	39.200	41.800	52.300	64.400	64.400	91.500
90	2.940	4.400	7.350	14.700	23.500	44.100	47.100	58.700	73.600	73.600	103.000
100	3.270	4.900	8.180	15.350	26.200	49.000	52 300	65.300	81.700	81.700	115.000
Volume enregistré en 30 jours (en pieds cubes)											
10	12	17	29	58	92	173	184	230	288	288	403
20	23	35	58	115	184	346	369	461	576	576	806
30	35	52	86	173	277	518	553	691	864	864	1.210
33 1/3					307		614	768		960	1,344
40	46	69	115	230	369	691	737	922	1.152	1.152	1.613
50	58	86	144	288	461	864	922	1.152	1.440	1.440	2 016
60	69	104	173	346	553	1.037	1.106	1.382	1.728	1.728	2.419
70	81	121	202	403	645	1.210	1.290	1.613	2.016	2.016	2.822
80	92	138	230	461	737	1.382	1.475	1.843	2.304	2.304	3.226
90	104	156	259	518	829	1.555	1.659	2.074	2.592	2.592	3.629
100	115	173	288	576	922	1.728	1.843	2.304	2.880	2.880	4.032
Capacité opérationnelle maximale de sécurité											
litres/ seconde	1,26	1,89	3,26	6,31	10,20	18,90	20,80	25,20	31,6	31,6	44,2
litres/ minute	76	113	189	378	606	1.130	1,210	1510	1890	1890	

* La capacité opérationnelle maximale de sécurité n'est admissible que comme un chiffre de pointe, pendant de courtes périodes et à longs intervalles.

On retrouve, pour les compteurs plus grands, le même problème que pour les compteurs de 1 ½ pouce et 2 pouces (38 et 51 mm) mais encore plus aigu, car on doit tenir compte d'un troisième type, le compteur de courant. De plus, ces gros compteurs sont lourds, et on les répare ou vérifie souvent sur place. Lorsqu'on installe un gros compteur unique, il faut par suite prévoir une canalisation en by-pass qui puisse assurer l'alimentation sans que l'on soit obligé de l'interrompre pendant l'entretien du compteur.

On admet maintenant le principe qui consiste à installer deux ou plusieurs compteurs en parallèle. De telles batteries comportent deux ou plusieurs compteurs combinés, ou de courant, ou à disque, ou encore une combinaison de ces trois types. C'est le respon-

enregistrés par mois
DU COMPTEUR

Disque 6 pouces	Composé 6 pouces	Vitesse 6 pouces	Composé 8 pouces	Vitesse 8 pouces	Composé 10 pouces	Vitesse 10 pouces	Composé 12 pouces	Vitesse 12 pouces	Vitesse 16 pouces
Volume enregistré en 30 jours (en mètres cubes)									
16.300	16.300	26.200	26.200	40.800	37.600	62.100	50.700	95.200	186.000
32.600	32.300	52.300	52.300	81.700	75.200	124.400	101.400	193.500	372.000
48.900	48.900	78.600	78.600	122.500	112.700	186.200	152.000	285.000	559.000
	51.400	87.300	87.300	136.200	125.200	207.000	169.000	316.000	621.000
65 400	65 400	104 700	104 700	163 500	151 000	248.200	203.000	379.000	745.000
81 700	81 700	131 000	131 000	204 000	188 000	310.000	253.000	474.000	932.000
98 100	98 100	157 000	157 000	245 000	226 000	373.000	304.000	568.200	1.138.000
114 200	114 200	182 800	182 800	286 000	252 200	436.000	356.000	663.000	1.304.000
130 500	130 500	209 200	209 200	327 000	300 500	497.000	409.000	750.000	1.489.000
147 200	147 200	235 800	235 800	368 000	338 000	558.000	457.000	852.000	1.675.500
163 500	163 500	262 000	262 000	368 000	377 000	621.000	507.000	947.000	1.860.000
Volume enregistré en 30 jours (en pieds cubes)									
576	576	922	922	1.440	1.325	2.188	1.786	3.341	6.566
1.152	1.152	1.843	1.843	2.880	2.650	4.376	3.571	6.682	13.133
1.728	1.728	2.765	2.765	4.320	3.975	6.564	5.357	10.023	19.699
	1.920	3.072	3.072	4.800	4.417	7.291	5.952	11.137	21.888
2.304	2.304	3.686	3.686	5.760	5.300	8.752	7.142	13.364	26.266
2.880	2.880	4.608	4.608	7.200	6.625	10.940	8.928	16.705	32.832
3.456	3.456	5.530	5.530	8.640	7.950	13.128	10.714	20.046	39.398
4.032	4.032	6.451	6.451	10.080	9.275	15.316	12.499	23.387	45.965
4.608	4.608	7.373	7.373	11.520	10.600	17.504	14.285	26.728	52.531
5.184	5.184	8.294	8.294	12.960	11.925	19.692	16.070	30.069	59.098
5.760	5 760	9.216	9.216	14.400	13.250	21.880	17.856	33.410	65.664
Capacité opérationnelle maximale de sécurité									
63,1	63,1	102	102	157	145	240	196	366	724
3785	3785	6050	6050	9.450	8.700	14.350	11.700	21.900	43.300

sable de l'installation qui peut le mieux juger, compte tenu de ses préférences, de l'intérêt relatif d'une batterie par rapport à un compteur unique. Certains préfèrent la première solution, d'autres la seconde. La seule façon correcte de choisir une installation de mesure adéquate, est de tenir compte de tous éléments connus.

La figure 4-1 indique différentes dispositions de tuyauterie dont la souplesse d'emploi permet une modification ultérieure de la taille du compteur, ou l'installation de plusieurs compteurs, aux moindres frais. Nous recommandons d'utiliser des raccords flexibles qui facilitent la dépose des compteurs de la canalisation. On trouvera, sur les figures 4-2 et 4-3, des exemples de dispositions correctes pour l'installation de compteurs combinés.

Il ne fait pas de doute que l'ancienne tendance à surdimensionner les compteurs était due, dans une large mesure, au désir naturel de poser un compteur que l'on sache

assez gros pour satisfaire la demande maximale du consommateur, plutôt que de risquer d'avoir à faire une dépense supplémentaire au cas où un compteur plus petit se révélerait insuffisant.

Si un gros compteur a été installé, mais qu'il apparaît que la consommation ne le justifie pas, il est probable que cela occasionne des pertes dues à une estimation par défaut des faibles débits. Néanmoins, on considère généralement que le coût de l'installation d'un compteur plus petit ne serait pas compensé par la suppression de ces pertes, sauf si la disposition initiale de la tuyauterie a été prévue pour cette éventualité.

Des enregistreurs de débits peuvent fournir des informations utiles sur les débits qu'utilise un consommateur déterminé. Ils fournissent un enregistrement graphique de la consommation réelle, ce qui est particulièrement utile pour aider à choisir la taille du compteur, ou la meilleure combinaison, pour la mesure de cette consommation. Malheureusement, il n'est possible d'obtenir ces données, pour des installations nouvelles, qu'une fois que le compteur est en place, au moins d'une façon provisoire. Cependant, et si l'on a prévu de pouvoir modifier la capacité du compteur ou la combinaison, on pourra alors le faire de la façon la plus convenable.

On a calculé dans le tableau 4-1,

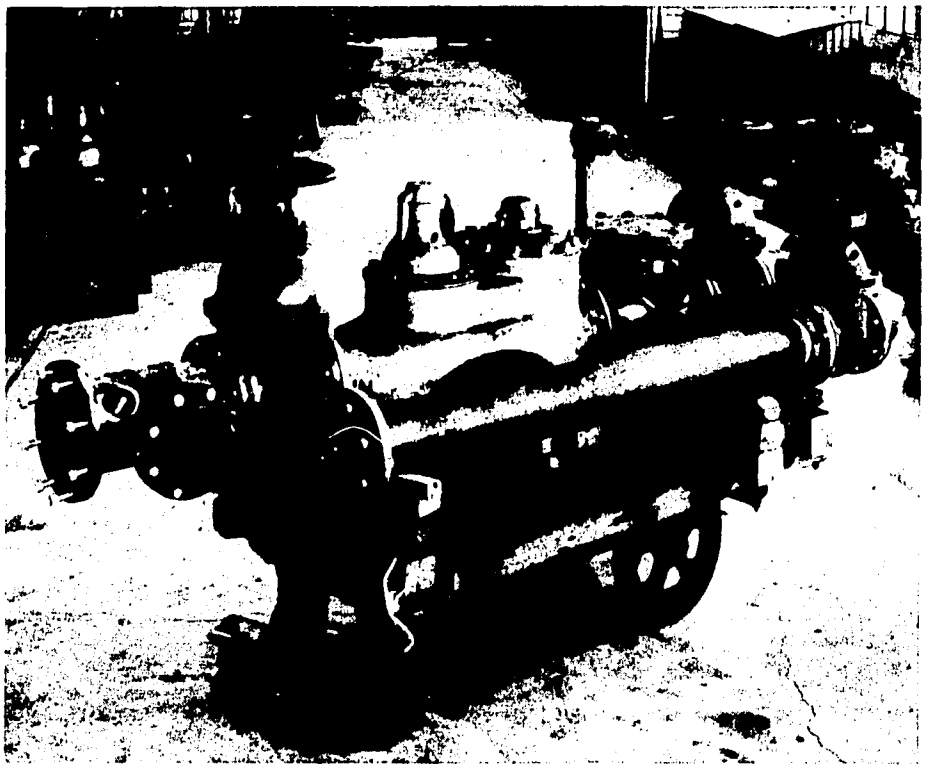


Fig. 4.2. — Appareillage pour un compteur combiné de 8 pouces

Cet appareillage comprend le by-pass et peut être inséré directement sur la conduite.

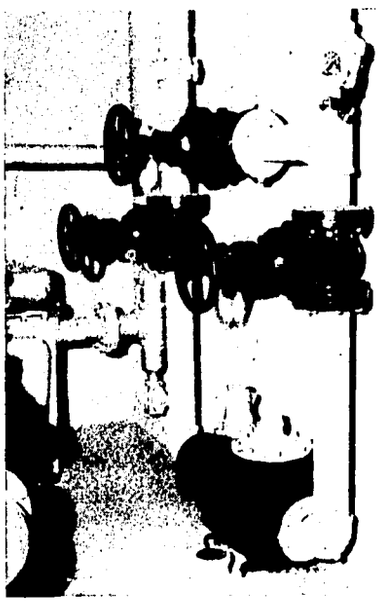
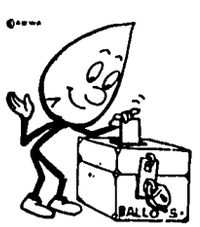


Fig. 4.3. — Gros compteur combiné.

les quantités que les compteurs d'eau peuvent enregistrer, pour différents pourcentages de leur capacité nominale en admettant un débit uniforme et continu pendant trente jours. Ce tableau montre que ces compteurs peuvent fournir de très grandes quantités d'eau sans excéder les débits pour lesquels ils sont conçus. Les capacités maximales de sécurité (en gallons/minute et m^3/h) sont admissibles uniquement pour de courtes périodes, ou des débits de pointe ne se présentant qu'à des intervalles largement espacés. En service continu, de tels débits auraient des effets destructeurs. Si l'on veut éviter une usure excessive, on ne doit pas utiliser les compteurs à disque à plus de 20 % de leur capacité maximale de sécurité, ni les compteurs combinés ou à courant à plus de 33,33 % de cette valeur. Si l'on utilise ce tableau avec discernement, tout en faisant les corrections nécessaires en cas de fonctionnement intermittent, on évitera dans beaucoup de cas d'installer un compteur trop gros.



CHAPITRE V

Rôle des pertes de charge dans le choix de l'installation

De nombreux facteurs conditionnent la façon dont une installation est adaptée aux besoins de son utilisateur. Malheureusement, on ne tient pas toujours compte, avant la pose du branchement et du compteur, des relations qui existent entre ces facteurs. Aussi, lorsque des déficiences se font jour, doit-on avoir recours à des palliatifs, sans corriger pour autant l'erreur qui est à l'origine de celles-ci. Les facteurs les plus importants sont les suivants :

1. La pression et le débit de l'eau, au point de branchement, dans la conduite principale du réseau.

2. La différence de niveau entre la conduite du réseau, dans la rue, et les points de consommation dans les locaux de l'usager.

3. Les pertes de charge par frottement dans le branchement, depuis la canalisation principale jusqu'au trottoir, ou la ligne de démarcation du réseau public.

4. Les pertes de charge dans le branchement, depuis le point précédent jusqu'au bâtiment.

5. Les pertes de charge dans le compteur.

6. Les pertes de charge dans les tuyauteries du bâtiment et les appareils d'utilisation.

7. Les débits d'eau utilisés par l'usager.

Si l'on veut obtenir une installation convenable il faut, pour déterminer le diamètre du branchement et la taille du compteur à choisir, considérer tous ces facteurs. Comme, en général, le service des eaux n'est pas responsable du diamètre des canalisations à l'intérieur du bâtiment de l'usager, et n'est pas chargé de leur contrôle, on tiendra compte d'une valeur raisonnable des pertes de charge dans le bâtiment pour déterminer celles que l'on peut admettre dans la partie de branchement qui est à installer par le service. On évaluera la différence de niveau au point le plus haut de sortie de l'eau, et la pression résiduelle en ce point au moment des pointes de consommation.

Exemple.

A titre d'exemple, considérons le cas de la distribution d'eau à un consommateur, dans son logement,

TABLEAU 5.1

Perte de charge des compteurs de ⅝ à 1 pouce pour 15 gallons par minute (2,9 m³/h)

Taille des compteurs		Capacité nominale	Pertes de charge en mètres d'eau
pouces	mm	m³/h	
⅝	16	3,542	5,9
¾	19	5,811	2,7
1	25	11,356	1,0

Ces chiffres sont conformes aux normes AWWA. Des pertes de charge plus élevées peuvent être observées avec des compteurs anciens ou de types différents.

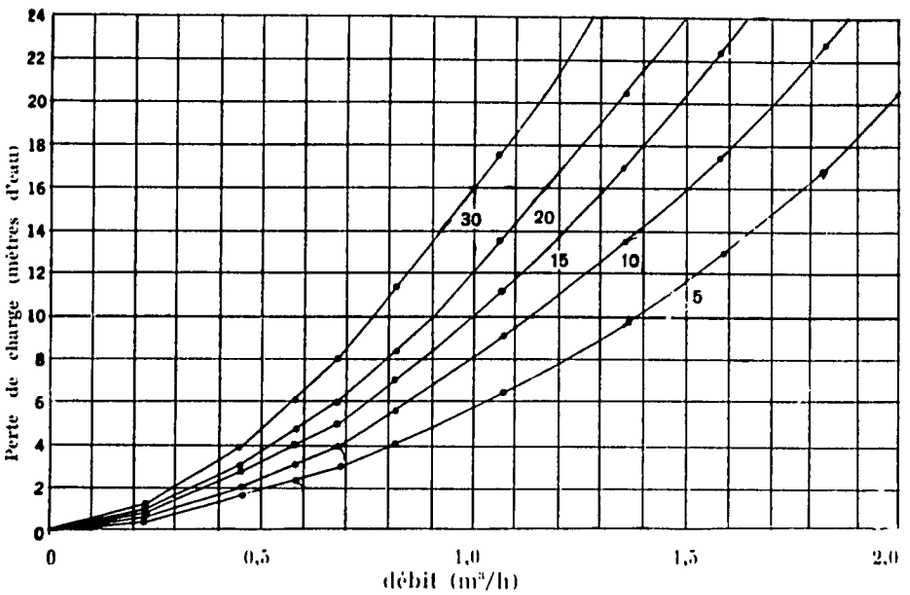


Fig. 5.1. —Pertes de charge calculées pour des tubes de branchement en cuivre de ½ pouce avec un compteur de ⅝ de pouce.

Les chiffres placés sous les courbes indiquent la longueur du branchement en mètres.

TABLEAU 5.2

Pertes de charge calculées pour des tubes de branchements de cuivre de ½ pouce, avec un compteur de ⅝ de pouce

Débit		Longueur du tuyau de branchement (en mètres)				
Débit en gallons par minute	m3/h	5	10	15	20	30
		Perte de charge calculée (mètres d'eau)				
1	0,227	0,407	0,569	0,730	0,892	1,22
2	0,454	1,43	1,95	2,47	2,99	4,03
3	0,681	2,90	3,04	4,98	6,00	8,09
4	0,908	4,89	6,62	8,34	10,08	13,96
5	1,136	7,22	9,75	12,28	14,83	19,86
6	1,363	9,75	13,21	16,67	20,13	27,05
7	1,590	13,03	17,63	22,28	26,90	36,20
8	1,817	16,68	22,56	28,47	34,32	56,08
9	2,044	20,66	27,92	35,19	42,45	66,98
10	2,271	25,54	34,54	43,55	52,53	80,52

en admettant que pour délivrer un débit maximal de 15 gallons/minute (3,4 m³/h) il faille une pression de 20 livres/pouce carré (1,4 bar) au point d'entrée dans le bâtiment (après le compteur). Si le réseau d'eau est bien conçu, la pression minimale dans la canalisation principale est, normalement, de 50 livres/pouce carré (3,5 bars) à l'endroit du branchement. Dans ce cas les pertes combinées du branchement et du compteur ne doivent pas excéder 30 livres/pouce carré (2,1 bars) si l'on veut satisfaire aux conditions imposées, même lors des pointes de consommation.

pertes dans le branchement, entre la conduite principale et le bâtiment. Naturellement, des pertes en ligne dépendent de la longueur de la canalisation, et nous admettons, pour le calcul, que cette longueur est de 80 pieds (24,4 m).

Dans les tables de perte de charge des tuyaux de cuivre (type K), on relève, pour un débit de 15 gallons/minute (3,4 m³/h) la valeur de 29 livres/pouce carré (2,0 bars) pour 100 pieds (30,5 m) de tuyau de ¾ de pouce (19 mm), et celle de 7 livres/pouce carré (0,5 bar) pour 100 pieds (30,5 m) de tuyau de 1 pouce (25,4 mm).

Un tuyau de ¾ de pouce (19 mm)

TABLEAU 5.3

Perte de charge calculée pour des branchements de ½ pouce (1)

Débit		Accessoires et Compteurs					Longueur du branchement en mètres				
gall./mn	m3/h	Vanne de service de 1/2 pouce (2)	Robinet de 1/2 pouce (3)	Robinet d'arrêt de 1/2 pouce (4)	Compteur à disque 5/8 de pouce (5)	Total accessoires et compteur	5	10	15	20	30
		Perte de charge calculée (mètres d'eau)									
1	0,227	0,063	0,028	0,120	0,035	0,246	0,161	0,323	0,484	0,646	0,969
2	0,454	0,197	0,098	0,549	0,070	0 914	0,520	1,04	1,56	2,8	3 12
3	0,681	0,387	0,197	1,10	0,176	1,86	1,01	2,08	3,12	4,14	6,23
4	0,908	0 648	0,331	1,83	0,352	3,16	1,73	3,46	5,18	6,93	10,80
5	1,136	0,950	0,486	2,68	0,563	4,68	2,54	5,07	7 60	10,15	15,18
6	1,363	1,29	0,661	3,64	0,703	6,29	3,46	6,92	10,35	13,81	20,76
7	1,590	1,73	0,886	4,87	0,914	8,40	4,63	9,23	13,58	18,50	27,80
8	1,817	2,20	1,13	6,20	1,27	10,80	5,88	11,76	17 67	23,52	45,28
9	2,044	2,72	1,39	7,66	1,62	13,39	7,27	14,53	21,80	29,06	53,59
10	2,271	3,36	1,73	9,49	1,97	16,55	8,99	17,99	27,00	35,98	63,97

(1) Basé sur la perte de charge d'après les catalogues standards des fabricants.
(2) Basé sur la perte correspondant à un tube de cuivre de 1,87 m, type K de 1/2 pouce.
(3) Basé sur la perte correspondant à un tube de cuivre de 0,96 m, type K de 1/2 pouce.
(4) Basé sur la perte correspondant à un tube de cuivre de 5,27 m, type K de 1/2 pouce.
(5) Basé sur la courbe de perte du compteur de 5/8 de pouce Trident (fabriqué par la Société des Compteurs Neptune, de New York.

Il existe nombre de combinaisons de branchements et compteurs qui donnent le résultat voulu. On trouvera au tableau 5-1 des données sur les pertes de charge par frottement dans les compteurs utilisés à leur capacité nominale.

