

## Conditions d'utilisation des contenus du Conservatoire numérique

1- [Le Conservatoire numérique](#) communément appelé [le Cnum](#) constitue une base de données, produite par le Conservatoire national des arts et métiers et protégée au sens des articles L341-1 et suivants du code de la propriété intellectuelle. La conception graphique du présent site a été réalisée par Eclydre ([www.eclydre.fr](http://www.eclydre.fr)).

2- Les contenus accessibles sur le site du Cnum sont majoritairement des reproductions numériques d'œuvres tombées dans le domaine public, provenant des collections patrimoniales imprimées du Cnam.

Leur réutilisation s'inscrit dans le cadre de la loi n° 78-753 du 17 juillet 1978 :

- la réutilisation non commerciale de ces contenus est libre et gratuite dans le respect de la législation en vigueur ; la mention de source doit être maintenue ([Cnum - Conservatoire numérique des Arts et Métiers - https://cnum.cnam.fr](#))
- la réutilisation commerciale de ces contenus doit faire l'objet d'une licence. Est entendue par réutilisation commerciale la revente de contenus sous forme de produits élaborés ou de fourniture de service.

3- Certains documents sont soumis à un régime de réutilisation particulier :

- les reproductions de documents protégés par le droit d'auteur, uniquement consultables dans l'enceinte de la bibliothèque centrale du Cnam. Ces reproductions ne peuvent être réutilisées, sauf dans le cadre de la copie privée, sans l'autorisation préalable du titulaire des droits.

4- Pour obtenir la reproduction numérique d'un document du Cnum en haute définition, contacter [cnum\(at\)cnam.fr](mailto:cnum(at)cnam.fr)

5- L'utilisateur s'engage à respecter les présentes conditions d'utilisation ainsi que la législation en vigueur. En cas de non respect de ces dispositions, il est notamment passible d'une amende prévue par la loi du 17 juillet 1978.

6- Les présentes conditions d'utilisation des contenus du Cnum sont régies par la loi française. En cas de réutilisation prévue dans un autre pays, il appartient à chaque utilisateur de vérifier la conformité de son projet avec le droit de ce pays.

## NOTICE BIBLIOGRAPHIQUE

|                              |                                                                                                                                |
|------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| NOTICE DE LA REVUE           |                                                                                                                                |
| Auteur(s) ou collectivité(s) | Laboratoire d'essais mécaniques physiques chimiques et de machines du Conservatoire national des Arts et Métiers               |
| Auteur(s)                    | Laboratoire d'essais mécaniques physiques chimiques et de machines du Conservatoire national des Arts et Métiers               |
| Titre                        | Bulletin du Laboratoire d'essais mécaniques, physiques, chimiques et de machines du Conservatoire National des Arts et Métiers |
| Adresse                      | Paris : Librairie Polytechnique Ch. Béranger, éditeur, 1903-1931                                                               |
| Nombre de volumes            | 23                                                                                                                             |
| Cote                         | CNAM-BIB P 1329-A                                                                                                              |
| Sujet(s)                     | Conservatoire national des arts et métiers (France)<br>Génie industriel -- 20e siècle                                          |
| Notice complète              | <a href="https://www.sudoc.fr/039047083">https://www.sudoc.fr/039047083</a>                                                    |
| Permalien                    | <a href="https://cnum.cnam.fr/redir?P1329-A">https://cnum.cnam.fr/redir?P1329-A</a>                                            |
|                              |                                                                                                                                |
| LISTE DES VOLUMES            |                                                                                                                                |
|                              | <a href="#">N° 1 - Tome I (1903-1904)</a>                                                                                      |
|                              | <a href="#">N° 2 - Tome I (1903-1904)</a>                                                                                      |
|                              | <a href="#">N° 3 - Tome I (1903-1904)</a>                                                                                      |
|                              | <a href="#">N° 4 - Tome I (1903-1904)</a>                                                                                      |
|                              | <a href="#">N° 5 - Tome I (1903-1904)</a>                                                                                      |
|                              | <a href="#">N° 6 - Tome I (1905-1906)</a>                                                                                      |
|                              | <a href="#">N° 7 - Tome I (1905-1906)</a>                                                                                      |
| <b>VOLUME TÉLÉCHARGÉ</b>     | <a href="#">N° 8 (1906)</a>                                                                                                    |
|                              | <a href="#">N° 9 (1906)</a>                                                                                                    |
|                              | <a href="#">N° 10 (1907)</a>                                                                                                   |
|                              | <a href="#">N° 11 (1907)</a>                                                                                                   |
|                              | <a href="#">N° 12 (1907)</a>                                                                                                   |
|                              | <a href="#">N°13 (1908)</a>                                                                                                    |
|                              | <a href="#">N°14 (1908)</a>                                                                                                    |
|                              | <a href="#">N°15 (1908)</a>                                                                                                    |
|                              | <a href="#">N°16 (1911)</a>                                                                                                    |
|                              | <a href="#">N°17 (1917)</a>                                                                                                    |
|                              | <a href="#">N°18 (1919)</a>                                                                                                    |
|                              | <a href="#">N°19 (1919)</a>                                                                                                    |
|                              | <a href="#">N° 20 (1922)</a>                                                                                                   |
|                              | <a href="#">N° 21 (1924)</a>                                                                                                   |
|                              | <a href="#">N°22 (1927)</a>                                                                                                    |
|                              | <a href="#">N°23 (1931)</a>                                                                                                    |