Si l'on choisit, pour notre exemple, un compteur à disque de ⅝ de pouce (16 mm), il restera encore environ 2,5 livres/pouce carré (1,5 bar) pour couvrir les

de 80 pieds de long (24,4 m) donne donc une perte de charge, à lui seul, de 23 livres/pouce carré (1,6 bar), à laquelle il faut ajouter celle causée par les accessoires, ce qui montre que les conditions imposées ne sont pas remplies si l'on associe ce tuyau à un compteur à disque de ⅝ de pouce (19 mm). En fait, la répartition des pertes de charge entre le branchement et les canalisations du bâtiment (plus la

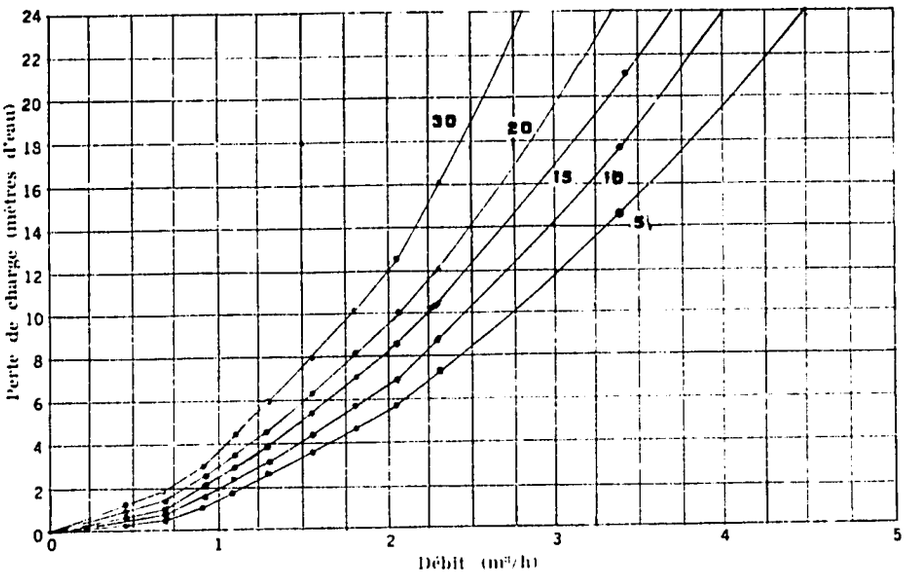


Fig. 5.2. — Pertes de charge calculées pour des tubes de branchement en cuivre de $^3/_4$ de pouce avec un compteur de $^5/_8$ de pouce.

Les numéros placés sous les courbes indiquent la longueur des branchements en mètres.

TABLEAU 5.4

Pertes de charge calculées pour des tubes de branchement de cuivre de $^3/_4$ de pouce avec un compteur de $^5/_8$ de pouce

Débit		Longueur du tuyau de branchement (mètres)				
		5	10	15	20	30
gall./mn	m3/h	Perte de charge calculée (mètres d'eau)				
1	0,227	0,13	0,16	0,19	0,22	0,28
2	0,454	0,37	0,46	0,56	0,65	0,84
3	0,681	0,71	0,91	1,11	1,31	1,73
4	0,908	1,35	1,69	2,02	2,39	3,02
5	1,136	2,01	2,50	2,98	3,46	4,43
6	1,363	2,72	3,39	4,06	4,73	6,07
7	1,590	3,62	4,52	5,42	6,32	8,12
8	1,817	4,56	5,65	6,74	7,84	10,03
9	2,044	5,78	7,17	8,55	9,93	12.70
10	2,271	7,17	8,90	10,62	12,35	15,82
15	3,407	14,34	17,69	21,02	24,38	31,05
20	4,542	23,85	29,27	34,65	40,08	50,93

différence de niveau), que l'on a prises respectivement égales à 30 livres/pouce carré (2,1 bars) et seulement 20 livres/pouce carré (1,5 bar), ne correspond pas à une installation bien conçue, et n'a été indiquée que pour les besoins du raisonnement.

Toutefois notre exemple démontre bien qu'il n'est pas possible d'adopter un branchement standard, même pour une catégorie déterminée d'usagers, en raison principalement des variations de compteurs de petite capacité. Les courbes sont données pour des longueurs de canalisation de 5, 10, 15, 20 et 30 mètres, de façon à couvrir la gamme des distances normales entre la conduite principale située dans la rue et le mur du bâtiment.

Les tableaux 5-2, 5-4 et 5-6 contiennent les données sur lesquelles sont fondées les figures 5-1 et 5-3. Les tableaux 5-3, 5-5 et 5-7 donnent les pertes calculées pour

TABLEAU 5.5

Perte de charge calculée pour des branchements de ¾ de pouce

Débit gall.	Débit m3/h	Accessoires et Compteurs: Vanne de service de 3/4 de pouce (2)	Robinet de 3/4 de pouce (3)	Robinet d'arrêt de 3/4 de pouce (4)	Compteur à disque 5/8 de pouce (5)	Total accessoires et compteur	Longueur du branchement en mètres: 5	10	15	20	30
		Perte de charge calculée (mètres d'eau)									
1	0,227	0,011	0,009	0,043	0,035	0,098	0,03	0,06	0,09	0,12	0,18
2	0,454	0,035	0,024	0,137	0,070	0,27	0,10	0,19	0,29	0,38	0,57
3	0,681	0,072	0,050	0,212	0,176	0,51	0,20	0,40	0,60	0,80	1,22
4	0,908	0,119	0,082	0,467	0,352	1,02	0,33	0,67	1,00	1,37	2,00
5	1,136	0,173	0,119	0,677	0,562	1,53	0,48	0,97	1,45	1,93	2,90
6	1,363	0,239	0,165	0,94	0,703	2,05	0,67	1,34	2,01	2,68	4,02
7	1,590	0,322	0,222	1,26	0,92	2,72	0,90	1,80	2,70	3,69	5,40
8	1,817	0,392	0,270	1,53	1,27	3,46	1,10	2,19	3,28	4,38	6,57
9	2,044	0,495	0,311	1,94	1,62	4,40	1,38	2,77	4,15	5,53	8,30
10	2,271	0,618	0,427	2,42	1,97	5,44	1,73	3,46	5,18	6,91	10,33
15	3,407	1,20	0,82	4,67	4,29	11,00	3,34	6,69	10,02	13,38	20,05
20	4,542	1,93	1,34	7,56	7,60	18,43	5,42	10,84	16,22	21,65	32,50

(1) Basé sur la perte de charge d'après les catalogues standards des fabricants.
(2) Basé sur la perte correspondant à un tube de cuivre de 1,79 m, type K de 3/4 de pouce.
(3) Basé sur la perte correspondant à un tube de cuivre de 1,23 m, type K de 3/4 de pouce.
(4) Basé sur la perte correspondant à un tube de cuivre de 6,97 m, type K de 3/4 de pouce.
(5) Basé sur la courbe de perte du compteur de 5/8 de pouce Trident (fabriqué par la Société des Compteurs Neptune, de New York.

la pression de l'eau d'un endroit à l'autre du réseau, variations qui dépendent elles-mêmes de la configuration du terrain et du diamètre de la conduite.

Données sur les pertes de charge.

Les réseaux de courbes des figures 5-1 et 5-3, qui ont été tracés à partir de valeurs calculées, représentent la relation qui existe entre le débit et les pertes de charge pour les branchements et chaque élément de l'installation. On notera que les courbes tiennent compte des pertes dans la vanne du réseau, la canalisation, la vanne de trottoir, le compteur et le robinet d'arrêt.

On ne fait pas souvent de branchements de ½ pouce (12,7 mm). Les valeurs que nous indiquons peuvent cependant servir à dissuader l'usager de poser des tuyaux de ce diamètre dans la partie qui lui revient, ou pour les canalisations intérieures (sauf les petits

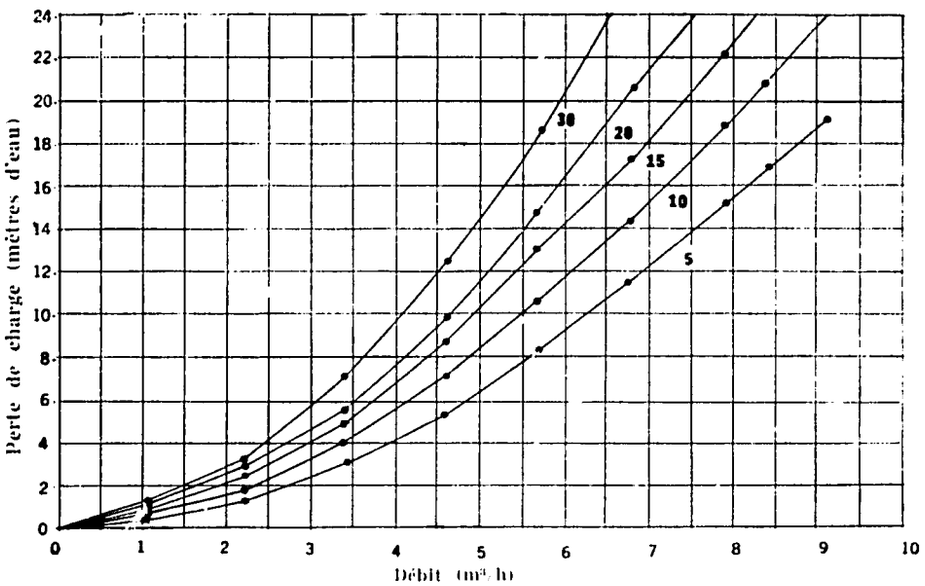


Fig. 5.3. — Pertes de charge calculées pour des tubes de branchement en cuivre de 1 pouce avec un compteur de ⅝ de pouce.

Les numéros placés sous les courbes indiquent la longueur des branchements en mètres.

TABLEAU 5.6

Pertes de charge calculées pour des tubes de branchement de cuivre de 1 pouce avec un compteur de ⅝ de pouce

Débit		Longueur du tuyau de branchement (mètres)				
gall./mn	m3/h	5	10	15	20	30
		Perte de charge calculée (mètres d'eau)				
5	1,136	0,46	0,58	0,70	0,81	1,04
10	2,271	1,58	1,99	2,40	2,79	3,60
15	3,407	3,30	4,10	4,91	5,71	7,32
20	4,542	5,64	7,03	8,41	9,79	12,56
25	5,678	8,39	10,41	12,43	14,45	18,49
30	6,814	11,67	14,45	17,21	19,99	25,51
35	7,949	15,11	18,69	22,25	25,84	32,94
40	9,084	19,34	23,95	28,53	33,15	42,33
45	10,220	24,55	30,31	36,08	41,83	53,38
50	11,356	29,50	36,41	43,32	50,27	64,17

raccordements). Les courbes correspondant aux tailles de ¾ et 1 pouce (19 et 25,4 mm) servent à déterminer la perte de charge approximative depuis la conduite principale jusqu'au mur de la cave (perte dans le compteur incluse). Nous attirons l'attention sur la perte de charge élevée subie au passage du robinet d'arrêt qu'installe généralement l'usager sur le mur de la cave. On devra, là où c'est possible inviter l'usager à installer une vanne-pointeau afin de réduire cette perte.

TABLEAU 5.7

Perte de charge calculée pour des branchements de 1 pouce

Débit gall./ m3/h mm		Accessoires et Compteurs					Longueur du branchement en mètres				
		Vanne de service de 1 pouce (2)	Robinet de 1 pouce (3)	Robinet d'arrêt de 1 pouce (4)	Compteur à disque 5/8 de pouce (5)	Total accessoires et compteur	5	10	15	20	30
		Perte de charge calculée (mètres d'eau)									
5	1,136	0,049	0,028	0,204	0,070	0,35	0,11	0,23	0,35	0,46	0,69
10	2,271	0,162	0,091	0,704	0,211	1,18	0,40	0,81	1,22	1,61	2,42
15	3,407	0,351	0,190	1,41	0,563	2,49	0,81	1,61	2,42	3,22	4,83
20	4,542	0,563	0,324	2,46	0,91	4,26	1,38	2,77	4,15	5,53	8,30
25	5,678	0,84	0,472	3,59	1,47	6,37	2,02	4,04	6,06	8,08	12,12
30	6,814	1,15	0,648	4,93	2,18	8,91	2,76	5,54	8,30	11,08	16,60
35	7,949	1,48	0,84	6,34	2,88	11,54	5,27	7,15	10,71	14,30	21,40
40	9,084	1,90	1,06	8,17	3,59	14,72	4,62	9,23	13,81	18,43	27,61
45	10,220	2,32	1,34	10,28	4,84	18,78	5,77	11,53	17,30	23,05	34,60
50	11,356	2,82	1,62	12,29	5,84	22,57	6,93	13,84	20,75	27,70	41,60

(1) Basé sur la perte de charge d'après les catalogues standards des fabricants.
(2) Basé sur la perte correspondant à un tube de cuivre de 2,05 m, type K de 1 pouce.
(3) Basé sur la perte correspondant à un tube de cuivre de 1,17 m, type K de 1 pouce.
(4) Basé sur la perte correspondant à un tube de cuivre de 8,87 m, type K de 1 pouce.
(5) Basé sur la courbe de perte du compteur de 1 pouce Trident (fabriqué par la Société des Compteurs Neptune, de New York.

Il est possible d'utiliser les tableaux qui accompagnent les courbes pour diverses combinaisons autres que celles décrites. Par exemple, si l'on veut évaluer la perte de charge d'un branchement de 1 pouce (25,4 mm) associé à un compteur de ¾ de pouce (19 mm), il suffit de retrancher de la perte de charge totale de l'installation de 1 pouce celle de son compteur, puis d'ajouter celle du compteur de ¾ de pouce (19 mm).

Il faut se rappeler que les courbes reposent sur des valeurs calculées dans les conditions optimales, et par suite ne représentent pas les valeurs réelles. Les pertes de charge dans le compteur, par exemple, sont celles d'une marque particulière, alors que les chiffres cités au tableau 5-1 donnent les pertes admissibles selon les normes AWWA, et ne correspondent donc pas à un compteur particulier. Néanmoins, ces courbes nous paraissent suffisamment exactes pour servir de guide dans le choix des tailles des branchements et compteurs qu'il convient d'installer, en fonction des exigences de l'utilisateur et de la pression amont.

Conclusion.

Il semble nécessaire de remettre en cause les errements habituels, en ce qui concerne le choix des diamètres de branchements et des tailles de compteurs, surtout si l'on songe à la façon dont la demande s'accroît, pour tous les genres de consommateurs, et tout

particulièrement la demande d'eau à usage domestique, dont la consommation s'est grandement élevée au cours des dernières années. On devra tenir compte de l'aspect économique du problème du diamètre des tuyaux. C'est ainsi que ce coût des matériaux n'entre, relativement, que pour une faible part dans le coût total de l'installation, surtout si l'on doit faire des travaux sur la chaussée. Aussi le coût du remplacement d'un branchement devenu insuffisant est-il hors de proportion avec l'économie initiale que l'on aurait pu faire sur ces matériaux. Il est prudent de surdimensionner raisonnablement le branchement, ce qui permet plus de souplesse quant à la taille du compteur à utiliser. On peut installer le plus petit compteur qui soit adapté à la demande, et par suite obtenir une mesure plus précise des faibles débits.

Le choix du diamètre du branchement est encore plus important pour les installations plus grandes. Bien qu'un nouvel usager n'ait généralement que peu d'idées sur ce que sera sa consommation d'eau, ce qui l'amène à demander un branchement nettement trop important, le surdimensionnement qui en résulte est fréquemment résorbé par l'expansion de l'affaire, et la capacité qui était initialement considérée comme excessive devient indispensable. S'il est seulement nécessaire, pour l'obtenir, de poser un compteur plus gros, la modification pourra être faite à peu de frais en comparaison de ce que coûterait le remplacement d'un branchement initial devenu trop petit.

CHAPITRE VI

Installation des compteurs

Le premier problème important à résoudre, lorsqu'on envisage la pose de compteurs chez les usagers, est de décider s'il faut les installer dans les locaux de l'usager, ou à l'extérieur, dans des fosses. L'installation à l'extérieur se pratique presque exclusivement dans les Etats du sud, où l'hiver n'est pas trop rigoureux. La plupart des maisons sont construites sans sous-sol, et il n'y a donc pas d'endroit convenable pour installer le compteur à l'intérieur. Par contre, dans les Etats du nord, où règnent de rudes conditions hivernales, les compteurs d'eau sont en général placés à l'intérieur. Entre ces régions extrêmes, il y a une large zone où les deux méthodes sont utilisées, selon le jugement, l'expérience, ou les préférences des responsables. Sauf s'il est dû à l'absence d'un emplacement intérieur convenable, cas dans lequel on n'a pas d'autre solution, le choix d'un emplacement extérieur peut procéder de trois raisons :

1. Si l'on installe le compteur au trottoir, il sera à la limite des zones relevant de la responsabilité du service des eaux et de l'usager, en ce qui concerne les fuites souterraines. Par suite, les fuites qui peuvent se produire dans la partie du branchement qui intéresse l'usager seront enregistrées par le compteur.

2. On dépense moins de temps et d'argent pour relever les compteurs, et on élimine les visites inutiles, qui se produisent lorsque l'on veut relever un compteur placé à l'intérieur du logement, et que personne ne s'y trouve au moment voulu.

3. L'employé du service n'a pas besoin d'entrer dans les locaux (en y laissant des traces de pas s'il fait mauvais temps), ce qui élimine une cause de mauvaise volonté de la part de l'usager.

Il faut cependant faire remarquer que l'installation à l'extérieur présente un certain nombre d'inconvénients, auxquels on ne porte pas toujours suffisamment d'attention avant de décider de l'emplacement du compteur. Or cela s'impose particulièrement si l'on recherche le résultat le plus économique. Les éléments du prix de revient ne sont pas en général assez détaillés pour que l'on possède des données réalistes.

Par exemple, quelle est la différence entre le coût de la pose à l'extérieur et celui de la pose à l'intérieur? Si la première est la plus chère, et il est à peu près certain que c'est le cas, il faut savoir si le moindre coût des relevés compense la différence. Comment se comparent, en outre, les dépenses d'entretien du compteur dans les deux cas? Si l'entretien d'une installation extérieure est en moyenne plus coûteux, il faut évaluer dans quelle mesure l'excédent annuel de dépense absorbe l'économie faite sur le coût des relevés.

D'après une étude faite en 1950,

et qui portait sur 700 000 points de mesure de la consommation, parmi lesquels 50 % étaient équipés de compteurs extérieurs, tous avec relevé trimestriel, le coût moyen du relevé d'un compteur extérieur était de $ 0,073, tandis qu'il était de $ 0,113 pour un compteur intérieur. L'économie annuelle se montait donc à $ 0,16 ($ 0,04 pour chacun des quatre relevés).

Le capital correspondant à cette économie annuelle de $ 0,16, au taux de 4 %, est de $ 4, aussi le supplément de dépense causé par l'installation à l'extérieur ne doit-il pas excéder ce chiffre si l'on veut que celle-ci soit économiquement justifiée, et ceci sans tenir compte du coût plus élevé de l'entretien dans ce cas. Si l'on ajoute ce supplément de dépense aux frais de relevé des compteurs extérieurs, on s'aperçoit que la dépense supplémentaire que l'on peut consentir lors de l'installation est à peine de plus de $ 1. On n'a pas considéré dans cet examen le coût d'indemnisation de blessures encourues à la suite de chutes dans les fosses à compteurs, mais cela peut poser de graves problèmes.

Il n'est pas dans notre propos, au cours de ce résumé, de chercher à influencer le choix de l'emplacement à utiliser, mais simplement de faire remarquer que, si l'on possédait toutes les données nécessaires, les conclusions que l'on en tirerait pourraient différer quelque peu de l'opinion initiale que l'on avait sur le problème.

Si l'on désire contrôler les dépenses de branchement, et porter des jugements reposant sur des faits, il convient de faire une analyse des prix de revient avant de décider de l'emplacement des compteurs.

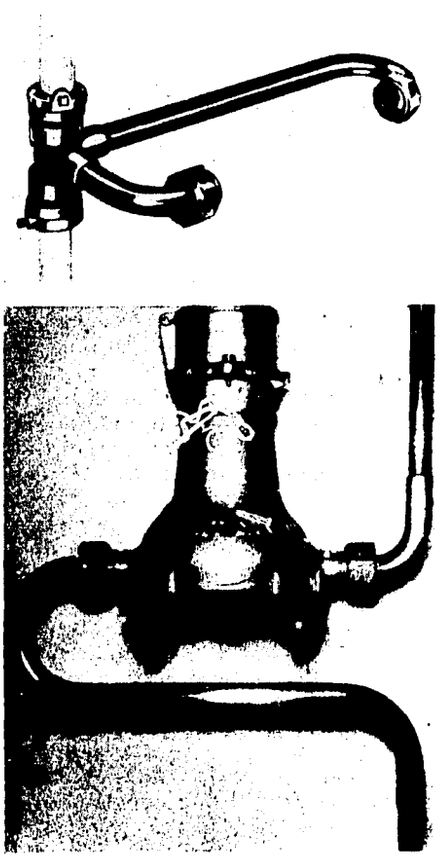


Fig. 6.1. — Deux types de montage intérieur

Dans les deux cas, l'appareil est plus accessible en raison de la possibilité de diverses positions.

Installation à l'intérieur.

La pose d'un compteur dans un sous-sol normal apparaît tellement simple que l'on conçoit difficilement que l'on puisse faire beaucoup d'erreurs à ce propos. Il y a pourtant nombre d'installations incorrectes, et ceci est dû à l'absence d'une méthode standard qui décrirait en détail un modèle de ce qu'est une réalisation convenable. On devrait faire un plan, indiquant la façon dont le compteur doit être raccordé aux canalisations du bâtiment, et comportant la ou les vannes de commande, ainsi que les hauteurs minimales et maximales au-dessous du sol. Il convient également d'y porter des indications concernant la nécessité de laisser un libre accès au compteur, et d'éviter d'avoir des cloisons, coffres à charbon, et divers matériaux entreposés, à moins d'une certaine distance, que l'on spécifiera, de part et d'autre du compteur.

Ce plan serait adressé à ceux qui ont fait la demande d'un branchement et le service des eaux devrait considérer que son respect est l'une des conditions de son accord pour la fourniture d'eau dans un local. Ce ou ces plans fourniraient les connaissances de base sur les précautions à prendre au cours de la pose à l'intérieur des compteurs d'eau. Naturellement, tout compteur doit être placé en position horizontale. S'il est installé à l'aide de raccords ou de brides on devra disposer un fil électrique de mise à la terre court-circuitant le compteur, entre les tuyaux, afin d'éviter un éventuel choc électrique lors du démontage du compteur. Ce court-circuit est exigé par le National Electric Code. Certaines installations prêtes à poser forment un circuit conducteur continu même si le compteur est enlevé. La figure 6-1 montre deux exemples de dispositifs pour la pose des compteurs que l'on peut trouver dans le commerce.

Fig. 6.2. — Modèle de montage extérieur

L'accès en est facile. Ce type est un excellent modèle de pose.

Installation à l'extérieur.

Une bonne installation extérieure pour compteur d'eau doit satisfaire à de nombreuses exigences. C'est ainsi que :

1. Elle doit être construite en matériaux durables, afin de fournir un service prolongé;

2. Elle doit réduire au minimum le risque de blessure encouru par les personnes;

3. Elle doit être conçue et construite de façon à protéger le compteur et les canalisations contre le gel et les autres causes de détérioration;

4. Elle doit permettre un accès facile au compteur pour les relevés, la pose, le démontage, ou le remplacement de celui-ci.

Compte tenu de la façon dont varie la profondeur à laquelle le gel pénètre dans le sol, dans les différentes régions du pays, il est impossible de décrire en détail un modèle d'installation extérieure pour petits compteurs qui satisfasse aux conditions indiquées ci-dessus, et qui, en outre, soit le plus économique dans tous les cas. On peut dire cependant, que la chaleur se déplace des points à haute température vers ceux à basse température, et que, par ailleurs, c'est le sol lui-même qui fournit la protection contre le gel dans une fosse. Lorsque celui-ci pénètre dans le sol qui entoure la fosse, les surfaces chaudes intérieures, qui se trouvent au fond et sur le bas des côtés, décroissent, et leur influence diminue par rapport à celle de la partie supérieure plus froide. Si le déséquilibre devient trop impor-

tant, les tuyaux et le compteur gèlent. Ceci ne se produit que lorsqu'on ne tire pas d'eau sur la ligne. Il est évident que le refroidissement de l'eau des tuyaux et du compteur dépend non seulement de la température de l'air environnant, mais également de la durée du contact. Lorsque l'on tire de l'eau sur la ligne, le déplacement constant de l'eau à travers la zone froide l'empêche d'y rester assez longtemps pour geler.

Pour déterminer la taille et la profondeur de la fosse nécessaires à la protection contre le gel, il faut bien connaître les conditions locales. C'est ainsi que le gel pénètre à une vitesse différente suivant la nature du sol, et il est possible que l'on ne rencontre pas de difficultés avec une certaine taille de fosse creusée dans de l'argile ou une bonne glaise, tandis qu'une installation analogue creusée dans un sol de sable ou de gravier fournira une protection assez maigre, et que les compteurs et tuyaux y gèleront.

Le seul guide que l'on puisse recommander dans ce manuel, est l'expérience des installations extérieures, et l'étude de la nature du sol dans les endroits où des compteurs ont gelé, et où le gel ne peut pas être imputé à d'autres causes telles que le bris du couvercle, ou l'érosion de la terre autour du couvercle, facilitant l'accès du froid à l'espace libre situé au-dessus du compteur. Comme nous pensons que l'on dispose d'assez de renseignements en la matière pour fixer des normes d'installation, nous recommandons de préparer des croquis décrivant les pratiques les mieux fondées pour la réalisation de l'installation initiale. Ces croquis devraient en particulier indiquer :

1. Que le couvercle de la fosse doit être au niveau du sol;

2. La profondeur au-dessous du sol à laquelle les raccords du compteur doivent être placés.

3. Qu'aucune partie du compteur ou des canalisations verticales ne doit se trouver à moins de 1 à 2 pouces (2,5 à 5 cm) de la paroi intérieure de la fosse.

4. Quelle taille de fosse (hauteur et diamètre) il faut utiliser pour chaque type de compteur en fonction de la nature du sol.

Il est également très souhaitable de laisser un intervalle de 2 à 4 pouces (5 à 10 cm) entre la canalisation de branchement et le bas de la paroi de la fosse, de façon qu'en cas de tassement des fondations, la canalisation ou le compteur ne soient pas endommagés. On examinera aussi s'il faut incorporer la vanne de trottoir (vanne de commande du branchement) dans la même installation, ou s'il faut la disposer séparément, à l'extérieur de la fosse, dans une fosse spéciale, aux prix d'un supplément de dépense. La figure 6-2 illustre les principes que nous venons d'exposer.

Pose des gros compteurs.

Pour rare qu'elle soit, la pose des gros compteurs peut engendrer tellement de dispositions différentes des canalisations qu'il est difficile de fixer une norme unique. Comme on l'a expliqué au chapitre IV, néanmoins, à propos du choix du compteur adapté aux besoins, on pourra se référer aux schémas et photographies de tuyauteries et de batteries de compteurs de 2 pouces (50 mm) comme à des exemples de ce qui est souhaitable en la matière.

CHAPITRE VII

Contrôle périodique des compteurs

Il s'est écoulé de nombreuses années avant que tout le monde admette que la méthode la plus équitable, pour répartir entre les consommateurs les dépenses du service des eaux, était d'utiliser des compteurs. On ne tirera cependant tout le parti possible de ces appareils que si l'on établit un programme précis pour leur entretien.

Objet des vérifications.

Comme tout dispositif mécanique, un compteur d'eau s'use, et, au bout d'un certain temps, perd de son efficacité optimale. La durée pendant laquelle il conserve sa justesse globale dépend beaucoup de la qualité de l'eau qu'il mesure. Il y a cependant d'autres causes d'usure excessive ou d'erreurs de mesure. Manifestement, la seule façon de savoir si un compteur déterminé fonctionne correctement est de l'essayer, et le problème qui se pose, lorsque l'on veut établir un programme d'entretien, est de déterminer avec quelle fréquence doit être faite la vérification de chaque compteur. Du point de vue du consommateur, la vérification doit permettre de le protéger contre des erreurs de mesure qui risqueraient de faire payer trop cher. Cela intéresse également la direction du service des eaux, mais l'expérience montre que sa plus grande préoccupation doit être la perte de revenus qu'entraînent des erreurs de comptage par sous-estimation.

Les avantages économiques des programmes d'entretien des compteurs ont fait l'objet de plusieurs publications, mais la plupart d'entre elles se sont surtout attachées à la revalorisation des compteurs qui n'ont pas été entretenus pendant une longue période, et sont de peu d'utilité si l'on cherche à savoir avec quelle fréquence doivent être essayés les appareils qui font l'objet d'une surveillance constante. Il n'existe pas, malheureusement, de réponse unique à cette question, car le bilan économique dépend de nombreux facteurs tels que prix de l'eau, effet des différentes qualités d'eau sur les compteurs, coûts de la dépose, de la vérification, de la réparation et de la repose des compteurs. On doit rechercher un équilibre raisonnable. Si les compteurs ne sont pas suffisamment entretenus, le service des eaux verra ses revenus diminuer. Inversement, si le coût d'un programme d'entretien dépasse le montant des pertes que l'on subirait s'il n'existait pas, on provoque un gaspillage dont l'usager du service fera finalement les frais.

Fréquence des vérifications.

Bien que diverses commissions d'Etat aient adopté des règlements concernant la fréquence des vérifications de compteurs, on ne doit pas oublier que si l'on adopte une valeur arbitraire pour plusieurs localités, dans lesquelles les conditions d'utilisation sont différentes,

celle-ci ne peut être la plus économique pour chacune d'entre elles. On trouvera à la table 7-1 une liste de tels règlements, mise à jour en 1954. On doit cependant reconnaître que l'existence même de ces règlements a souvent permis d'avoir des compteurs mieux entretenus qu'ils ne le seraient autrement. C'est un fait inexplicable, mais réel, qu'en trop d'instances on considère que l'entretien des compteurs ne revêt que peu d'importance, comme quelque chose que l'on exécute seulement lorsque d'autres travaux, que l'on peut moins facilement différer, ne se présentent pas. Il est nécessaire de se persuader nettement que le comptage est la seule opération qui rapporte des crédits de fonctionnement au service des eaux. Alors, seulement, accordera-t-on le temps et les études suffisantes à la recherche de la solution du problème de la fréquence à laquelle on doit vérifier les compteurs pour obtenir le meilleur résultat financier.

Que faut-il savoir pour déterminer l'intervalle de temps, ou la quantité d'eau comptée, qui doivent s'écouler entre deux vérifications? Naturellement, dans un réseau entièrement équipé de compteurs, le pourcentage de l'eau fournie qui est mesuré par les compteurs des usagers, ce que l'on appelle le « rapport de mesure ». On n'utilisera pas ici l'expression « pourcentage compté » car il y a tellement de procédés et de données qui peuvent servir à estimer la proportion d'eau non mesurée que les comparaisons portant sur l'eau comptée sont souvent sans valeur. Si un faible pourcentage de la quantité totale d'eau fournie au réseau de distribution, au cours de l'année, disons 60 à 70 % est enregistré par les compteurs des abonnés, c'est que le système est inefficace, ce qui peut être dû au retard des compteurs, à des fuites anormales dans

TABLEAU 7.1

Règlements d'état pour le contrôle des compteurs d'eau

Etat	Année	Règlement n°	Intervalle entre les essais (années) — Taille du compteur (pouces)								Quantités enregistrées entre les essais (milliers de m3) — Taille du compteur (pouces)				
			¾	1	1½	2	3	4	6(1)	¾	1	1½	2
Alabama	1936	60	10	8	6	4	4	4	4	4	3,5	5,3	10,5		
Arkansas	1937	58	10	8	6	4	4	4	4	4	3,5	5,3	10,5		
Colorado(1)	1949	21	5	5	5	4	4	3	2	1					
Connecticut	1955	48	5	5	5	4	4	3	2	1	7,0	17,5	35,0	87,5	140
Delaware	1952	17	8	8	5	5	2	2	2	2					
Illinois	1915	12	10	8	6	4	4	4	4	4	3,5	5,3	10,5		
Indiana	1942	11	10	8	6	4	4	4	4	4	3,5	5,3	10,5		
Kentucky	1935	67	5	5	5	4	4	2	1	1					
Maryland	1942	17	5	5	5	5	4	4	4	4					
Missouri	1953	42	10	8	6	4	4	4	4	4	7,0	10,5	14,0		
New Jersey	1917	X1	10	8	6	4	4	4	4	4	26,2	35,0	70,0		
New Mexico(2)			10	8	6	4	4	4	4	4	7,0	10,5	14,0		
New York	1932	B	5	5	5	4	4	3	2	1	26,2	35,0	70,0	105	215
North Carolina (3)	1952	52				4	4	3	2	1					
Oklahoma	1943	15	(V)												
Oregon	1944	30	5	5	5	5	5	5	5	5					
Pennsylvania	1946	7	10	8	6	4	4	4	4	4	3,5	5,3	10,5		
Utah	1937	II-D	(V)												
Washington	1944	W-12	5	5	5	4	4	3	2	1					
West Virginia	1948	38	7	7	5	4	4	2	1	1					
Wisconsin	1949	11	(V)												

(1) Variable selon les conditions locales; on a indiqué des moyennes.
(2) Pas de règlement officiel.
(3) Seulement pour les compteurs de vitesse combinés, ou de canalisations d'incendie.
(V) Aussi souvent que nécessaire pour satisfaire aux normes de justesse.

les conduites principales et les branchements, ou à une combinaison des deux. Même si une partie seulement de l'eau passe par les compteurs, une variation notable de ce pourcentage d'une année sur l'autre doit inciter à des vérifications.

Il n'existe néanmoins pratiquement aucune étude qui puisse nous apprendre quelle est la proportion des pertes dues au retard des compteurs, ce que l'on ne peut déterminer qu'à l'aide d'essais. On peut obtenir des indications utiles en installant des compteurs neufs en série avec les compteurs anciens en fonctionnement, et, grâce à un échantillonnage convenable, en extrapolant pour évaluer les pertes dues aux compteurs qui sont en service depuis un certain nombre d'années. Si l'on utilise des compteurs de différentes marques et de modèles variés, un tel échantillonnage peut devenir très compliqué, et le résultat risque d'être douteux. De telles comparaisons sur place présentent cependant un autre intérêt, qui est de permettre d'évaluer avec certitude quel est le retard des compteurs, et le manque à gagner correspondant, lorsque les compteurs ne sont pas maintenus en bon état de fonctionnement.

Coordination du programme.

Au départ d'un programme de vérifications périodiques, il est nécessaire de choisir la durée pendant laquelle le travail devra être exécuté, et il est souhaitable qu'elle coïncide avec l'intervalle (que l'on aura estimé au mieux) entre deux vérifications. De cette façon, le travail sera convenablement réparti, et quand on aura à effectuer la prochaine vérification, celle-ci portera sensiblement sur le même nombre de compteurs par an. Si, par exemple, un service, qui gère 10 000 compteurs en fonctionnement, fixe un programme décennal de vérification, on devra déposer environ 900 compteurs par an. Ce nombre est inférieur à 10 % du total, car il y a toujours des compteurs qui ne sont pas destinés à rester en service pendant ces dix ans, et qui devront être déposés pour d'autres raisons. Afin de répartir uniformément le travail, à la fois pour le changement des compteurs et les travaux d'atelier, il est souhaitable d'établir sur une base journalière le nombre de bons de travail à exécuter. En admettant qu'il y ait 250 jours ouvrables par an, il faudra prévoir la vérification d'à peu près 4 compteurs par jour, outre le travail habituel, de façon à vérifier 900 compteurs par an. Si l'on rédige 4 bons par jour, on pourra à tout moment connaître la situation du programme, en comptant simplement le nombre de bons de changement de compteur pour inspection périodique inutilisés, et en s'assurant que les travaux d'atelier se déroulent sans que les appareils en instance ne s'accumulent. Bien que la vérification de 10 000 compteurs puisse paraître une entreprise formidable, il est surprenant de constater que lorsque le travail a débuté d'une façon rationnelle, le travail supplémentaire est facilement absorbé, et fait rapidement partie de la routine.

Naturellement, au fur et à mesure que l'on accumule des résultats d'essais sur les compteurs provenant du réseau, on obtient des données expérimentales sur le temps au bout duquel les compteurs perdent leur sensibilité aux faibles débits, et on peut réviser sur cette base la durée pendant laquelle on admet de laisser les appareils en service.

On considère généralement qu'il convient de faire des vérifications plus fréquentes sur les gros compteurs, en s'appuyant sur l'hypothèse logique qu'une erreur de comptage provoque dans ce cas une beaucoup plus grande variation du revenu perçu. De plus, les compteurs de vitesse et compteurs mixtes peuvent avancer notablement plus que les compteurs volumétriques. S'il existe un nombre suffisant de compteurs de 3 pouces (76 mm) ou plus en service, on peut attribuer leur vérification et

réparation à un agent ou une équipe spécialisée, utilisant des méthodes différentes de celles adoptées pour l'entretien des petits compteurs.

Le meilleur conseil que nous pouvons sans doute donner à propos de ce problème embarrassant et difficile, est d'être averti de son existence, et d'étudier tous les aspects de la question, car rien ne peut remplacer l'expérience pour la recherche de la meilleure solution. On devra garder constamment présent à l'esprit, cependant, que bien que la meilleure façon connue de répartir équitablement les dépenses du service des eaux soit d'avoir un réseau entièrement équipé de compteurs, on risque de provoquer de sérieuses erreurs si tous ces compteurs ne sont pas maintenus en bon et égal état de fonctionnement, et si l'on ne fait pas tous les efforts qui s'imposent pour rechercher ces erreurs.

CHAPITRE VIII

Méthodes et appareillages d'essais

Il n'y a probablement aucune opération, parmi toutes celles qui relèvent du service des eaux, qui ait été réalisée d'autant de façons différentes que la vérification des compteurs d'eau. Cela provient, évidemment, du fait qu'aucune norme complète d'essais n'a été fixée avant que l'on ait demandé aux intéressés, leur opinion sur la façon dont ceux-ci devaient être conduits, soit en 1957. Jusqu'à l'adoption de la norme AWWA C705, les seules indications concernant les exigences sur la justesse des compteurs étaient contenues dans les conditions de recette de l'AWWA pour les compteurs d'eau froide. Or celle-ci étaient destinées à vérifier que les compteurs neufs remplissaient certaines conditions, et ne correspondaient pas aux besoins des essais effectués dans d'autres circonstances. C'est ainsi qu'à l'achat, l'acquéreur veut être certain que le compteur qu'on lui livre est juste, à l'intérieur d'une certaine fourchette, et ceci quel que soit le débit, à condition que ce dernier fasse partie de la gamme de mesure de l'appareil. Les conditions de recette de l'AWWA sont rédigées de façon à constituer une garantie. Comme il est manifeste que personne ne compte que l'essai a été effectué pour chaque débit possible, on se contente de choisir un nombre suffisant de valeurs bien déterminées, de façon que l'on puisse raisonnablement admettre que le compteur est juste, dans les limites exigées, pour tous les débits prévus. En principe, le choix du nombre d'essais, des débits et volumes à mesurer pendant les essais des compteurs neufs est laissé au fabricant, à l'exception du débit minimal, qui est fixé.

L'absence de normes pour les essais concernant les travaux normalement exécutés par le service des eaux a été la principale cause de la grande diversité des méthodes d'essais. On peut se demander quel inconvénient cela présente. Pour répondre à cela, il nous faut d'abord examiner la raison pour laquelle on vérifie les compteurs, et l'usage que l'on fait des résultats obtenus.

La première raison pour laquelle on essaie les compteurs est de s'assurer que le prix de l'eau est le même pour tous les usagers. Ceci ne serait pas possible si tous les compteurs ne donnaient pas les mêmes résultats à très peu près. C'est pourquoi les commissions de normalisation ont fixé des exigences absolues en matière d'exactitude des compteurs, ainsi que de fréquence des vérifications. Lorsque l'on examine ces exigences, on constate cependant la confusion qui règne sur le sujet.

Deuxièmement, le service des eaux peut voir diminuer ses revenus si on n'entretient pas les compteurs de façon qu'ils demeurent raisonnablement efficaces. Malheureusement, les compteurs volumétriques, qui sont les plus couram-

ment utilisés, peuvent indiquer, pendant de longues périodes, des consommations fortement réduites avant de s'arrêter complètement. Aussi faut-il les vérifier périodiquement afin de limiter le manque à gagner résultant. La justesse des compteurs de vitesse est également sujette à variations en service, et ils peuvent soit avancer, soit retarder. Malheureusement, la durée pendant laquelle les compteurs d'eau conservent leur justesse moyenne est variable, et dépend surtout des caractéristiques et de la qualité de l'eau que l'on mesure. Le prix que l'on fait payer pour la fourniture d'eau influe également sur la fréquence des vérifications de compteurs. Il est difficile de déterminer quelle est la conduite la plus économique à tenir, compte tenu du prix des essais supplémentaires et du manque à gagner éventuel par retard des compteurs. Il est de toute façon nécessaire de procéder aux essais adéquats si l'on veut tenter une telle détermination.

On ne pourra pas connaître la façon dont la justesse des compteurs varie si l'on ne dispose pas d'une méthode d'essai dont les résultats reflètent l'efficacité globale de l'appareil, et à laquelle on se tienne rigoureusement.

En définitive, tout irait bien si tout le monde parlait le même langage. Tous les ans il y a de nombreuses discussions sur les travaux du département des compteurs et les méthodes d'essais, mais il ne peut exister aucune base de comparaison valable tant que les résultats ne seront pas obtenus par une méthode normalisée unique.

Caractéristiques d'un essai de compteur.

Un essai de compteur se caractérise par trois éléments, qui sont :

1. Le nombre de débits d'essais, dans la gamme de fonctionnement du compteur, qu'il faut utiliser pour déterminer l'efficacité globale.

2. Les volumes d'eau qu'il faut soumettre à la mesure aux différents débits d'essais pour que le chiffre enregistré par le compteur soit convenablement estimé.

3. Les limites de justesse et de précision que l'on doit imposer au compteur, aux différents débits, afin qu'il soit considéré comme bon.

Débits d'essai.

Pour qu'un essai de compteurs volumétriques ou compteurs de vitesse soit correct, il faut qu'il porte sur trois débits différents : maximal, intermédiaire, et minimal. Avec les compteurs mixtes, il faut au moins un essai de plus, et de préférence plusieurs, si l'on veut déterminer leur efficacité globale en service et l'exactitude de leur mesure.

Le débit maximal est souvent pris égal au débit nominal du compteur. Les courbes de mesure des compteurs volumétriques ou de vitesse, en bon état de fonctionnement, présentent toutes la même allure générale : après les très faibles débits, que le compteur n'enregistre pas, il y a un maximum du rapport mesure/quantité réelle; au-dessus et au-dessous de ce point, ce rapport décroît. Le point auquel correspond le maximum dépend du modèle du compteur, mais se situe généralement à environ 10 % de la capacité nominale. Au-delà de ce point, la courbe de mesure est pratiquement plate, de sorte que la justesse varie peu dans une large gamme de débits. Aussi le choix du débit maximal d'essai n'a pas une importance primordiale. Il est assez commode de le choisir égal à environ les trois-quarts de la capacité nominale, d'autant plus que les compteurs fonctionnent rarement à cette dernière. Ce débit plus faible est avantageux si l'on fait l'essai simultané de plusieurs petits compteurs, et on peut l'obtenir avec les pressions et les appareils d'essais dont on dispose habituellement.

Le débit d'essai intermédiaire devrait se situer au maximum du rapport mesure/quantité réelle, ou

au voisinage de ce maximum, de façon à s'assurer que le compteur n'avance pour aucun débit. On doit donc le prendre égal à environ 10 % de la capacité nominale.

Le débit minimal d'essai est plus important que les deux autres pour estimer l'aptitude au service et l'efficacité des réparations. Néanmoins tous les trois sont nécessaires pour évaluer la justesse d'ensemble du compteur.