|                                    |                                                                                                                                |
|------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>NOTICE DU VOLUME TÉLÉCHARGÉ</b> |                                                                                                                                |
| Auteur(s) volume                   | Laboratoire d'essais mécaniques physiques chimiques et de machines du Conservatoire national des Arts et Métiers               |
| Titre                              | Bulletin du Laboratoire d'essais mécaniques, physiques, chimiques et de machines du Conservatoire National des Arts et Métiers |
| Volume                             | <u>N° 8 (1906)</u>                                                                                                             |
| Adresse                            | Paris : Librairie Polytechnique Ch. Béranger, éditeur, 1906                                                                    |
| Collation                          | 1 vol. (28 p.-5p. de pl.) : fig. ; 25 cm                                                                                       |
| Nombre de vues                     | 39                                                                                                                             |
| Cote                               | CNAM-BIB P 1329-A (8)                                                                                                          |
| Sujet(s)                           | Conservatoire national des arts et métiers (France)<br>Génie industriel -- 20e siècle                                          |
| Thématique(s)                      | Histoire du Cnam                                                                                                               |
| Typologie                          | Revue                                                                                                                          |
| Langue                             | Français                                                                                                                       |
| Date de mise en ligne              | 10/04/2025                                                                                                                     |
| Date de génération du PDF          | 10/04/2025                                                                                                                     |
| Notice complète                    | <a href="https://www.sudoc.fr/039047083">https://www.sudoc.fr/039047083</a>                                                    |
| Permalien                          | <a href="https://cnum.cnam.fr/redir?P1329-A.8">https://cnum.cnam.fr/redir?P1329-A.8</a>                                        |

8° Ku 107 (104)

P1329-A

BULLETIN  
DU  
LABORATOIRE D'ESSAIS  
MÉCANIQUES, PHYSIQUES, CHIMIQUES ET DE MACHINES  
DU  
CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET MÉTIERS