On devra mesurer les débits d'essais en unités légales, par exemple en gallons par minute. On ne peut se contenter d'estimer les débits au moyen d'orifices calibrés, car ils pourraient varier à la suite de l'usure de ces derniers ou d'une variation de la pression en cours d'essais.

Volumes d'essai.

La quantité d'eau qu'il faut utiliser, de façon à maintenir l'erreur sur le résultat de l'essai au maximum admissible, dépend de deux facteurs : 1) la précision de l'équipement d'essai, et 2) la précision de lecture. Les réservoirs, et échelles de mesure, du commerce permettent d'obtenir de l'équipement une précision d'ensemble de 0,3 %. Néanmoins, si on ne les vérifie pas périodiquement, ce chiffre peut être fortement modifié, et nous recommandons d'adopter le principe de

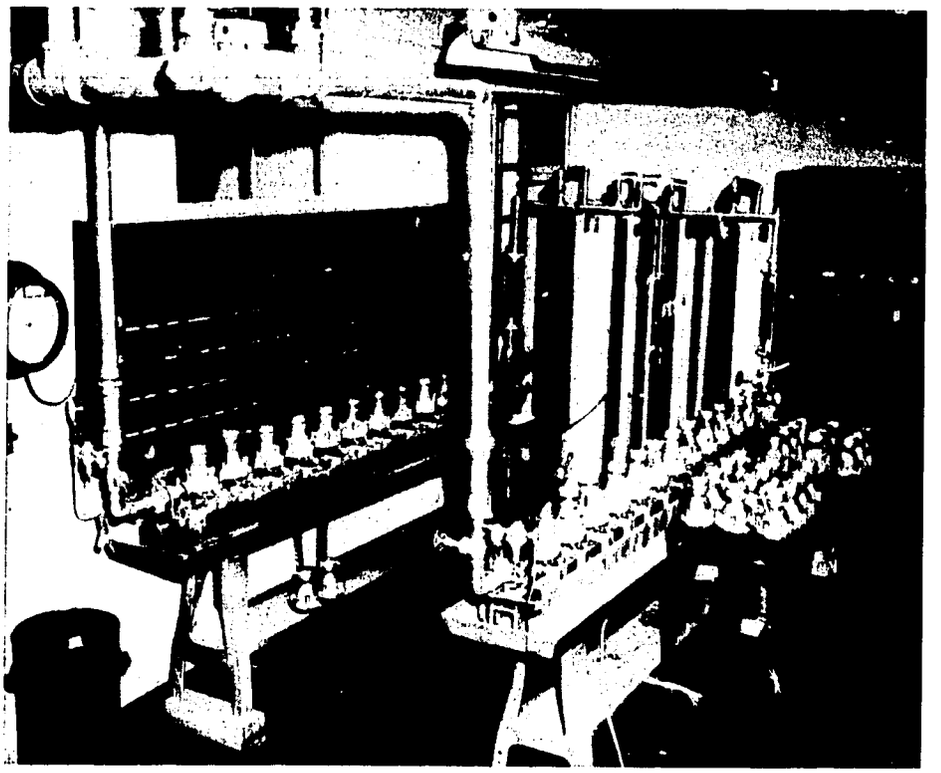


Fig. 8-1. — Bancs d'essais pour compteurs de $\frac{5}{8}$ de pouce

Chaque banc peut porter 12 compteurs et possède un indicateur de débit, une vanne d'arrêt électrique, un réservoir calibré de 1 pied cube et un autre de 10 pieds cubes. Les dispositifs de montage et de serrage des appareils sont à commande hydraulique.

son contrôle, de préférence par les soins d'un bureau de poids et mesures.

Il existe deux sortes de cadrans de compteurs : ceux qui ont une grande aiguille centrale, et ceux dont l'aiguille qui sert aux essais a la même taille que celles qui se trouvent sur les petits cadrans disposés en cercle à l'intérieur du grand cadran. Manifestement, les premiers permettent une meilleure lecture, et de moindres erreurs pendant l'essai, que les seconds. On peut tourner la difficulté due à l'erreur de lecture des petits cadrans en utilisant de plus grands volumes d'essai. Ceci a cependant l'inconvénient d'accroître la durée de l'opération, ainsi que la taille des réservoirs et des échelles de mesure. Une autre méthode, qui permet de réduire la durée de l'essai sans sacrifier la précision est d'utiliser un cadran d'essai spécial. L'un des modèles qui existent possède une grande aiguille, mais présente l'inconvénient de ne pas utiliser le cadran du compteur lui-même, ce qui fait que la vérification ne porte pas sur l'appareil complet. Un autre type se compose d'un couvercle, qui coiffe le cadran normal (à la place du couvercle), et d'une grande aiguille destinée à l'essai. Cette aiguille est fixée sur la petite aiguille du compteur à travers une ouverture pratiquée dans le couvercle. Il est préférable, même lorsqu'on dispose d'une grande aiguille centrale, d'utiliser des volumes d'eau qui correspondent à un nombre entier de tours de cadran. Ceci élimine les causes éventuelles d'erreurs telles que l'irrégularité de la gravure ou un mauvais centrage du cadran.

Limites de justesse.

Naturellement, les limites de justesse ont été établies de telle sorte que l'on soit certain que les compteurs opèrent avec toute l'exactitude commercialement réalisable. Le comptage varie de 2 ou 3 %, ce qui est le propre de ces appareils, sur l'ensemble de la gamme de mesure, sauf pour les petits débits justes supérieurs au seuil de fonctionnement du compteur.

Les conditions d'essais que l'on trouvera au tableau 8-1 ont été établies par le comité des compteurs de l'AWWA, en vue de constituer une norme pour l'essai de ces appareils. Les procédures indiquées ont été adoptées par le comité directeur de l'association en janvier 1957, et publiées dans la norme AWWA C705. On peut noter que l'on a reconnu qu'il était souvent antiéconomique de réparer les vieux compteurs de façon qu'ils satisfassent aux exigences de justesse, au débit minimal, valables pour les compteurs neufs. C'est pourquoi on a indiqué des limites différentes, à ce débit, pour les compteurs neufs et les compteurs réparés. Ces dernières sont telles qu'il faille un bon atelier de réparation pour les obtenir. On considère que le résultat de la réparation n'est convenable que si le compteur réparé indique une valeur au moins égale à 80 % du chiffre théorique.

Equipement d'essai.

L'équipement nécessaire aux essais des compteurs d'eau peut être très simple. On peut se contenter de monter le compteur sur une canalisation dont le débit est réglé par une vanne de commande, et de déverser l'eau utilisée pour l'essai dans un réservoir comportant une échelle de mesure du volume délivré. Il est évidemment nécessaire, dans ce cas, de disposer d'un moyen d'évaluer le débit, et on peut utiliser une montre à cet effet. Un autre procédé, qui a été largement utilisé dans le passé, consiste à faire passer l'eau à travers des orifices de tailles variées, conçus chacun pour délivrer un débit déterminé sous pression constante. La mesure des débits au chronomètre n'est cependant pas commode pour l'exécution d'essais de routine, et, quant aux orifices calibrés, nous avons mentionné plus haut les erreurs qu'ils étaient susceptibles d'introduire par suite de leur usure ou d'une variation de la pression.

Tableau 8.1. — Essais pour compteurs à eau froide

Taille des compteurs en pouces	Débit maximal			Débit intermédiaire			Débit minimal			
	Débit en lit./mn	Débit d'essai en m3	Limite de précision *	Débit en lit./mn	Débit d'essai en m3	Limite de précision *	Débit en lit./mn	Débit d'essai en m3	Limite de précision Compteurs neufs	Limite de précision Compteurs réparés
Compteurs volumétriques										
5/8	57	0,283— 0,378	98,5—101,5	7,5	0,028 —0,038	98,5—101,5	0,95	0,028—0,038	95—101,5	90—101,5
3/4	94	0,283— 0,378	98,5—101,5	11,4	0,028 —0,038	98,5—101,5	1,89	0,028—0,038	95—101,5	90—101,5
1	151	0,283— 0,378	98,5—101,5	15,1	0,028 0,038	98,5—101,5	2,84	0,028—0,038	95—101,5	90—191,5
1 1/2	302	2,830— 3,785	98,5—101,5	30,2	0,283 —0,378	98,5 —101,5	5,67	0,283—0,378	95—101,5	90—101,5
2	453	2,830— 3,785	98,5—101,5	57	0,283 —0,378	98,5 —101,5	7,54	0,283—0,378	95—101,5	90—101,5
3	945	2,830— 3,785	98,5—101,5	75	0,283 —0,378	98,5 —101,5	15,1	0,283—0,378	95—101,5	90—101,5
4	1322	2,830— 3,785	98,5—101,5	151	0,283 —0,378	98,5—101,5	26,4	0,283—0,378	95—101,5	90—101,5
6	2640	2,830— 3,785	98,5—101,5	227	0,283 0,378	98,5—101,5	45	0,283—0,378	95—101,5	90—101,5
Compteurs de vitesse ***										
1 1/2	302	2,830— 3,785	97 —103	57	0,283—0,378	97 —103	26	0,283—0,378	95—103	90—103
2	453	2,830— 3,785	97 —103	75	0,283—0,378	97 —103	38	0,283—0,378	95—103	90—103
3	945	2,830— 3,785	97 —103	113	0,283—0,378	97 —103	57	0,283—0,378	95—103	90—103
4	1510	28,300—37,851	97 —103	189	2,830—3,785	97 —103	76	2,830—3,785	95—103	90—103
6	3785	28,300—37,851	97 —103	378	2,830—3,785	97 —103	114	2,830—3,785	95—103	90—103
8	6040	28,300—37,851	97 —103	756	2,830—3,785	97 —103	188	2,830—3,785	95—103	90—103
10	9450	28,300—37,854	97 —103	1135	2,830—5,785	97 —103	284	2,830—3,785	95—103	90—103
12	15120	28,300—37,854	97 —103	1520	2,830—3,785	97 —103	378	2,830—3,785	95—103	90—103
16	26400	28,300—37,851	97 —103	2260	2,830—3,785	97 —103	567	2,830—3,785	95—103	90—103

Tableau 8.1 (suite). — Essais pour compteurs à eau froide

Taille des compteurs en pouces	Débit maximal			Débit intermédiaire			Débit minimal			
	Débit en lit./mn	Débit d'essai en m3	Limite de précision **	Débit en lit./mn	Débit d'essai en m3	Limite de précision **	Débit en lit./mn	Débit d'essai en m3	Limite de précision	
									Compteurs neufs	Compteurs réparés
				Compteurs combinés						
1 1/2	302	2,830— 3,785	97—103	57	0,283— 0,378	97—103	0,95	0,028—0,038	95—103	90—103
2	453	2,839— 3,785	97—103	75	0,283— 0,378	97—103	0,95	0,028—0,038	95—103	90—103
3	945	2,830— 3,785	97—103	113	0,283— 0,378	97—103	1,89	0,028—0,038	95—103	90—103
4	1340	28,300—37,854	97—103	189	2,830— 3,785	97—103	2,84	0,280—0,378	95—103	90—103
6	2640	28,300—37,854	97—103	378	2,830— 3,785	97—103	5,67	0,280—0,378	95—103	90—103
8	4530	28,300—37,854	97—103	756	28,300—37,854	97—103	7,54	0,280—0,378	95—103	90—103
10	6940	28,300—37,854	97—103	1135	28,300—37,854	97—103	15,1	0,280—0,378	95—103	90—103
12	9060	28,300— 37,854	97—103	1520	28,300—37,854	97—103	26,4	0,283—0,378	95—103	90—103

* Limites de précision pour des compteurs réparés ou neufs.

** Les limites de précision au débit minimal, pour compteurs réparés, figurant dans le tableau sont ceux que l'on peut obtenir avec la plupart des compteurs et de bonnes méthodes de réparation. Tout compteur, quel que soit son âge, qu'on ne peut réparer de façon à ce qu'il indique au moins 80 % du test de débit minimal, ne devrait pas être mis en service.

*** S'ils mesurent plus de 5,8 cm, ces compteurs devraient être, de préférence, essayés sur le terrain, en comparaison avec un compteur de référence. Les compteurs combinés devraient également être testés à un débit compris entre les limites du débit de « changement ». Comme ce débit est variable, selon la marque du compteur et les dimensions de la petite unité du compteur, on ne peut établir aucun ensemble défini de débits. La précision minimale exigée à tout débit compris entre les limites de débit de « changement » est de 85 %. Les petites unités de compteurs combinés devraient également être essayées à un débit peu éloigné des débits d'essai maximum, indiqués pour les compteurs à disques de mêmes dimensions (en évitant que la soupape compound ne s'ouvre). Les limites de précision de ce test sont de 98,5 à 101,5 %. Il est difficile d'indiquer des débits précis pour ce test, car les compteurs combinés de marques différentes sont munis de petites unités de tailles différentes et son conçus de façon à ce que la soupape compound s'ouvre à des débits différents.

Cette dernière méthode n'est pas recommandée.

Lorsque le nombre de compteurs à vérifier le permet, on peut se procurer dans le commerce un équipement d'essai mieux adapté. Il est possible d'essayer les compteurs un à un ou en groupe, et le choix de l'équipement dépendra de la charge de travail. Si le choix a été effectué raisonnablement, le prix de l'équipement sera rapidement amorti et l'on obtiendra des résultats plus exacts. Un bon équipement d'essai doit comporter cinq parties :

1. Un banc d'essai sur lequel on puisse rapidement et surement fixer les compteurs.

2. Une vanne d'arrivée.

3. Une vanne à fermeture rapide, à la sortie du banc, pour régler le débit.

4. Un indicateur de débit.

5. Un ou plusieurs réservoirs, de préférence étalonnés pour une mesure de volume, ou installés sur une bascule pour la mesure par pesée (les réservoirs étalonnés doivent naturellement être installés d'aplomb si l'on veut éviter des erreurs).

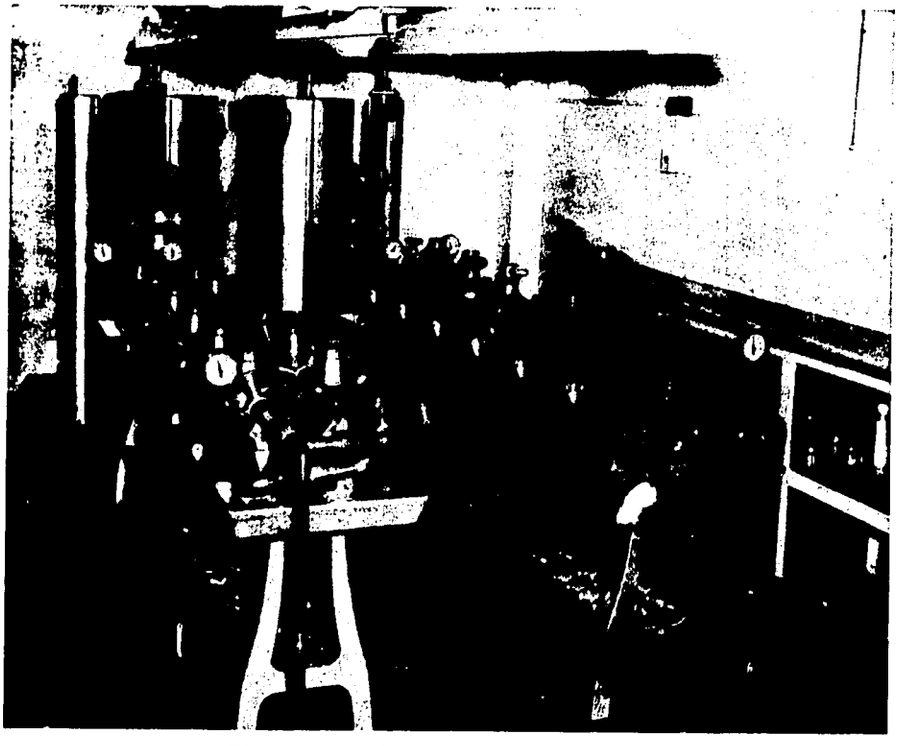


Fig. 8.2. — Dispositif de bancs d'essais

Il y a deux bancs de 12 compteurs. Des vannes d'arrêt sont adaptées aux plus grands réservoirs.

Un équipement qui convient pour l'essai des compteurs de $^5/_8$, $^3/_4$ et 1 pouce comporte les éléments suivants :

1. Un réservoir de 10 pieds cubes ou 100 gallons (environ 280 et 380 litres respectivement), de préférence étalonné pour les me-

sures de volume, ou installé sur une bascule pour la pesée.

2. Un réservoir de 1 pied cube ou 10 gallons (28 ou 38 litres), équipé de la même façon.

3. Un banc d'essai comportant les raccords nécessaires, une vanne d'arrivée, une vanne de commande à fermeture rapide sur la sortie, et un indicateur de débit. Ce banc peut être conçu pour porter un seul compteur ou pour l'essai simultané de plusieurs appareils (fig. 8-1 et 8-2).

On utilisera un équipement analogue pour l'essai des compteurs de plus de 1 pouce. Pour les gros compteurs on devra disposer d'un réservoir supplémentaire de 100 pieds cubes ou 1 000 gallons (2 800 ou 3 800 litres). Il est également essentiel de disposer d'un indicateur de débit de capacité supérieure au précédent. Il existe des bancs d'essai de compteurs de 1 ½ et 2 pouces, que nous recommandons dans le cas où on a à contrôler un nombre suffisant de ces appareils.

Si l'on veut vérifier des compteurs de 3 pouces ou plus à l'atelier, il faudra disposer d'une tuyauterie convenable (fig. 8-4). En général on la réalise en laissant un espace calculé pour le compteur le plus long et en utilisant un assortiment de rallonges pour monter les compteurs plus courts (fig. 8-5). On utilise souvent cette disposition pour les compteurs de 1 ½ et 2 pouces, à la place d'un banc spécial, surtout lorsqu'il y a peu d'appareils de cette taille en service.

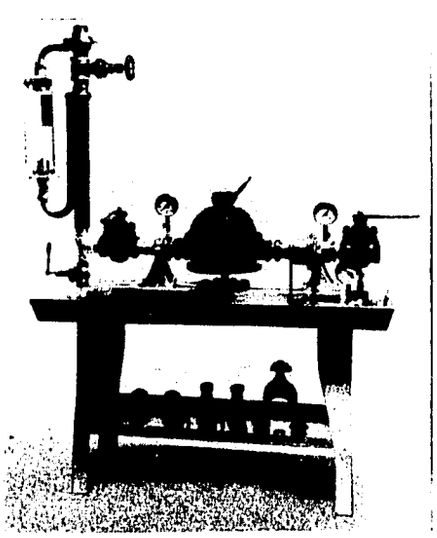


Fig. 8.3. — Banc d'essai pour compteurs de 1 1/2 à 2 pouces.

Unité équipée avec un double indicateur de débit.

Procédure d'essai.

Bien que la description qui suit concerne les opérations auxquelles on procède pour contrôler les compteurs de ⅝ de pouce, les seules différences apportées par l'essai de compteurs plus gros résident dans les débits et les volumes d'eau utilisés. Nous admettons que l'équipement est celui qui a été décrit au paragraphe précédent :

1. Fixer solidement le compteur sur le banc d'essai (ne pas serrer plus qu'il n'est nécessaire pour obtenir un raccordement étanche, car on risquerait de déformer le carter du compteur).

2. Enlever le couvercle du cadran.

3. Ouvrir tout d'abord la vanne de décharge; puis, ouvrir la vanne d'admission, et faire couler de l'eau (non mesurée) jusqu'à ce qu'on ait purgé l'air des appareils. Ceci assure également le remplissage de la conduite de sortie qui mène au réservoir.

4. Fermer la vanne de décharge.

5. Vérifier que le réservoir de décharge de 100 gallons ou 10 pieds cubes est vide, puis fermer la vanne de vidange de ce réservoir (cette vidange doit déboucher sur une rigole ouverte de façon que l'on puisse déceler une fuite éventuelle de la vanne).

6. Faire tourner l'aiguille du cadran d'essai pour l'amener au zéro. Pour ce faire, dépasser le repère zéro puis ramener l'aiguille en marche arrière jusqu'à la position voulue. Ceci permet d'éliminer l'influence du jeu qui peut exister dans les engrenages.