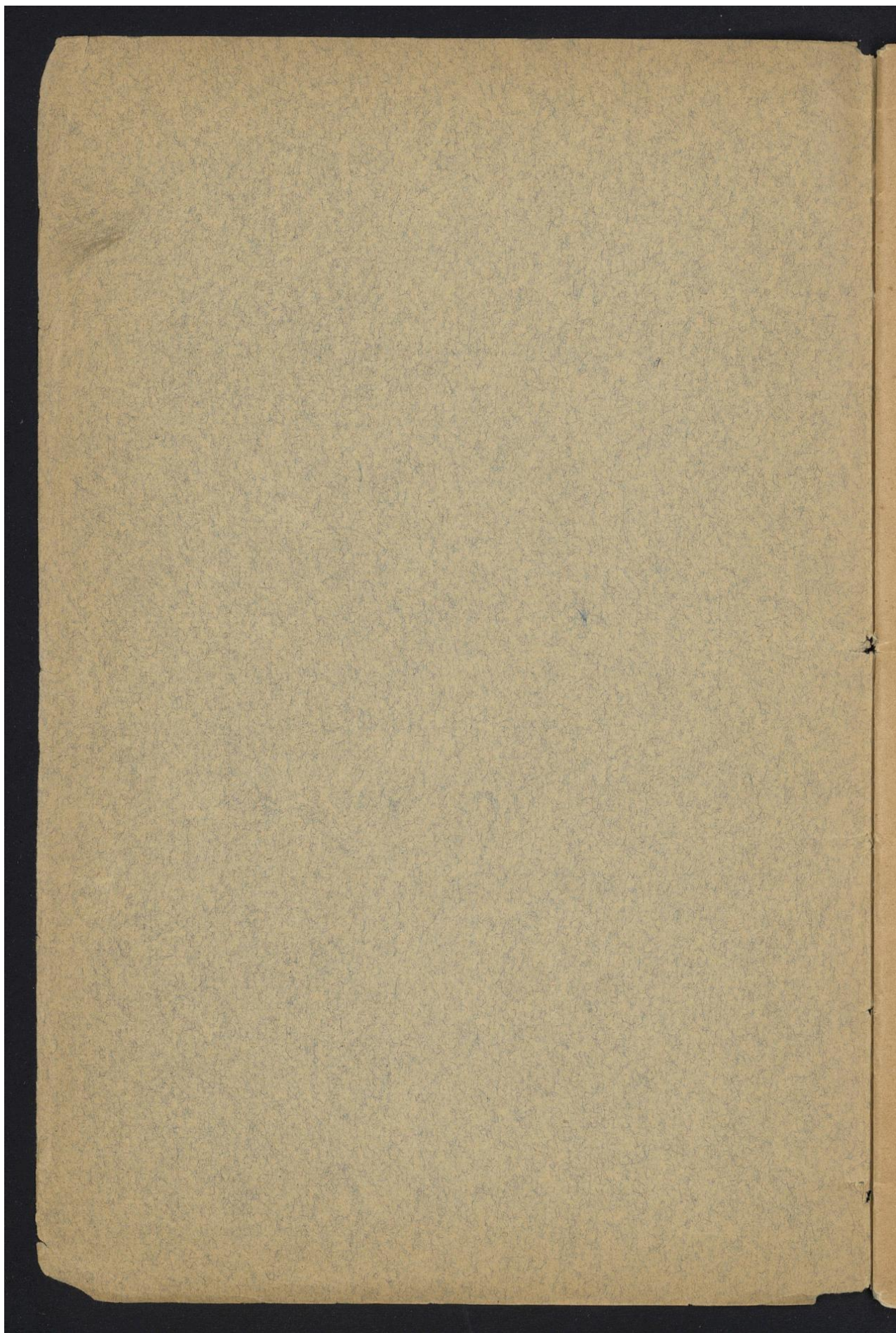
N° 8

ESSAIS  
DE  
COMPTEURS D'EAU

PAR  
M. A. PEROT  
Directeur du Laboratoire d'essais  
et M. H. MICHEL-LEVY  
Assistant

PARIS  
LIBRAIRIE POLYTECHNIQUE CH. BÉRANGER, ÉDITEUR  
Successeur de BAUDRY & C<sup>ie</sup>  
13, RUE DES SAINTS-PÈRES, 15  
MÊME MAISON A LIÈGE, 21, RUE DE LA RÉGENCE