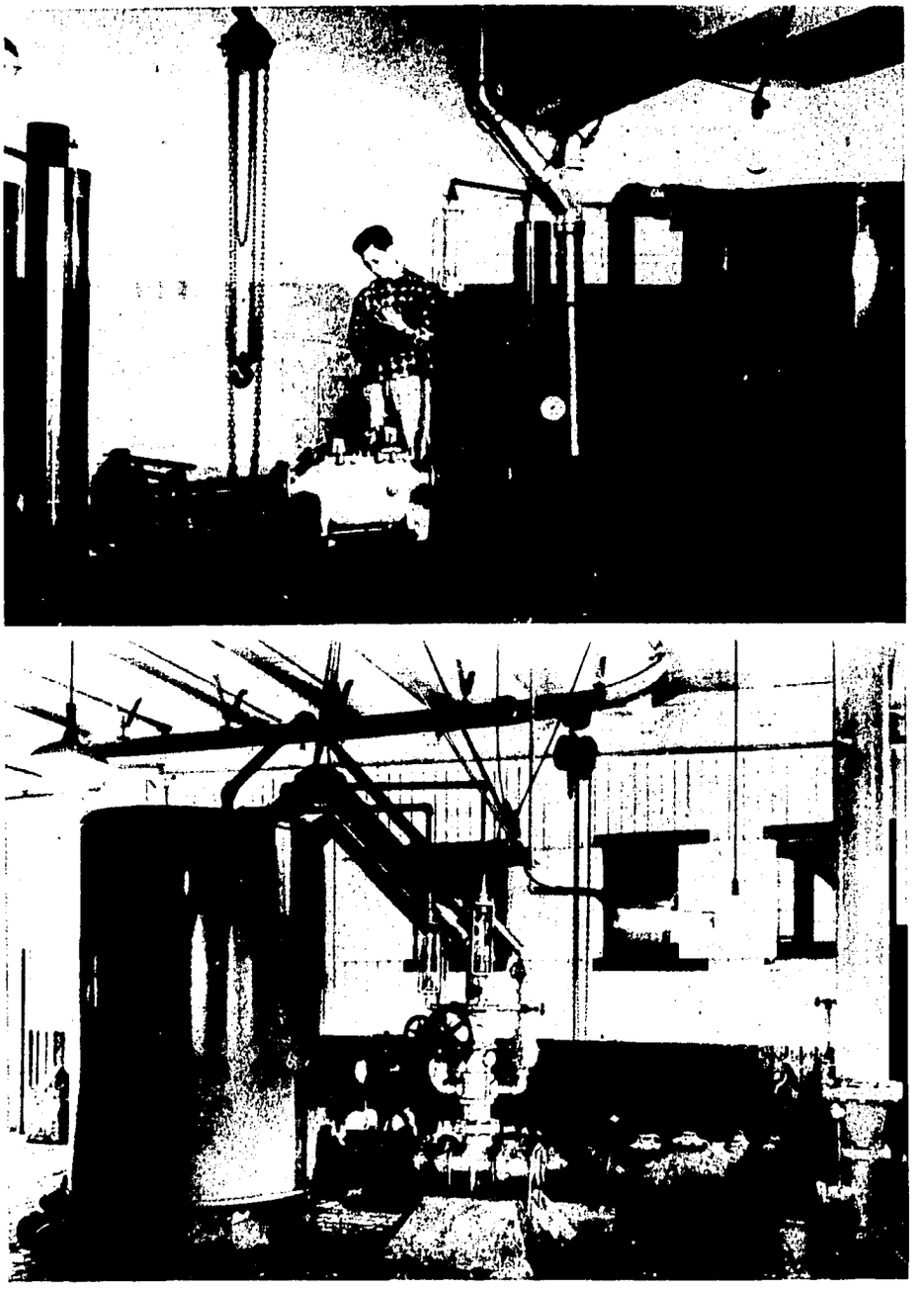


Fig. 8.4. — Dispositif pour gros compteurs

Dans les deux cas ci-dessus, on pallie les variations de taille des compteurs en essais par des raccords spéciaux.

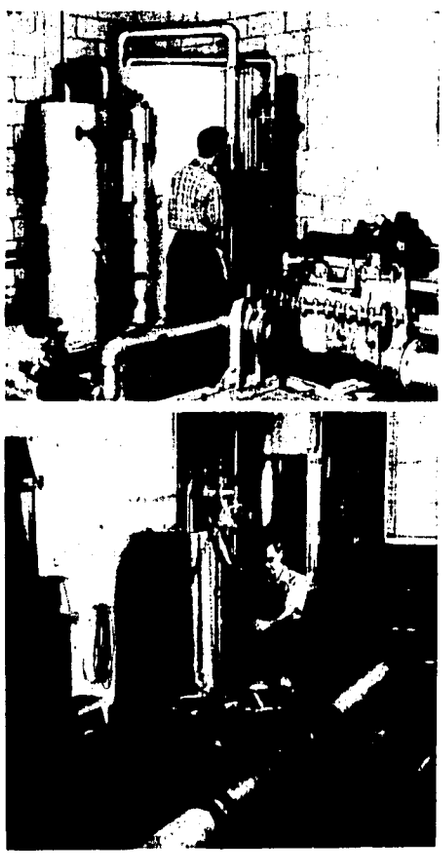


Fig. 8.5. — Essais de gros compteurs

Les tuyaux intermédiaires représentés dans la figure inférieure, le long du mur, sont prévus pour les différentes tailles de compteurs.

7. Ouvrir la vanne de décharge du banc aussi rapidement que la prudence le permet, jusqu'à ce que le débit maximum d'essai soit atteint (15 gallons/minute, soit 3,4 m³/h), et maintenir cette valeur jusqu'à ce que l'aiguille du cadran ait fait 10 tours complets, l'essai étant arrêté au moment où elle passe sur la marque de départ. Lire sur la graduation du réservoir le degré de justesse du compteur (fig. 8-6), ou, si le réservoir n'est pas étalonné, peser l'eau qui s'y trouve.

8. Inscrire le résultat de l'essai sur la fiche prévue à cet effet.

9. Si le compteur essayé est un compteur venant d'être réparé, et si sa justesse n'est pas comprise entre les limites imposées, se reporter à la table de changement d'engrenages, et remplacer ceux-ci par une combinaison telle que le compteur satisfasse, pour ce débit, à la précision demandée. Répéter l'essai comme ci-dessus (ne pas faire confiance uniquement, pour obtenir l'exactitude souhaitée, au changement d'engrenages; s'assurer toujours que le compteur fonctionne correctement en refaisant l'essai après toute opération de cette sorte).

10. Si l'on contrôle un compteur réparé, et que sa justesse soit comprise entre les limites, pour l'essai au débit maximal, répéter les opérations 3 à 8, inclusivement, pour le débit intermédiaire (2 gallons/minute soit 0,45 m³/h) et le débit minimal (¼ gallon/minute, 57 litres/heure) l'eau d'essai étant déchargée dans le réservoir de 10 gallons ou 1 pied cube. Le volume nécessaire pour ces essais est seulement de 10 gallons ou 1 pied cube, et l'aiguille fait un seul tour de cadran.

11. Si par contre l'opération est destinée au contrôle d'un comp-

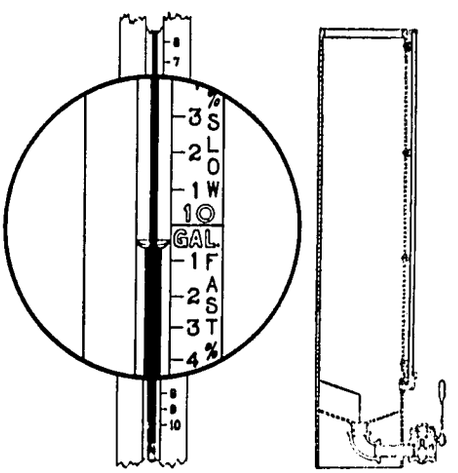


Fig. 8.6. — Echelle calibrée pour réservoir d'essai

L'échelle donne en % le défaut ou l'excès d'enregistrement.

teur que l'on vient de déposer, il est préférable d'inverser l'ordre des essais. On commencera par le débit minimal, suivi par l'intermédiaire, puis par le débit maximal. Si le compteur a été en service pendant assez longtemps, et qu'on l'essaie tout d'abord au fort débit, on risque de libérer le disque, et les essais à faible débit donneraient alors une fausse bonne impression de l'état du compteur. Pour une raison analogue, quoique inverse, on devra procéder à l'essai dès que possible après le démontage, afin d'éviter le séchage des dépôts qui se trouvent dans le compteur, ceci pouvant donner à tort une mauvaise idée de l'état où se trouvait réellement le compteur en service.

12. Lorsque l'on a exécuté les trois essais différents, le contrôle est terminé, et on peut ôter le compteur du banc, après avoir fermé la vanne d'arrivée et décomprimé l'eau en ouvrant partiellement la vanne de décharge.

13. Après la fin du dernier essai, on doit vider le compteur, sceller le cadran, et placer des bouchons antipoussière sur les extrémités ouvertes du compteur avant de le stocker.

Nous attirons particulièrement l'attention sur le fait que la graduation des réservoirs est valable lorsqu'on les utilise à leur capacité nominale, et que si l'on se sert pour l'essai de volumes moindres, le pourcentage d'erreur indiqué sur l'échelle n'est plus correct. Par exemple, on peut utiliser un réservoir de 10 gallons au lieu de 1 gallon en abaissant son niveau jusqu'à la marque de 9 gallons, et en le remplissant jusqu'à 10 gallons (ce qui n'est pas recommandé, mais que l'on fait parfois pour gagner du temps) ; dans ce cas, 1 % d'erreur lu sur la graduation correspond à une erreur réelle de 10 %.

On notera également qu'en dessous de 1 gallon/minute, la température a de l'influence sur l'indicateur de débit. La plupart d'entre eux sont étalonnés pour 70° F (21 °C), et les variations de la viscosité avec la température modifient le chiffre indiqué.

Ces appareils sont en général équipés de repères mobiles qui indiquent les débits vrais pour les valeurs minimales, et on devra les utiliser. Une bouteille de lait et une montre permettent d'étalonner efficacement l'instrument pour les débits de ¼ et ½ gallon/minute. Cette vérification n'est nécessaire qu'en cas de variation notable de la température de l'eau d'essai, sans doute pas plus de quatre fois par an.

Contrôle simultané de plusieurs compteurs.

Le contrôle simultané de plusieurs compteurs se déroule de la même façon que celui d'un seul compteur, à l'exception d'un point important. Dans cet essai, il n'est pas possible d'utiliser les cadrans des compteurs pour évaluer le volume d'eau utilisé, car les compteurs tournent à des vitesses légèrement différentes entre elles. C'est pourquoi on déverse l'eau dans le réservoir, et on arrête le débit au moment où l'on a atteint exactement le volume voulu. On détermine la justesse de chaque compteur en lisant la valeur indiquée par le cadran, au lieu de la relever sur la graduation du réservoir. Il est très important de bien comprendre l'arithmétique de cette opération. Dans les essais indiqués ci-dessus pour la vérification d'un compteur de ⅝ de pouce, on utilisait deux volumes distincts d'eau, 100 gallons (10 pieds cubes) au débit maximal, et 10 gallons (ou 1 pied cube) aux autres débits. Un tour de l'aiguille du compteur correspond à 10 gallons ou 1 pied cube, et le cadran est divisé en dix secteurs égaux. Aussi, lors de l'essai au débit maximal, pour lequel l'aiguille fait 10 tours, chaque graduation correspond à une différence de 1 %. Par contre, au débit intermédiaire et au débit minimal, l'aiguille ne fait qu'un tour, et une graduation d'écart correspond à une erreur de 10 %.

Lorsque l'on contrôle simultané-

ment plusieurs compteurs de $^5/_8$ de pouce, et que l'on a déversé dans le réservoir exactement la quantité désirée, l'erreur qui correspond à une graduation dépend de cette quantité, et elle est de 1 % pour 100 gallons (ou 10 pieds cubes) et de 10 % pour 10 gallons (ou 1 pied cube). On doit de plus déterminer si le compteur avance ou retarde. Si au cours d'un essai portant sur 100 gallons l'aiguille d'un compteur fait dix tours plus une graduation (1 gallon), le compteur a enregistré 101 gallons alors que seulement 100 avaient été débités, et il indique donc 101 % ou avance de 1 %. De même, si l'aiguille d'un autre compteur a fait dix tours moins deux graduations (2 gallons), et que celui-ci a donc enregistré 98 gallons sur 100 débités, sa justesse est de 98 %, et il retarde de 2 %.

Lorsque l'essai porte sur 10 gallons (ou 1 pied cube), chaque graduation du cadran d'essai correspond à une erreur de 10 %, et si l'aiguille s'est déplacée seulement de 9/10 de tour, l'appareil a compté à 90 %. A moins que le compteur n'ait une grande aiguille centrale, ou que l'on utilise un cadran spécial, il est nécessaire d'interpoler entre les graduations pour accroître la précision de lecture.

On se préoccupe souvent du temps nécessaire aux essais à faible débit et grands volumes d'essais, mais le contrôle simultané de plusieurs compteurs permet de réduire ce temps en proportion. De plus, on peut installer sur le banc une vanne à coupure automatique peu coûteuse. On n'est plus alors obligé de rester auprès de celui-ci pour surveiller qu'on ne dépasse pas le volume désiré. Ce dispositif, que représente la fig. 8-7, se compose d'une vanne électromagnétique, avec un filtre, un relais avec transformateur, une électrode par réservoir, et les câbles et interrupteurs nécessaires. Lorsque l'eau du réservoir arrive au niveau correspondant au volume d'essai (point auquel se trouve fixé l'extrémité inférieure de l'électrode) un contact s'établit, ce qui permet au courant de traverser le relais. Celui-ci s'ouvre, ce qui coupe l'alimentation de la bobine de la vanne, et fait se fermer cette dernière, coupant ainsi l'arrivée d'eau.

Essais sur le terrain

Les essais sur le terrain se limitent généralement aux compteurs de plus de 2 pouces, et nous les recommandons pour toutes les tailles de compteurs de vitesse ou de compteurs mixtes. Très peu d'ateliers disposent de réservoirs pouvant contenir les volumes d'eau nécessaires au contrôle des gros compteurs. De plus, l'exactitude des compteurs de vitesse peut être notablement altérée par des inégalités dans la distribution des flux, causées par des courbes ou autres obstacles proches de l'extrémité amont du compteur.

L'essai sur le terrain est analogue dans son principe à l'essai en atelier, à ceci près qu'au lieu d'utiliser un réservoir pour mesurer le volume de l'eau, on compare le compteur à un autre préalablement étalonné. Les deux sont disposés

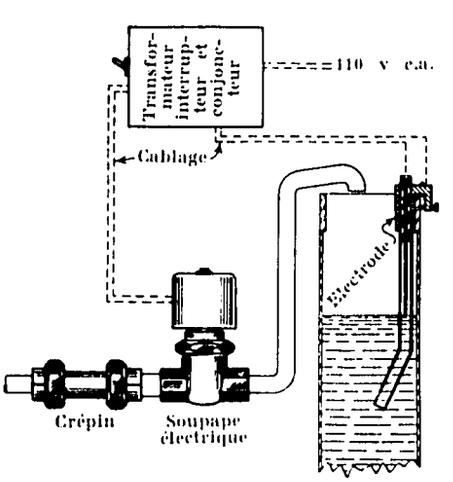


Fig. 8.7. — Vanne d'arrêt automatique

Le débit est coupé lorsque le réservoir d'essai est plein. Le dispositif marche automatiquement, sans surveillance.

en série, et l'eau n'est pas récupérée. Comme le compteur de référence n'est pas exact à 100 % pour tous les débits, il est nécessaire de tenir compte de la variation de ses indications avec le débit pour calculer la justesse du compteur que l'on contrôle.

Un point important à se rappeler à ce propos est que les deux compteurs doivent être pleins d'eau et sous une pression positive. Aussi la vanne de réglage du débit doit-elle être du côté aval du compteur de référence. Il ne faut jamais l'installer en amont du compteur en cours d'essai ni entre les deux, car les résultats obtenus pourraient être inexacts.

L'écoulement du volume d'eau utilisé pour l'essai pose souvent un problème au cours des essais sur le terrain. Un autre problème est de disposer d'un compteur de référence dont la capacité soit suffisante pour fournir les gros débits exigés par l'essai au débit maximal. Il est souvent nécessaire de choisir un débit inférieur à ceux indiqués pour cet essai dans le cas des gros compteurs. Dans beaucoup de cas on ne peut utiliser qu'un débit de 500 gallons/minute (environ 100 m^3/h), mais cette valeur est néanmoins généralement suffisante pour déterminer la justesse des gros compteurs dans la gamme des forts débits. Il est évident que l'on ne peut admettre des débits inférieurs à ceux qui sont prévus qu'en tant qu'expédient, et que, là où c'est possible, on utilisera les débits normaux.

CHAPITRE IX

Entretien et réparation des compteurs volumétriques

L'entretien et la réparation des compteurs volumétriques *, plus spécialement dans les petits ateliers, font l'objet de ce chapitre. Nous devons rappeler tout d'abord que tout compteur neuf doit être contrôlé avant sa mise en service, afin que l'on possède son histoire complète au moment où on aura à le vérifier ou le réparer.

Compteurs à disque dont la chambre est en deux parties.

Nettoyage.

Chaque compteur, lorsqu'il arrive à l'atelier, doit être démonté. On nettoiera soigneusement chaque pièce, comme le montre la figure 9-1. Si l'on n'a pas le temps de le nettoyer tout de suite il faut boucher l'une des ouvertures du compteur, puis le remplir d'eau au robinet. Lorsqu'il est plein, on bouche l'ouverture au sommet, et on le range, à l'envers ou a l'endroit, jusqu'à ce qu'on puisse le démonter. Ceci évite le durcissement des dépôts et facilite le démontage et le nettoyage.

Il est très utile, pour le réparateur, de disposer d'une plaque de plomb coulé, d'environ 1 pied carré (30 × 30 cm) de surface et 1 pouce (25 mm) d'épaisseur. Lorsque l'on veut démonter un compteur qui a été en service pendant de nombreuses années, on a quelquefois du mal à sortir les pièces intérieures de l'enveloppe. Si cela se produit, on soulèvera le compteur, après en avoir enlevé le fond, et on frappera quelques coups secs sur le bloc de plomb, de façon à décoller la chambre de l'enveloppe. Le bloc encaissera le choc sans érafler ni endommager l'enveloppe.

On utilise différentes méthodes et produits chimiques pour nettoyer les compteurs d'eau : des solutions alcalines chaudes pour enlever les films d'huile et de graisse, et des solutions acides froides pour enlever les dépôts calcaires, la rouille et les parties corrodées. Normalement le caoutchouc n'est affecté par aucune de ces solutions, mais, à la température normale d'emploi des solutions alcalines (environ 160° F, soit 70 °C) le caoutchouc durci sera détruit Quel que soit le produit utilisé, il faut rincer les pièces du compteur à l'eau froide propre avant de les remonter, de façon à éviter que les acides demeurés dans les fissures ne provoquent de la corrosion. On évitera un contact trop prolongé avec les acides forts.

* Les autres types de compteurs sont de conceptions très diverses, aussi n'existe-t-il pas pour eux de méthode unique qui puisse être indiquée dans ce manuel. On pourra généralement obtenir des fabricants les renseignements nécessaires à leur entretien et leur réparation.

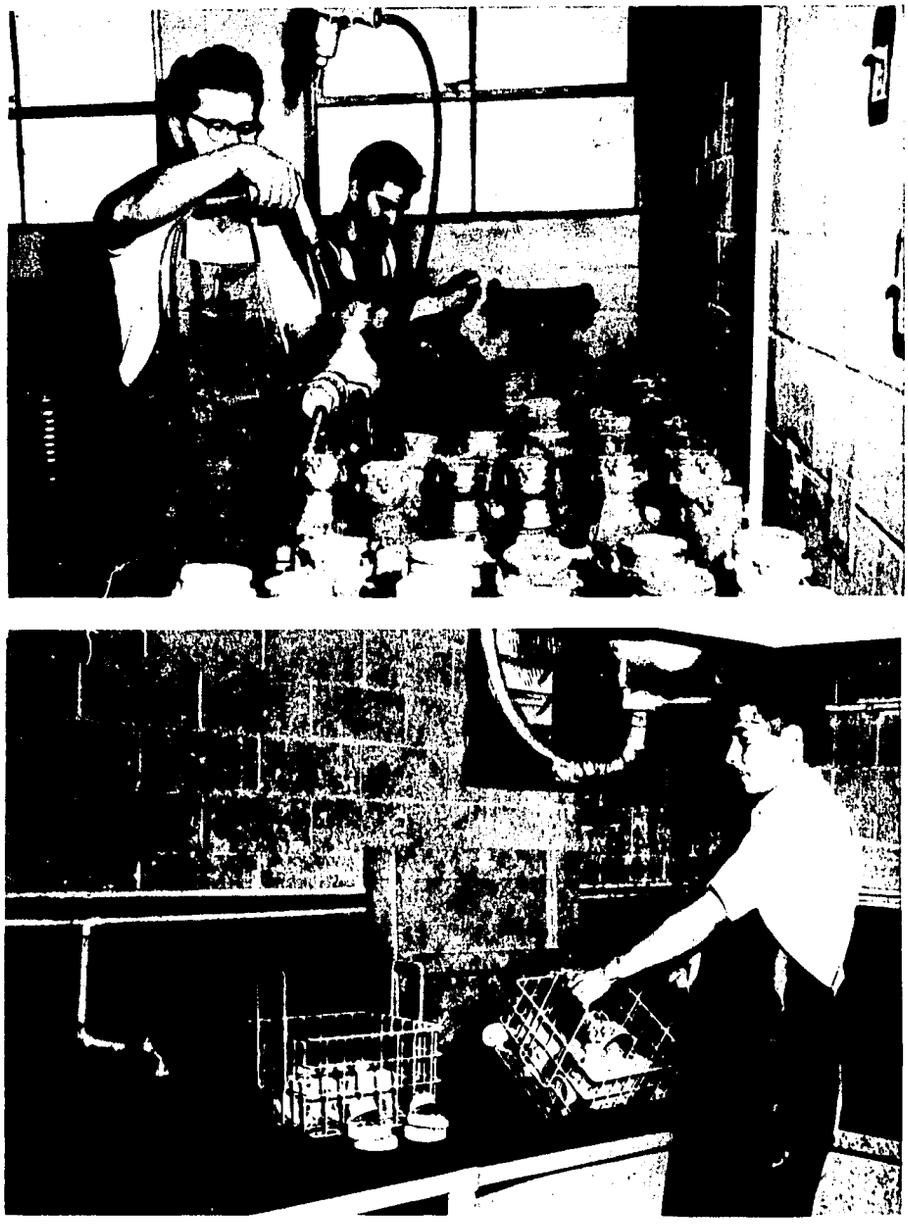


Fig. 9.1. — Démontage et nettoyage des compteurs en atelier

Si les compteurs ne peuvent pas être pris en mains aussitôt démontés, ils doivent être remplis d'eau et conservés en position renversée, de façon à ne pas laisser sécher les dépôts à l'intérieur et à pouvoir les éliminer ensuite facilement.