1906  
Tous droits réservés

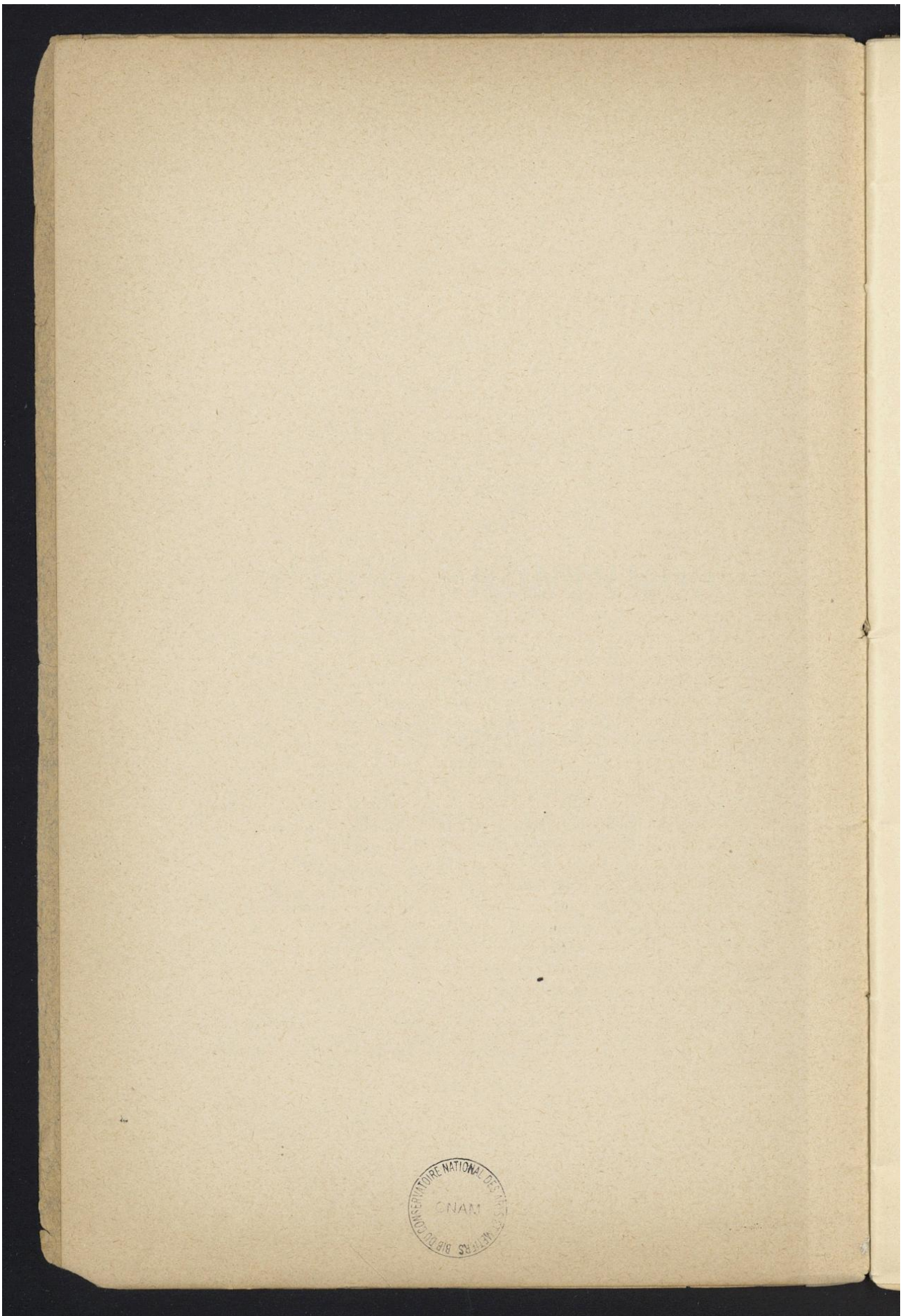


80 km 107 (104)