Chambre et disque.

On devra commencer l'examen des pièces internes par le cœur du système, c'est-à-dire la chambre et le disque (fig. 9-2 et 9-3). On recherchera tout d'abord les piqûres de la chambre. Si les portées de la bille sont très attaquées, il est préférable de changer la chambre. Si elles sont en bon état, il n'est pas toujours indispensable, même si le cône ou les parois de la chambre sont abimés, de mettre au rebut. Avec un peu d'expérience, le réparateur pourra rapidement juger par lui-même. Si le disque

S'il est nécessaire de remplacer la cloison de séparation, on devra éviter de laisser un jeu trop important entre elle et la bille, sous peine de laisser passer l'eau de l'entrée vers la sortie sans que le compteur ne l'enregistre. La cloison de séparation doit être solidement fixée; sinon, elle viendra frotter contre la bille, d'où usure ou panne du compteur.

On vérifiera ensuite, à l'aide d'un réglet, que le disque n'a pas été voilé par l'eau chaude. On recherchera également les criques, car celles-ci peuvent amener une rup-

Fig. 9.2. — Ouverture d'une chambre à disque et calibrage de la partie de butée.

L'ouverture est faite avec un outil spécial. Le calibrage se fait avec une boule métallique.

du compteur s'appuie sur un rouleau de butée, on devra vérifier que l'encoche n'est pas trop usée ou corrodée. Si le rouleau de soutien est incorporé à la chambre, on devra également l'examiner. S'il ne l'est pas on peut envoyer la chambre au fabricant pour qu'il la rainure afin d'incorporer le rouleau, à condition que le reste de la chambre soit en bon état et que l'usure de l'encoche n'excède pas 1/16 de pouce. Si cette dernière est usée, on peut remettre en état la chambre à l'aide d'une autre méthode, en utilisant une pièce rapportée, et un rouleau de soutien spécial.

ture en fonctionnement. On examinera la bille, pour vérifier si elle ne porte pas de renflements dus à l'eau chaude, et le logement du rouleau car s'il est ovalisé ou trop usé il maintiendra mal le rouleau, et le jeu sera une cause, aux faibles débits, de fuites non enregistrées. Cela pourrait aboutir également à une usure excessive du rouleau de butée et de la rainure de la chambre. On examinera le degré d'usure du rouleau, et on s'assurera qu'il tourne librement dans le disque. Sinon, il présenterait rapidement des méplats, causant ainsi beaucoup de frottements et une usure excessive de la rainure de la

Fig. 9.3. — Examen et montage de la chambre et du disque

Toutes les pièces sont soigneusement vérifiées, et remplacées si elles sont usées.

chambre. Pour terminer on examinera l'usure de l'axe du disque.

Lorsque l'on aura remplacé les pièces défectueuses ou usées, on placera le disque dans la partie inférieure de la chambre, et on posera sur celle-ci la partie supérieure, afin de fermer la chambre. Pour voir si le jeu du disque est correct, on fera la comparaison avec un disque et une chambre neufs. S'il ne l'est pas, le compteur ne satisfera pas au contrôle. Dans le cas où le jeu est trop grand, on peut ouvrir la chambre, le disque étant en place, et introduire une cale sous la bille. Les cales en laiton, d'épaisseur variant de 0,602 à 0,007 pouce (5/100 à 18/100 de mm), seront essayées l'une après l'autre, chambre fermée. Lorsqu'on aura trouvé la cale dont l'épaisseur donne le jeu correct, on démontera le disque pour placer des cales entre les demi-billes et le disque (avant de démonter, on repérera à l'aide d'une marque au crayon la position exacte des demi-billes par rapport au disque, de façon à pouvoir les remonter dans la même position. Si on ne prend pas cette précaution,

les pièces pourraient ne pas s'ajuster au cas où la bille et les portées présenteraient des inégalités dues à une contrainte latérale).

En insérant les cales, on tiendra compte de ce que l'usure n'est probablement pas partout la même. Ainsi, si l'on a trouvé que l'épaisseur convenable est de 0,005 pouce (13/100 de mm), on placera une cale de 0,003 pouce (8/100 mm) entre le disque et la demi-bille inférieure, et une de 0,002 pouce (5/100 mm) entre le disque et la demi-bille supérieure.

Comment se servir des cales.

Il peut être bon de décrire rapidement la façon correcte de procéder à la mise en place des cales. La cale est découpée en forme de croix, et son centre est placé au centre de la portée de la bille. Le poids de la bille, lorsqu'on la pose sur la cale, force celle-ci à s'appuyer sur le fond de la portée, tandis que les bras de la croix s'incurvent autour de la bille. Ceci évite que la cale ne se plisse, d'où il résulterait une appréciation erronnée. Si l'on tient compte du temps nécessaire à cette opération, il est souvent plus économique d'utiliser des billes neuves (ou même des disques neufs complets), les billes étant de diamètre supérieur à la normale, à la place des cales. Lorsqu'on met un disque neuf, dans ce but ou parce que l'ancien a été endommagé au cours des réparations (par l'eau chaude par exemple), on devra essayer tout une gamme de disques comportant des billes de tailles différentes jusqu'à ce qu'on ait trouvé celle qui donne le jeu convenable.

Après avoir remonté le disque et la chambre, on soufflera doucement par l'orifice de sortie pour vérifier que le disque se déplace librement. S'il accroche, on le fera tourner, en sens inverse des aiguilles d'une montre, d'environ 10 à 20 tours à l'aide de son axe. Puis on enlèvera le disque de la chambre, et on l'examinera pour voir où il frotte, cet endroit étant devenu plus brillant que le reste de la bille ou du disque. Une rayure sur la surface polie de la chambre peut accrocher le disque en ce point. A l'aide d'un grattoir triangulaire ou autre outil tranchant on supprimera tous les points durs. On remontera alors le disque et la chambre et on les essaiera de nouveau.

Une autre façon d'obtenir un bon ajustage du disque est de mettre de la pâte à roder sur les demi-billes et la tranche du disque, puis de faire tourner le disque à l'aide de son axe. On a objecté à cette méthode le risque qu'il y a d'imprégner de pâte les parties en caoutchouc durci, sans qu'on puisse la faire partir, même avec un rinçage abondant. L'effet abrasif du produit amènerait dans ce cas une usure accélérée.

Engrenages.

Le train d'engrenages doit tourner librement, et s'engrener sans à-coups. On devra examiner si les axes sont usés, ou les portées des coussinets agrandies. On les remplacera éventuellement. On inspectera toutes les dents pour voir si elles sont usées. Si la roue dentée est libre sur son axe, son trou de passage peut s'être agrandi. On examinera le galet d'entraînement pour voir s'il est usé ou fortement arrondi. Il est très important qu'il soit de la bonne dimension, car meilleur est son ajustage avec l'axe du disque et meilleure sera la précision de mesure aux essais à faible débit. De même, il doit pouvoir se déplacer librement sur son pivot ou dans son logement, sinon il s'usera fortement en peu de temps. Des méplats sur ce galet indiquent l'existence de points durs.

L'engrenage de changement d'échelle devra être démonté, et on examinera sa denture. On vérifiera le presse-étoupe et on enlèvera la vieille garniture. Si le doigt d'entraînement ou l'axe du presse-étoupe sont usés, on les remplacera.

Si l'usure ou la corrosion paraissent excessifs, on consultera le fabricant. Si cela est dû à la composition de l'eau, le fabricant ou son fournisseur de métaux pourront suggérer des solutions possibles.

Remontage.

Pour remonter le compteur, mettre en position l'axe du pignon d'entraînement supérieur dans l'enveloppe principale renversée. Puis visser le train d'engrenage à sa place, soit dans l'enveloppe, soit dans le haut de la chambre, selon la marque du compteur. Faire descendre la chambre dans l'enveloppe, en s'assurant que les portées du fond de la chambre sont au contact du joint de l'enveloppe. Appuyer avec le pouce sur la chambre pour la mettre en position correcte. Si elle ne s'ajuste pas étroitement sur l'orifice de sortie de l'enveloppe, une partie de l'eau court-circuitera le compteur, et le comptage sera fortement erroné.

Souffler doucement dans l'orifice de sortie du compteur pour vérifier la douceur du mouvement du disque et des engrenages. Introduire un nouveau joint pour le fond dans son logement, et boulonner le fond en position, en serrant les boulons petit à petit en passant de l'un à l'autre. Puis remettre le compteur à l'endroit, et remplacer la garniture du presse-étoupe. Si possible, faire ceci sur le banc d'essai. Avant d'ouvrir l'eau, et de mettre le compteur sous pression, revisser légèrement l'écrou de serrage de la garniture. Ouvrir l'eau, et ajuster le serrage jusqu'à ce que les fuites s'arrêtent (si l'on serre trop l'écrou, on comprimera l'axe, ce qui causera un frottement important et fera retarder le compteur aux faibles débits).

Lorsque le compteur est sous pression, laisser descendre l'engrenage de changement d'échelle sur l'écrou du presse-étoupe, puis, en le soulevant légèrement, serrer la vis de blocage. L'axe d'entraînement supérieur sera de cette façon poussé vers le haut par la pression, comme il l'est en fonctionnement. Lorsque l'enregistreur sera convenablement disposé sur le compteur, de façon que les deux pignons s'engrènent, ceux-ci resteront en permanence en position correcte. Si l'engrenage du compteur était placé sur l'axe en position basse, le pignon de l'enregistreur étant engrené avec lui, la pression, en soulevant l'axe et l'engrenage désolidariserait ce dernier de l'enregistreur, et le compteur deviendrait inopérant.

Si l'enregistreur, bien que non abîmé, ne tourne pas librement, il peut être efficace de le tremper dans de l'huile détergente, puis dans de l'huile lubrifiante. Si après cela, il tourne librement, sans qu'il y ait trop de jeu dans les engrenages ou d'usure des coussinets, on n'aura pas à le démonter pour le réparer. Ses pignons tournent si lentement qu'il ne doit pas y avoir d'usure importante des dentures, axes, ou coussinets.

Résumé :

Nous résumons ci-dessous les points importants pour l'entretien et réparation des compteurs à disque :

1. Nettoyer complètement toutes les pièces du compteur.

2. Vérifier que le train d'engrenage tourne librement.

3. Vérifier le fonctionnement du disque dans sa chambre, avant et après remontage dans l'enveloppe principale.

4. Se rappeler que les frottements sont aussi graves pour un compteur que les fuites.

5. Stocker les compteurs à l'abri des conduites de vapeurs, tuyaux d'eau chaude, fours, et autres sources de chaleur.

6. Utiliser un compteur neuf comme base de comparaison pour les tolérances et les jeux.

7. Ne pas hésiter à faire appel au fabricant et à son équipe en cas de besoin.

Compteurs à disque dont la chambre est en trois parties.

En général la chambre en trois parties renferme un disque conique, que l'on peut enlever en démontant la plaque de base. Il n'est généralement pas nécessaire d'ôter la plaque supérieure, car l'usure se produit normalement du côté de l'évidement de sortie de la plaque de base, et du côté sortie de la bille. Il arrive fréquemment qu'il suffise de tourner la plaque de base d'un tiers de tour pour que l'essai du compteur redevienne normal. Si cela ne suffit pas cependant, on devra remplacer le disque ou le fond, éventuellement les deux s'ils sont très usés. Le diaphragme, ou cloison de séparation, doit être contrôlé quant à son usure, et, si nécessaire, changé, en faisant attention à ne pas lui faire toucher la bille du disque. On peut monter le diaphragme à l'aide d'un marteau en plomb, ou en maintenant un morceau de bois dur du côté du fond. Le disque devra naturellement pouvoir se déplacer librement après le remontage de la chambre.

A la différence du disque plat, qui est en trois pièces, le disque conique est monobloc, et ne peut pas recevoir de cales pour compenser l'usure de la bille ou des portées. Cependant le remplacement du disque ou de la plaque de fond aboutit au même résultat, et peut être effectué en très peu de temps, même par quelqu'un qui n'en a pas l'habitude.

On nettoiera soigneusement la chambre. Si l'on se sert correctement des produits chimiques et acides, on n'abimera pas les surfaces usinées, mais l'emploi d'abrasifs risque de faire sortir l'appareil des tolérances nécessaires à un comptage exact, et, sauf si l'on nettoie et rince complètement la chambre, leur action risque de se prolonger pendant un temps non négligeable.

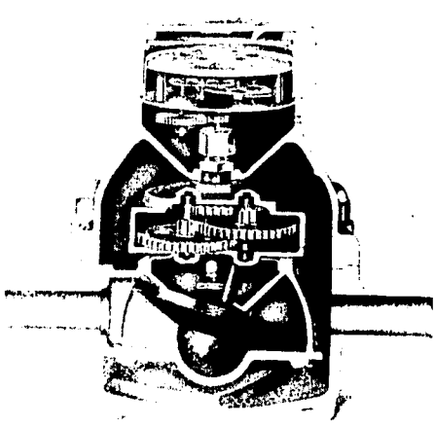


Fig. 9.4. — Compteur à disque avec chambre à trois parties

Le disque peut être enlevé en ouvrant la plaque du fond du carter. Disque et bille sont d'une seule pièce et ne peuvent être remplacés séparément.

Compteurs à piston.

L'entretien et la réparation des compteurs à piston est analogue à celle des compteurs à disque. La seule différence réside dans la réparation de la chambre de mesure.

Les compteurs à piston, comme les compteurs à disque, ont trois enveloppes distinctes et trois compartiments d'éléments mobiles. Les enveloppes extérieures sont : la boîte de l'enregistreur, quelquefois appelée coiffe; la coquille supérieure, parfois appelée couvercle ou casier principal; la plaque de fond, appellée parfois fond, ou coquille inférieure. Les éléments actifs sont l'enregistreur, le train d'engrenages, et la chambre de mesure.

Nettoyage.

Quand on apporte un compteur à l'atelier, pour examen, il faut le démonter complètement. On nettoiera les enveloppes extérieures, le fond, les boulons, écrous, engrenages et vis, par sablage, ou dans des bains décapants acides ou alcalins, ou encore à la brosse métallique sous l'eau. La méthode à utiliser dépend du nombre de compteurs à réparer par jour. On ne

devra pas sabler les chambres de mesure, sous peine d'abîmer les surfaces usinées intérieures. Les chambres ne doivent être nettoyées à l'acide que pour enlever les dépôts adhérents et le vert-de-gris qui sont difficiles à faire partir à la brosse métallique, et les acides utilisés doivent être suffisamment faibles pour ne pas attaquer les surfaces usinées de la chambre. Les chambres étamées ne doivent pas subir ce traitement qui détruirait la couche d'étain.

Il arrive souvent que l'intérieur de la chambre prenne une teinte verdâtre, mais que la surface reste parfaitement lisse, et que le disque tourne librement. On ne devra pas enlever cette couche colorée, car elle protège de la corrosion ultérieure.

Boîte de l'enregistreur.

La boîte de l'enregistreur exige peu de réparations. A moins qu'elle n'ait été fortement endommagée par malveillance ou accident, on n'a guère à remplacer éventuellement que la glace ou le couvercle. On change facilement une glace cassée ou tachée en enlevant le ressort de maintien, ou dans le cas de certains anciens compteurs, le mastic qui la maintient contre la boîte. On met la nouvelle glace en position correcte dans la boîte, et on replace le ressort ou on remastique. Si le couvercle, ou la plaque portant le numéro de série sont tordus ou cassés à la charnière, on les remplacera. Pour cela, on serre la boîte dans un étau, on lime le gond ou le rivet à une extrémité, puis on chasse le rivet à l'aide d'un petit poinçon ou d'un pic à glace. Puis on remonte un nouveau couvercle avec un gond et un rivet neufs.

Coquille supérieure.

L'enveloppe des compteurs de $^5/_8$ à 2 pouces (16 à 51 mm) est généralement faite de bronze. Quelques modèles ont leur coquille supérieure en fonte pour les compteurs de $1\,^1/_2$ (38 mm) et plus. On devra vérifier que la forme des coquilles de bronze n'a pas été altérée par le gel. Ceci peut se faire en plaçant un réglet en travers du rebord pour voir si la forme géométrique est bonne. Si elle est déformée, l'enveloppe doit être changée. On enlèvera tous les débris de joint qui se trouvent sur le rebord, à l'aide d'un grattoir approprié. On examinera le pavillon du presse-étoupe au sommet de la coquille pour voir si le coussinet en caoutchouc dur de l'axe est très usé. On le remplacera éventuellement, après l'avoir enlevé avec un poinçon convenable ou par perçage.

On introduira avec une presse le coussinet neuf dans le pavillon. Certaines coquilles n'ont pas de véritable pavillon de presse-étoupe, mais simplement un logement où s'introduit le pavillon du train d'engrenages. Le sommet de ce logement est réalisé pour permettre le passage de l'écrou de fixation du train d'engrenage, et on devra nettoyer soigneusement cet endroit. Le fond du trou a une portée dressée sur laquelle se trouve un joint qui isole le train de pignons. On ôtera soigneusement tout ce qui peut rester de ce joint.

On examinera de même les coquilles en fonte moulée, mais aussi pour voir si elles se sont détériorées. En effet, par vieillissement, il se produit une graphitisation de la fonte, qui diminue la résistance de l'objet moulé, et si cela s'est produit, il faut remplacer la coquille. Il suffit pour le déceler de gratter le rebord avec un grattoir ou un couteau. Si le métal se pulvérise, comme la mine d'un crayon, c'est qu'il y a graphitisation. Si l'on veut réutiliser une coquille de fonte, il faut en badigeonner l'intérieur avec une peinture à base d'asphalte pour la protéger de la corrosion.

Coquille inférieure.

La coquille inférieure est en bronze ou en fonte, selon que le compteur est ou n'est pas résistant au gel. Pour voir si les coquilles de bronze ont été défor-

mées par le gel, il suffit de placer un réglet en travers du rebord principal. On ne peut généralement pas réutiliser les enveloppes déformées, et on doit les remplacer. On examinera tous les filetages à l'entrée et à la sortie. S'ils sont matés ou rayés on peut les remettre en état en les refiletant à l'aide d'une filière. On vérifiera, comme indiqué pour les coquilles supérieures, s'il y a eu graphitisation des coquilles de fonte. Si on réutilise ces dernières, on les badigeonnera d'une peinture à base d'asphalte, ou on plaquera sur elles un revêtement de cuivre, laiton ou matière plastique.

Enregistreur.

On examinera les enregistreurs à cadran pour voir s'ils ont des aiguilles folles, des roues non fixées sur leur axe, des pignons ou des coussinets usés. Après avoir enlevé les aiguilles et la plaque indicatrice en porcelaine, on peut nettoyer le reste en le plongeant dans un bain acide. Dans ce cas on le rincera ensuite à l'eau froide. Si aucun des axes, pignons ou roues n'a besoin d'être remplacé, il ne sera pas nécessaire de démonter l'enregistreur. On le trempera dans du pétrole ou de l'huile anticorrosive, ce qui neutralisera l'acide restant et lubrifiera en outre l'appareil. On remplacera la plaque indicatrice si elle est craquelée ou si les chiffres sont effacés. Puis on refixera les aiguilles en les soudant. Sur les enregistreurs à lecture directe, on regardera si l'aiguille d'essai n'est pas folle, si les vis tangentes et les pignons hélicoïdaux sont usés, si les plaquettes des roues à chiffres sont craquelées, si l'axe principal et les axes des cames sont tordus ou les cames cassées (« pignon mutilé »). Sauf en pièces détachées, il ne faut pas tremper l'enregistreur dans l'acide, qui pourrait décolorer ou ronger l'encre des roues à chiffres. On peut cependant le nettoyer en le trempant dans du pétrole puis en le rinçant à l'eau froide et en le lubréfiant avec de l'huile fluide.

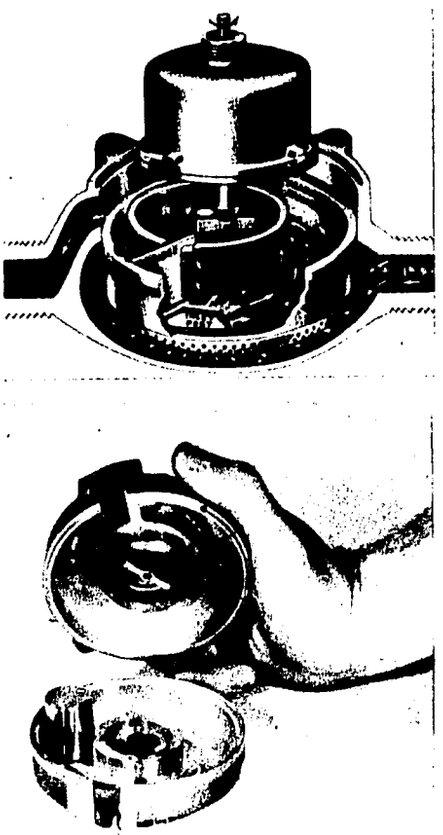


Fig. 9.5. — Chambre de mesure d'un compteur à piston oscillant

Les figures représentent les deux types : l'un, en bas, à carter en deux pièces; l'autre, en haut, à carter à couvercle amovible.

En bas, vérification de la chambre avec un calibre.

Train d'engrenages.

On démontera complètement le train d'engrenages, qu'il soit du type ouvert ou fermé. On examinera l'usure des roues, pignons, et axes, et on fera les remplacements nécessaires. De même pour les coussinets en caoutchouc dur qui se trouvent aux extrémités supérieure et inférieure. On peut vérifier l'usure des coussinets en utilisant comme calibre l'axe d'une roue neuve, ou la queue d'un foret de même diamètre. On peut enlever les coussinets de trois façons; celle qu'il convient d'utiliser dépend du

nombre de plaques d'extrémité à regarnir :

1. Percer le coussinet avec un foret plus petit d'une taille que le trou de la plaque. Enlever ce qui reste avec un petit pic (un pic à glace fera l'affaire).

2. Extraire le coussinet avec un extracteur spécial, construit par le fabricant, ou fait d'une vis à bois de taille convenable fixée sur un tourne-à-gauche à manche en T. La vis doit être d'un diamètre légèrement plus grand que celui du trou du coussinet, et la tête de la vis sera meulée de façon qu'on puisse la bloquer dans le tourne-à-gauche.

3. Si l'on doit regarnir un grand nombre de plaques, on peut gagner du temps en les trempant dans un seau d'eau chaude pendant quelques heures. L'eau chaude dilate le métal autour du coussinet, ce qui permet de chasser ou d'extraire celui-ci facilement.

On enfoncera le coussinet dans son logement avec une presse, puis on le bloquera pour l'empêcher de tourner. Ceci peut se faire avec un outil spécial ou un pointeau. On peut se servir d'un foret, de diamètre supérieur d'une taille à l'axe de l'engrenage, comme alésoir. On remplacera les taquets d'entraînement usés en haut et en bas du train.

Mesure de la chambre.

A l'inverse des chambres à disque, les chambres à piston oscillant ne comportent à l'intérieur que des surfaces réglées. Le principe même du piston, et les vastes surfaces planes sur lesquelles il glisse, réduisent au minimum l'usure de la chambre et du piston, même après de nombreuses années de service.

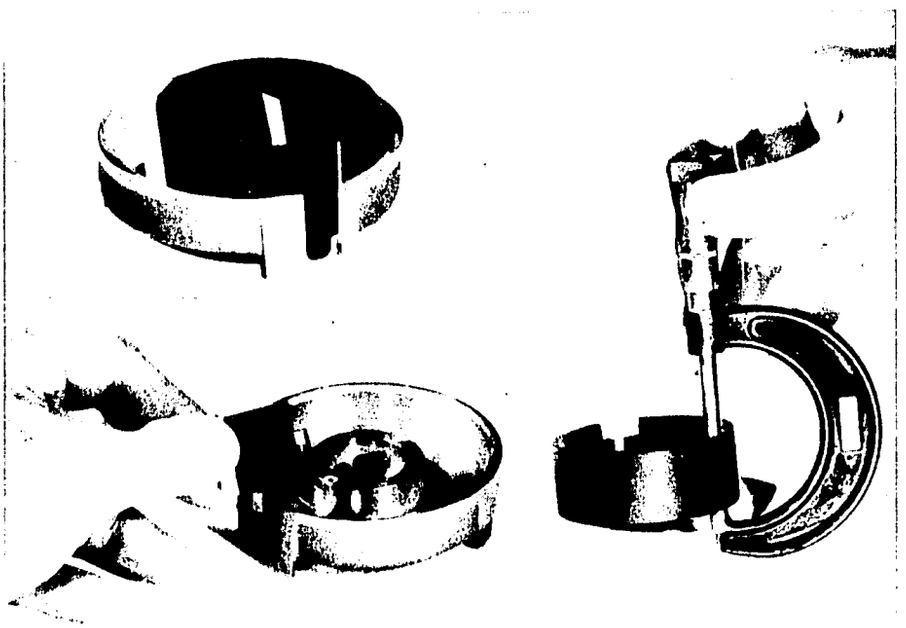


Fig. 9.6. — Jaugeage et vérification de compteurs à piston

Utilisation d'une jauge micrométrique pour vérifier l'usure du piston.

Il existe trois sortes de chambres : en deux parties, en trois parties, et ouvrante (fig. 9-5). Les chambres en deux parties se composent d'une chambre dont le sommet ou le fond est amovible. La chambre ouvrante comporte deux

demi-chambres, qui s'emboîtent au centre. Les chambres en trois parties sont formées d'un anneau cylindrique, et d'un couvercle et un fond qui se démontent. Quel qu'en soit le modèle, ces chambres renferment une cloison de séparation (ou pont), un piston, et un roulement de piston.

Les pistons s'ajustent de la même façon dans les trois types de chambre. Pour évaluer l'usure d'un piston (fig. 9-6) on peut utiliser, pour la taille $^5/_8$ de pouce (16 mm), un jeu de cales, des jauges d'épaisseur, ou des feuilles de papier, d'épaisseur environ 0,001, 0,003 et 0,005 pouce (25, 75 et 125 microns). La cale de 0,001 pouce est placée entre le moyeu du piston et les butées du haut et du bas de la chambre; celle de 0,003 pouce entre la tranche du piston et le couvercle de la chambre; celle de 0,005 pouce entre l'extérieur de la jante du piston et la paroi latérale intérieure de la chambre. S'il reste du jeu, cela indique en général que le piston est usé. Un piston neuf permettra de supprimer l'excès de jeu, ce que l'on vérifiera à l'aide des mêmes cales. On examinera avec un réglet si la paroi du piston n'a pas été déformée par la chaleur, et aussi l'état de la fente de passage de la cloison de séparation. Cette fente comporte deux bords en V se faisant face (> <). S'ils sont trop usés, on rebutera le piston. La cloison de séparation sera inspectée : si l'une ou l'autre face est usée ou fortement rayée, on la changera. Vérifier si le roulement du piston n'a pas de faux-rond. Si le cylindre présente des méplats, on devra le changer. Si l'on a remplacé le piston, changer également le roulement. Pour le remontage, on placera la cloison de séparation dans la chambre. Pour certains modèles, elle doit être enfoncée dans des rainures de la paroi de la chambre et de la butée centrale. Ceci se fait à la main, et non avec un marteau, car on déformerait probablement les parois de la chambre. Si la cloison ne se glisse pas en place sous la pression du pouce, il faut en limer les bords jusqu'à ce qu'elle s'ajuste. Placer le roulement sur son axe dans la chambre. Vérifier s'il tourne librement. Sinon, polir l'axe avec du papier potée. Mettre le piston en place et vérifier les jeux avec les cales. Faire osciller le piston très lentement suivant son cycle de fonctionnement. S'il se bloque ou accroche au cours de ce mouvement, cela provient en général de la fente du piston ou de la partie du piston qui complète l'anneau au-dessous de la fente.

Il se peut que les bords en V de la fente soient trop rapprochés de la cloison de séparation. Dans ce cas, on limera doucement de chaque côté les facettes du V, ce qui agrandira le passage. Il faut également regarder si la partie du piston qui se trouve au-dessous de la fente ne porte pas sur le bord inférieur de la cloison. Si le passage est trop juste, cette partie sera polie à l'endroit où elle touche la cloison. On enlèvera cette zone avec un grattoir ou une petite lime demi-ronde. Poser le couvercle de la chambre et faire encore osciller doucement le piston. S'il accroche ou se bloque, c'est sans doute à cause de sa hauteur. Enlever le couvercle, et repérer les endroits polis sur la tranche inférieure ou supérieure du piston. Enlever les zones polies. Ceci peut être réalisé en posant une feuille de papier potée sur un marbre et en faisant tourner sur lui le côté du piston qui porte des traces de poli jusqu'à ce que celles-ci aient disparu. Lorsque le piston est bien ajusté, il doit pouvoir osciller sous une pression minime. On peut apprécier sa sensibilité en tenant la chambre verticalement et en la faisant tourner dans le sens des aiguilles d'une montre. Si le piston est bien ajusté, il restera, ou retournera rapidement, en position basse. Après réparation, les trois parties du compteur sont prêtes à être replacées dans les enveloppes. En remontant le compteur, on posera toujours des joints neufs, et on changera la garniture du presse-étoupe.

CHAPITRE X

Implantation et équipement de l'atelier d'entretien

Dans les services des eaux, il arrive souvent que l'on ait à implanter un nouvel atelier de contrôle des compteurs, ou à en améliorer un. Les nombreux avantages que confère l'utilisation d'un équipement rationnel, judicieusement réparti dans l'espace disponible, justifient une étude et une préparation soigneuses. On pourra tirer quelque profit des suggestions ci-dessous à propos de ce qu'il faut utiliser et des emplacements adéquats.

Les ateliers de compteurs sont d'importance variable, depuis ceux qui réparent et contrôlent quelques douzaines d'appareils par an, jusqu'à ceux qui en reçoivent plus de 10 000. La taille, l'équipement et l'implantation de l'atelier dépendent, outre du nombre de compteurs, d'autres facteurs tels que :

1. Le nombre de marques et de modèles de compteurs, dont dépend la quantité de pièces de rechange qu'il faut avoir en magasin, et l'espace nécessaire pour les stocker.

2. La qualité locale de l'eau, qui détermine les conditions de corrosion, de dépôt, d'entartrage, et d'usure.

3. L'endroit et la façon dont sont installés les compteurs, dont dépend l'état de l'enregistreur et de l'extérieur de l'enveloppe (dans certains ateliers, on a énormément de travail pour réparer les compteurs gelés; dans d'autres, les compteurs sont envahis par la boue, et, si la glace du cadran est brisée, l'enregistreur peut être complètement encrassé).

4. Les pratiques locales, ou les règlements de l'Etat, en ce qui concerne la fréquence de contrôle des compteurs.

5. Le fait pour le compteur d'appartenir à l'usager, qui nécessite un soin particulier au cours de l'identification et du rangement, de façon à permettre la restitution après le contrôle.

6. La façon dont on procède au nettoyage et à la remise à neuf des compteurs, avant réparation et essai (on a besoin d'un équipement spécial, suivant que l'opération se fait à la brosse métallique, dans un bain acide, par sablage, ou si l'on fait de la peinture).

On devra garder tous ces facteurs présents à l'esprit, ou en tout cas quelques-uns, lorsque l'on prévoiera l'équipement et l'implantation d'un atelier. Il y a peut-être plus important que tout cela, à savoir la tendance à l'augmentation du nombre de compteurs, et l'accroissement de la fréquence des vérifications lorsque les compteurs prennent de l'âge. En planifiant, on devra garder un œil tourné vers le futur.

Choix de l'équipement.

A l'exception du meuble ou classeur destiné aux dossiers des compteurs, on trouvera ci-dessous la liste des équipements essentiels. On a indiqué en premier les plus importants, puis ceux qui ne se justifient que pour de gros ateliers.

1. Un réservoir étalonné et portant une graduation précise, ou un réservoir simple posé sur une bonne bascule, destiné à la vérification du compteur par comparaison entre le volume réel et le volume enregistré (les tuyaux de vidange du ou des réservoirs doivent être assez gros pour permettre de les vider rapidement).

2. Un bon établi, avec étau, marteau, maillets de bois ou de cuir, tournevis, clés, pinces, limes, grattoirs, brosses métalliques, et divers outils.

3. Un évier avec eau courante, chaude et froide de préférence, pour laver les compteurs et les pièces.

4. Un banc d'essai pour les compteurs à usage domestique de 1 pouce (25 mm) ou moins (bien que l'on puisse fixer les appareils à l'aide de raccords ordinaires, on économisera du temps et du travail en utilisant un banc spécial pour les petits compteurs, car ceux-ci constituent probablement 99 % du total. Le nombre de postes sur le banc dépend de la charge de travail. L'essai en série est généralement économique. Pour rendre l'opération plus rentable, on peut équiper le banc de raccords de compteurs à serrage hydraulique, et d'une vanne coupant automatiquement l'eau lorsqu'on arrive au niveau voulu).

5. Un indicateur de débit.

6. Un touret électrique, avec brosse métallique et meule à polir.

7. Des casiers ou tiroirs pour pièces détachées.

8. Un adaptateur pour l'essai des compteurs de 1 ¼, 1 ½ et 2 pouces (32, 38 et 51 mm). Cet accessoire du banc d'essai permet de contrôler les compteurs de tailles supérieures pour un minimum d'argent investi.

9. Un petit compresseur d'air (on découvrira à l'usage les multiples façons d'utiliser l'air comprimé pour le nettoyage, le séchage, la peinture, et les travaux analogues).

10. Une perceuse sensitive d'établi, ou une perceuse électrique à main, qui sera très utile (les prises électriques devront être placées en conséquence).

11. Un équipement de nettoyage chimique (il y a un net désaccord entre les experts sur ce point pour savoir s'il est recommandable de passer les pièces de compteurs aux acides ou autre produits chimiques. Les pièces décapées, surtout à l'acide, ont un bel aspect, mais leurs dimensions ont pu diminuer légèrement, ce qui affecterait la qualité du comptage. Quand on utilise des décapants chimiques, il faut prendre des précautions contre les risques encourus par les ouvriers. On devra disposer d'une installation convenable de rinçage, et de ventilateurs d'aération).

12. Un banc d'essai pour les compteurs de 1 ¼, 1 ½ et 2 pouces (32, 38 et 51 mm) (lorsqu'il y a suffisamment de gros compteurs à contrôler, un banc spécialisé pour une ou plusieurs de ces tailles peut être un investissement judicieux. Il est également souhaitable dans ce cas de disposer de réservoirs étalonnés qui puissent contenir les volumes nécessaires aux essais à fort débit).

13. Une clé de déblocage, pneumatique ou électrique (cet appareil accélère le démontage des boulons de l'enveloppe des gros compteurs).

Une insuffisance d'équipement n'implique pas que les essais des petits compteurs seront mal faits. Avec un réservoir exact, une montre, quelques vannes et raccords, il est possible de faire des essais complets. Néanmoins certains des dispositifs supplémentaires indiqués ci-dessus, pratiquement tous d'ailleurs, permettent d'accroître le rendement du tra-

vail, et ce sont généralement des investissements intéressants.

Implantation de l'atelier.

Une fois que l'on aura décidé du nombre et du type des appareils qui devront équiper l'atelier, il faudra se préoccuper de les répartir judicieusement dans l'espace disponible. Un certain nombre de

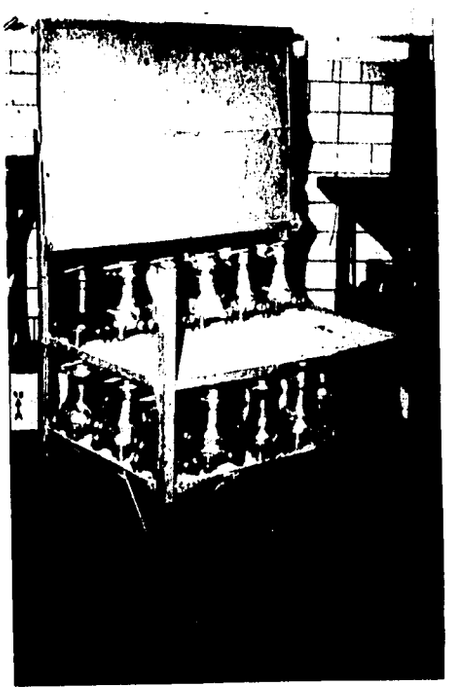


Fig. 10.1. — Table roulante pour le transport et le stockage des compteurs

Non seulement utile pour éviter des allées et venues, mais aussi pour l'inventaire des compteurs à l'essai.

conditions doivent être remplies, et on pourra appliquer utilement, en cette occasion, bon nombre de principes généraux. Il faut que la disposition choisie facilite au maximum le déplacement des compteurs à travers l'atelier. La distance entre les postes successifs sera courte, et l'on devra pouvoir déplacer aisément les compteurs.

Le trajet du compteur dans l'atelier est en gros le suivant : le compteur qui arrive est contrôlé, puis stocké; ensuite il est nettoyé et démonté; les pièces sont nettoyées, on remplace celles qui sont hors d'usage, et on remonte le compteur; on l'apporte ensuite au banc d'essai où il subit les contrôles de qualification; si sa justesse est dans les limites imposées, on l'envoie au stockage de livraison; s'il nécessite des réparations supplémentaires, il retourne à l'établi de réparation, et on recommence une partie du cycle d'opérations.

La nature même du cycle indique l'intérêt que présentent de bonnes méthodes de manutention pour diminuer autant que possible l'effort physique. Pour atteindre cet objectif, on devra :

1. Installer l'atelier au rez-de-chaussée, ce qui élimine les ascenseurs et accélère les livraisons.

2. Installer un quai de chargement près de la porte de l'atelier ce qui raccourcit également les distances à parcourir.

3. Eclairer convenablement tout l'atelier, que l'éclairage soit naturel ou artificiel (les tables de travail seront disposées de façon que la lumière entrant par les fenêtres n'éblouisse pas les réparateurs. La qualité du travail de l'atelier dépend de la capacité des ouvriers à bien voir ce qu'ils réparent, examinent, ou contrôlent).

4. Disposer de l'eau courante chaude et froide (le nettoyage des pièces au savon et à l'eau chaude est celui qui fait courir le moins de risques aux pièces, et il est suffisant pour beaucoup d'entre elles; l'eau chaude est indispensable, surtout quand il fait froid).

5. Installer un touret à moteur près de l'établi de réparation (il est important que cette machine se trouve à quelques pas des réparateurs, si l'on veut éviter qu'ils passent leurs temps à marcher. Le touret devra être équipé d'un collecteur de poussière).

6. Nettoyer l'extérieur des compteurs sales dès le début du cycle

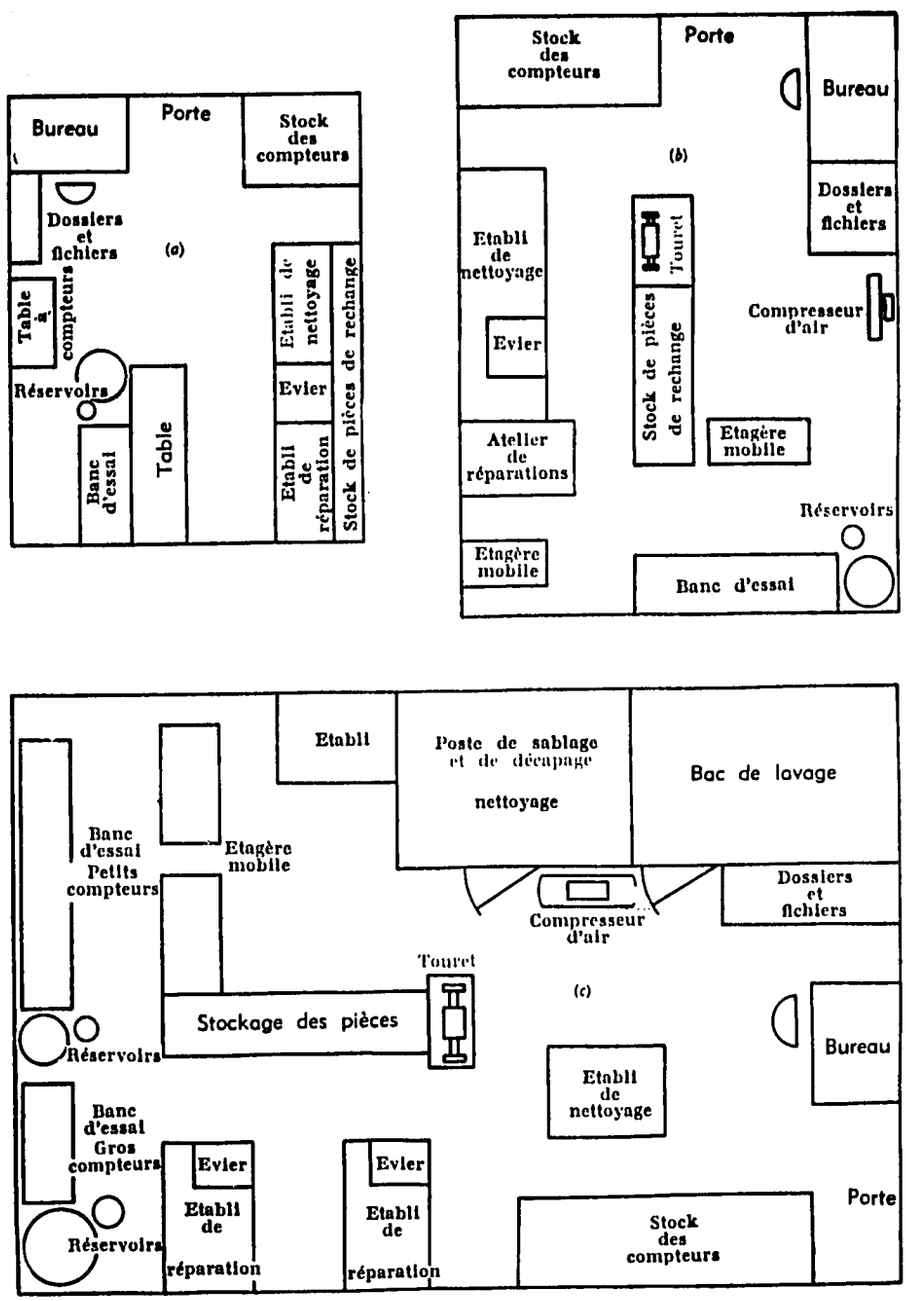


Fig. 10-2. — Trois modèles d'atelier de compteurs

Clé : (a) *3,66 × 4,56 m;* (b) *4,56 × 6,10 m;* (c) *6,10 × 9,15 m.*

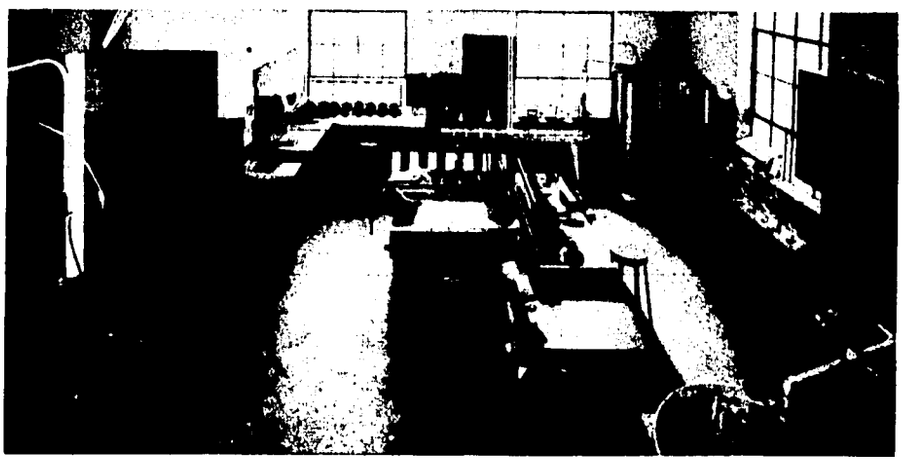


Fig. 10.3. — Vue d'un atelier rationnel de réparation

On voit les étagères mobiles en premier plan, à gauche; la meule et le polissoir à droite. Plus loin, à gauche, la chambre d'acidification, avec l'évier et l'établi; les bancs d'essais et les réservoirs pour petits compteurs, à droite; on distingue, au fond, à droite, l'équipement d'essai pour les gros compteurs, et au centre les autres bancs, avec une étagère portative pour les petits compteurs.

d'opérations (cela améliorera les conditions de travail et permettra d'avoir un atelier beaucoup plus propre).

7. Desservir par des canalisations d'air comprimé à la fois le réparateur et l'essayeur.

8. Disposer près de la porte les emplacements de stockage des compteurs qui arrivent ou partent (on pourra facilement les compter et les faire entrer ou sortir).

9. Placer le classeur contenant les dossiers de compteurs près de la porte et de l'aire de stockage.

10. Stocker les pièces de rechange les plus fréquemment utilisées sur l'établi de réparation, et les autres non loin afin que l'on puisse en disposer rapidement.

11. Eviter de tout mettre par écrit lors du contrôle des pièces détachées (on gagnera du temps, et les réparateurs apprécieront).

12. Equiper l'atelier de chariots (fig. 10-1), ou de casiers roulants, qui serviront à déplacer les compteurs d'un poste à l'autre et à les stocker (chaque chariot ou casier doit contenir un nombre bien déterminé de compteurs, de façon que l'inventaire soit vite fait. On doit pouvoir atteindre facilement chaque compteur et lire son étiquette. Dans un petit atelier, des chariots pour dix compteurs suffiront; dans un grand il sera plus rentable de choisir des casiers pour cent appareils. Il peut être intéressant d'avoir des crochets permettant de les suspendre en position verticale, à l'extérieur du châssis, de sorte que l'on puisse en enlever ou examiner un sans déplacer les autres. Le quai de chargement devra permettre de rouler les casiers pleins de compteurs tout près des camions de transport, ce qui élimine une opération de manutention. On ne devra pas sous-estimer l'intérêt de la mobilité des compteurs; tout ce qui peut accélérer le cycle des opérations mérite considération).

Il est généralement impossible de suivre la théorie d'assez près pour pouvoir réaliser l'implantation idéale, la plupart du temps parce que les aménagements existants imposent des limites à l'installa-

teur. Il est moins cher d'utiliser ces aménagements en les incorporant que de les modifier pour les adapter à l'implantation. Il peut cependant être utile de mettre en balance le coût de cette modification avec le bénéfice que l'on tirerait d'un meilleur rendement. Les éléments qui influent sur la conception de l'atelier comprennent : la forme et la taille du local; les canalisations existantes; la taille des équipements disponibles, tels que postes de meulage et d'établis; l'existence d'emplacements pour stocker les compteurs et les pièces détachées à l'extérieur du local. Ce dernier point ne peut être avantageux que si l'on ne dispose pas d'assez de place à l'intérieur, car sinon cela ferait perdre du temps à chaque fois que l'on doit déplacer quelque chose.

Les trois implantations qui sont suggérées par la figure 10-2, appliquent les principes ci-dessus. Les conditions imposées les plus importantes déterminent l'implantation. Dans le petit atelier de la figure 10-2 (a), les compteurs tournent autour du local dans le sens des aiguilles d'une montre, les postes successifs étant à peu de distance les uns des autres. Sur la figure 10-2 (b), il y a plus d'espace pour le stockage, un touret, des établis plus importants et un plus gros banc d'essai. La disposition de la figure 10-2 (c), qui convient aux grandes villes, comporte deux établis de réparation distincts, deux bancs d'essais (un pour les petits compteurs, et un pour les compteurs de plus de 1 pouce), une cabine pour le décapage, une pour le lavage. Pour les trois exemples

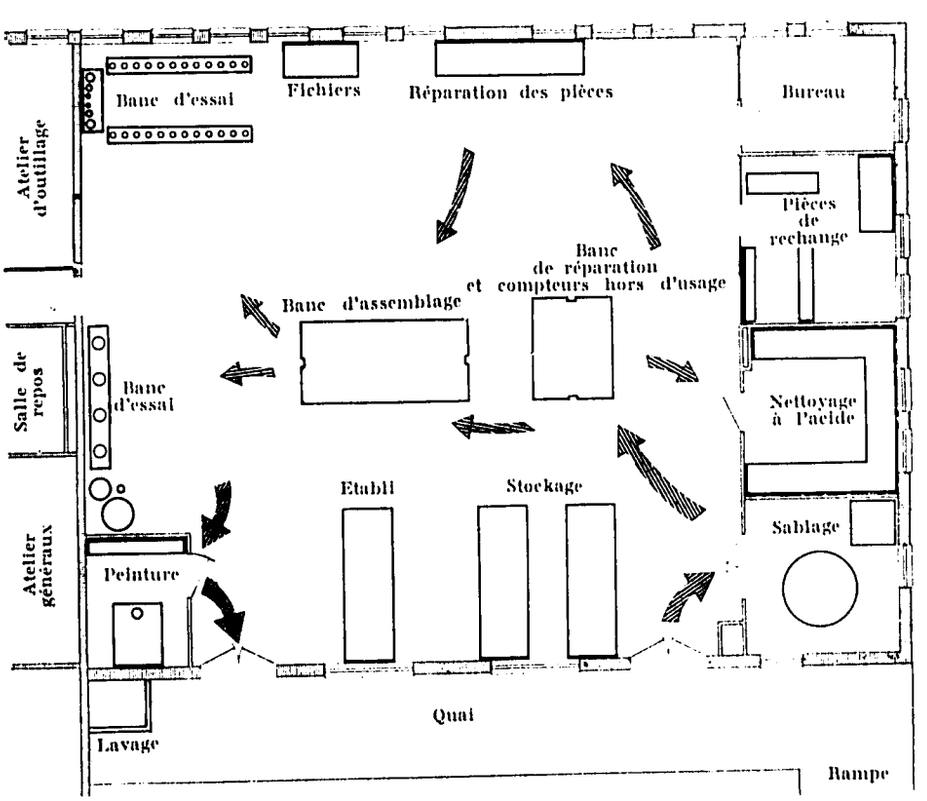


Fig. 10.4. — Atelier de réparation de compteurs

Les flèches indiquent la succession des opérations.

on a figuré des casiers mobiles. La figure 10-3 représente un atelier existant et la figure 10-4 le plan d'un autre atelier.

Une implantation d'atelier de compteurs qui applique de bons principes en matière de manutention, dont l'équipement est bien adapté, et qui satisfait les besoins des ouvriers, permet indiscutablement d'économiser du temps et du travail.

CHAPITRE XI

Documents concernant les compteurs

Un bon dossier doit pouvoir fournir toutes les informations intéressant la pose, les réparations, et les contrôles du compteur, et ceci aux moindres frais. La tenue des archives absorbe un temps et un travail considérables dans le meilleur des cas en raison du nombre des compteurs, mais également parce que ceux-ci, à l'inverse des autres installations du service des eaux, ne restent pas tout le temps en service au même endroit, mais sont fréquemment déplacés.

Toute méthode d'archivage des fiches de compteurs doit permettre de retrouver les éléments fondamentaux qui sont : la taille, la marque, le modèle, la date d'achat, les différents emplacements successifs, et les données sur tous les contrôles et réparations subis. Une méthode possible consiste à utiliser une fiche retraçant l'histoire du compteur (fig. 11-1). Les caractéristiques principales du compteur sont portées en haut de la fiche, et le restant permet d'enregistrer tout ce qui concerne les mises en service, les contrôles et réparations diverses, dans l'ordre chronologique. Chaque ligne de la partie consacrée aux essais et réparations se subdivise en deux lignes : on porte sur la ligne supérieure les résultats des essais subis par le compteur immédiatement après sa dépose, et au-dessous ceux des derniers essais avant la repose de l'appareil. Les différentes fiches sont classées par ordre numérique, selon le numéro de série, ou le numéro du branchement, si le service en attribue.

Bien que cette façon de tenir les archives soit bonne, elle oblige à reporter sur la fiche des informations nombreuses et détaillées provenant de documents primaires. On pourra comparer le travail qui en résulte avec celui que donne un système qui comporte les éléments de dossier suivants :

1. Bons de travail.
2. Dossier du branchement.
3. Dossier du compteur.
4. Comptes rendus d'essais et de réparations.

Afin de démontrer comment à l'aide de cette méthode, on peut éviter un grand nombre d'opérations inutiles, sans pour autant sacrifier aucun élément du dossier, nous allons la décrire plus en détail.

1. Bons de travail.

Le bon de travail (fig. 11-2), qui est généralement préparé par le département commercial, autorise l'exécution d'un certain travail. Quel qu'en soit l'origine, ces bons couvrent l'ensemble des travaux nécessaires à la pose, la dépose, ou le changement de compteur. Lorsqu'une opération est achevée, les éléments correspondant (pour la pose et la dépose) sont reportés dans le dossier du compteur cor-

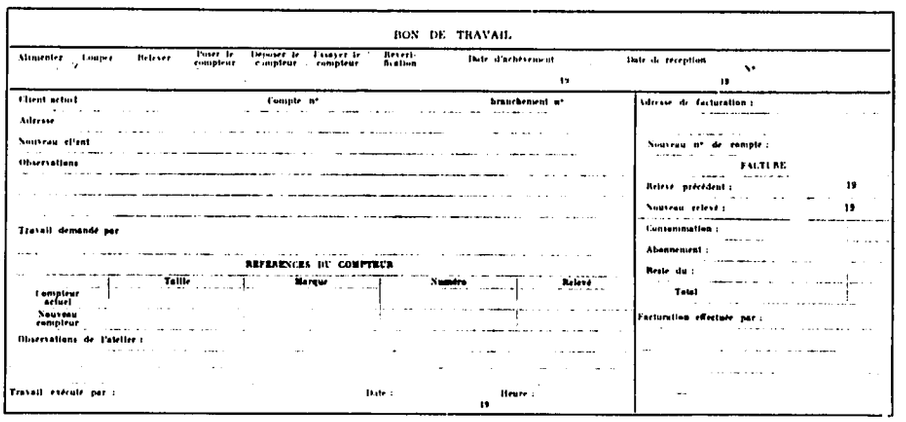
COMPTEUR N° | COMPAGNIE N° | MARQUE | TAILLE

Date d'achat | Prix | Modèle

INSTALLATION								ESSAIS ET RÉPARATIONS								
Pose		Nom	Adresse	Vanne N°	Raisons de la dépose	Dépose		Date	Début d'essai			Réparations		Quantité totale enregistrée avant l'essai	Vérifié par	Observations
Date	Relevé					Date	Relevé		Min.	Moy.	Max.	Avant l'essai	Après l'essai			

Fig. 11.1. — Fiche individuelle de compteur

Cette fiche conduit à un travail d'écriture considérable et peut-être inutile.



BON DE TRAVAIL

Alimenter / Couper / Relever / Poser le compteur / Déposer le compteur / Transférer le compteur / Revérification / Date d'achèvement 19 / Date de réception 19 / N°

Client actuel — Compte n° — branchement n°

Adresse

Nouveau client

Observations

Travail demandé par

RÉFÉRENCES DU COMPTEUR

	Taille	Marque	Numéro	Relevé
Compteur actuel				
Nouveau compteur				

Observations de l'atelier :

Travail exécuté par : Date : 19 Heure :

Adresse de facturation :

Nouveau n° de compte :

FACTURE

Relevé précédent : 19

Nouveau relevé : 19

Consommation :

Abonnement :

Reste dû :

Total

Facturation effectuée par :

Fig. 11.2. — Bon de travail

C'est cette fiche qui passe commande de l'installation, la réparation et l'entretien des compteurs.

respondant. En outre, pour chaque appareil déposé, on rédige, à partir des indications du bon de travail, un compte rendu d'essais et de réparations. Une fois les deux documents rédigés, on retourne le bon de travail au département commercial pour la suite des opérations. Lorsque, en fin de compte, tous les documents ont été rédigés, on classe le bon de travail dans le dossier du branchement.

2. Dossier du branchement.

Ce dossier se compose d'une chemise de taille convenable qui renferme tous les documents qui concernent un branchement déterminé. On attribue un numéro d'ordre à chaque installation nouvelle, et on l'enregistre avec le numéro du compteur et le numéro de compte. Le numéro du branchement n'est jamais modifié, et sert de moyen permanent d'identification de son emplacement. On prépare pour chaque branchement, une chemise, à étiquette non gommée, sur laquelle on tamponne le numéro correspondant.

Tous les documents qui intéressent l'emplacement en question seront classés dans cette enveloppe. Ils comprennent le bon de travail pour l'installation initiale, lequel naturellement indique les matériaux utilisés pour le branchement et la pose du compteur, ainsi que les coordonnées du point de branchement et autres éléments utiles. Les autres bons couvrant divers travaux effectués en ce point, la correspondance, etc., sont également classés dans le dossier du branchement.

Dossier du compteur.

Il existe un dossier de compteur (fig. 11-3 à droite) pour chaque appareil, dès son achat, dans lequel figurent les dates de pose et de dépose indiquées sur les bons de travail. Les dates des vérifications proviennent des comptes rendus d'essais et réparations, et le dossier contient tous les documents analogues qui concernent le compteur. Le dossier ne comporte rien d'autre, aussi attirons-nous l'atten-

tion sur le fait que le seul moyen d'identifier le local dans lequel est installé le compteur est le numéro du branchement. Si l'on désire connaître l'emplacement réel, il faut se reporter au dossier du branchement correspondant, dans lequel se trouve le document original concernant la pose (ou la dépose) lequel indiquera le nom, l'adresse, le numéro de compte, la raison de la pose ou dépose, la section d'exécution, et les relevés. L'utilisation du numéro de branchement comme moyen d'identification permet d'éviter de nombreux reports, sans qu'aucune information utile ne soit perdue. De plus, on gagne du temps en classant les comptes rendus d'essais et de réparations dans le dossier du compteur, car on n'a à reporter que les dates correspondantes.

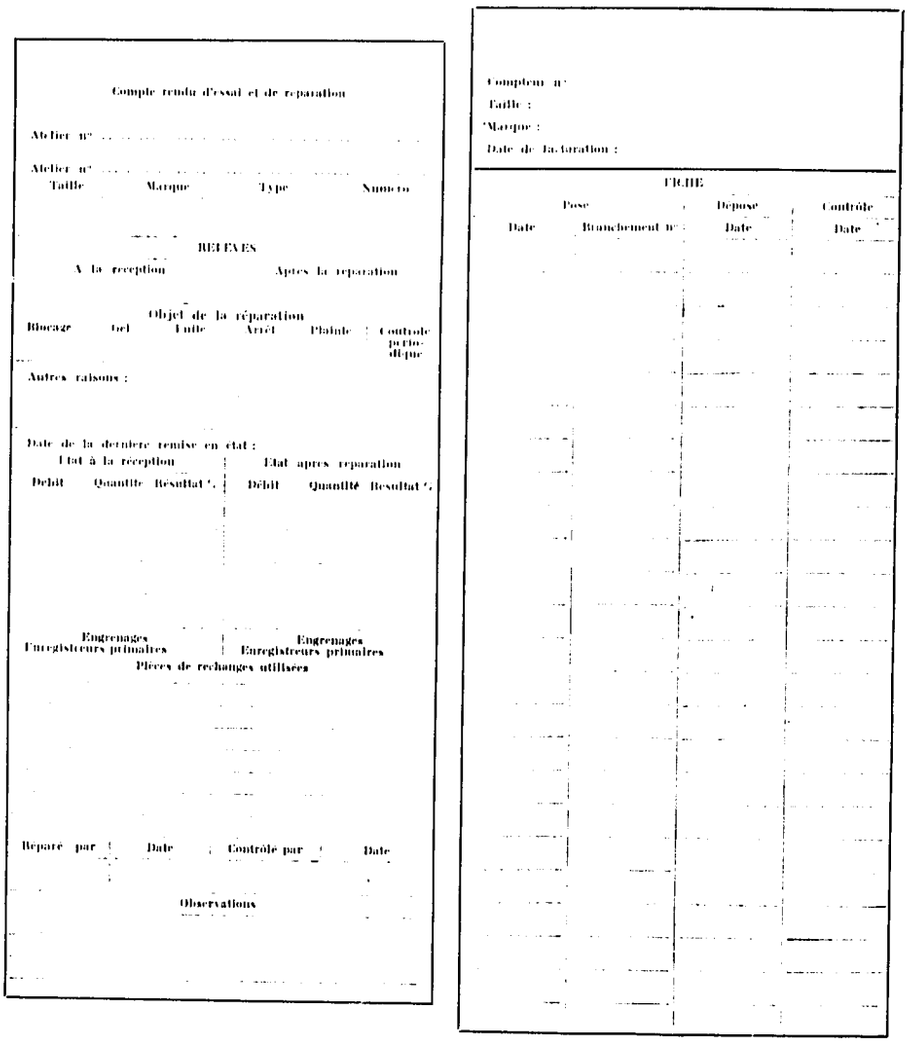


Fig. 11.3. — Fiche d'essai et de réparation pour le compteur et pour son carter.

Ces fiches sont conservées dans l'atelier d'entretien.

Compte rendus d'essais et réparation.

Comme indiqué plus haut, ces comptes rendus (fig. 11-3 à gauche) sont exécutés à partir du bon de travail pour chaque compteur déposé. Comme 95 % ou plus des appareils sont de $^5/_8$ de pouce (16 mm) on remplira à l'avance, à l'aide de tampons de caoutchouc, un certain nombre de comptes rendus pour ces compteurs, ce qui éliminera des écritures ultérieures. L'un de ces tampons servira à imprimer la taille ($^5/_8$ de pouce) la marque, et le modèle (à disque) sur l'emplacement prévu. Un autre servira à porter les divers débits et volumes d'eau utilisés lors des essais. Aussi, lorsqu'un compteur a été déposé, faut-il inscrire sur le compte rendu (à partir du bon de travail) le numéro du compteur et examiner la raison de la dépose. Les indications du compteur ne sont pas transcrites à partir du bon de travail mais sont relevées d'une façon indépendante par le personnel de l'atelier, puis portées sur le compte rendu. On remarquera, ici encore, que l'on a fourni au personnel de l'atelier toutes les informations nécessaires, sans qu'il y en ait de superflues.

Résumé.

1. Le dossier du branchement comporte tous les éléments se rapportant à celui-ci, y compris les bons de travail.

2. Les bons de travail indiquent tous les détails de la pose et de la dépose des compteurs, pour chaque branchement, et sont classés dans le dossier du branchement.

3. Le dossier du compteur contient l'historique de l'appareil. Les indications concernant la pose et la dépose proviennent des bons de travail, celles qui concernent les essais des comptes rendus d'essais et de réparations. Les renseignements sur les réparations effectuées figurent dans ces comptes rendus, qui sont également classés dans le dossier.

Bien qu'il existe d'innombrables méthodes pour archiver les documents qui intéressent les compteurs, et que nombre d'entre elles puissent être considérées comme supérieures à celle que nous avons décrite, cette dernière permet d'obtenir toutes les informations utiles, et ce au moindre effort. Si l'on passait en revue les autres méthodes, on s'apercevrait, pour la plupart d'entre elles, qu'il existe des doubles emplois, ou que certains documents sont plus élaborés ou détaillés qu'il n'est nécessaire. En consacrant un peu de temps et de travail à ce problème, on pourrait arriver à supprimer beaucoup d'écritures, et ceci en n'apportant que de légères modifications au système. A tout le moins, ceci permettrait de voir si les errements en vigueur n'ont pas pour unique justification le fait que « cela s'est toujours fait ainsi ».

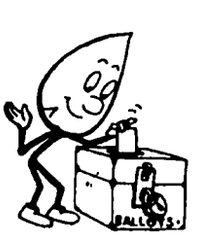


Table des matières

		Page
Préface		9
Chapitre		
I	Historique des méthodes et appareils de mesure des débits d'eau	11
II	La fabrication des compteurs aux Etats-Unis	19
III	Types de compteurs couramment utilisés dans les systèmes de distribution d'eau	25
IV	Choix du compteur permettant une mesure exacte en fonction des conditions d'utilisation	32
V	Rôle des pertes de charge dans le choix de l'installation	40
VI	Installation des compteurs	48
VII	Contrôle périodique des compteurs	52
VIII	Méthodes et appareillages d'essais	56
IX	Entretien et réparation des compteurs volumétriques	69
X	Implantation et équipement de l'atelier d'entretien	80
XI	Documents concernant les compteurs	87

ACHEVÉ D'IMPRIMER
SUR LES PRESSES DE
L'IMPRIMERIE DALEX
A MONTROUGE (SEINE)