ESSAIS  
DE  
COMPTEURS D'EAU

PAR

M. A. PEROT  
Directeur du Laboratoire d'essais  
et M. H. MICHEL-LEVY  
Assistant



# ESSAIS DE COMPTEURS D'EAU

PAR

**M. A. PEROT**

Directeur du Laboratoire d'essais

et **M. H. MICHEL-LEVY**

Assistant

## AVANT-PROPOS

Si l'application des compteurs est de date relativement récente (1), il y a longtemps que l'on a eu l'idée de mesurer l'eau distribuée à chaque consommateur, et de lui imposer une redevance telle, qu'il participe aux dépenses nécessitées par les travaux d'amenée d'eau, dans la proportion même où il en jouit; c'est l'inciter à ne pas gaspiller ce liquide trop souvent considéré comme dépourvu de valeur commerciale. Parmi les nombreux procédés de mesurage de l'eau qui furent employés, le système le plus généralement adopté au début, et que quelques municipalités admettent encore aujourd'hui, est le mode d'abonnement à la jauge. L'appareil se compose d'une sorte de diaphragme que l'on place dans la conduite d'arrivée d'eau et qui ne doit laisser passer qu'un nombre déterminé de litres par 24 heures. L'eau vient s'accumuler dans un réservoir, où l'abonné peut la puiser à sa guise. Les inconvénients de ce système sont multiples. Tout d'abord on ne saurait considérer les jauges comme des instruments de mesurage de l'eau, car le débit d'un fluide au travers d'un orifice dépend non seulement de cet orifice, mais de la pression sous laquelle le fluide s'écoule; or, en un point d'une distribution, la pression est essentiellement variable suivant la saison et l'heure de la journée. De plus, l'orifice de jauge est très petit, par suite facilement obstrué, et l'abonné peut se trouver privé d'eau; l'eau contenue dans le réservoir est chaude en été; enfin ce système prête à la fraude.

Lorsque les villes, celle de Paris en particulier, se rendant compte des avantages des compteurs, songèrent à installer ces appareils, elles trouvèrent en général préférable de traiter uniquement avec les propriétaires; ceux-ci furent

Le Laboratoire d'essais ne prend pas la responsabilité des opinions scientifiques et techniques soutenues par les collaborateurs du Bulletin.

(1) Le règlement municipal indiquant les conditions auxquelles doivent satisfaire les compteurs placés à Paris date de 1880.

seuls rendus responsables vis-à-vis de la Compagnie concessionnaire de la totalité de l'eau consommée dans leurs immeubles. L'application de ce système ne va pas sans quelques inconvénients. Les locataires qui ne payent pas directement l'eau qu'ils consomment, n'ont aucun motif de la ménager, puisque leur redevance au propriétaire, indépendante de leur consommation dans une certaine mesure, ne peut tenir compte de l'économie avec laquelle ils ont usé de l'eau. Dans ces conditions les compteurs ne peuvent empêcher complètement le gaspillage. L'écueil d'un tel système apparaît principalement dans les habitations à bon marché : le prix de l'eau, considérable par rapport aux faibles loyers perçus, amena des charges très considérables pour leurs propriétaires ; ceux-ci, craignant, selon l'expression heureuse de M. Cheysson, de « voir l'eau entraîner dans les canalisations le rendement financier de leurs immeubles », se trouvèrent amenés à rationner leurs locataires. On imagina des robinets qui immobilisent une main pendant toute la durée du puisage, d'autres qui ne permettent d'obtenir, par manœuvre, qu'un volume d'eau limité ; quelques propriétaires allèrent jusqu'à supprimer complètement la distribution de l'eau pendant une partie de la journée.

On ne saurait approuver ces procédés vexatoires qui vont à l'encontre des principes d'hygiène en honneur à notre époque. C'est à juste titre qu'un usage de l'eau abondant, sans gaspillage, est considéré comme la sauvegarde de la santé et de la morale publique. Economie d'eau ne doit pas devenir synonyme de privation ; l'économie est seulement l'antithèse du gaspillage.

A cet état de choses défectueux le meilleur remède est l'application des compteurs individuels, ou compteurs divisionnaires, qui rendent chaque locataire responsable de sa consommation et font supporter le prix de l'eau dépensée à celui qui en profite. L'emploi de cette méthode si logique a d'ailleurs un précédent puisqu'elle fut adoptée dès l'origine pour le gaz, sans jamais susciter la moindre plainte.

Comme ces compteurs divisionnaires, destinés à des transactions privées entre les propriétaires et leurs locataires, ne sont pas actuellement réglementés par des arrêtés municipaux, on a construit et mis en vente des appareils dont la médiocrité ne saurait être révélée par l'aspect extérieur. Ces instruments peuvent être la source de difficultés pour ceux qui les emploient et faire du tort aux fabricants consciencieux en jetant le discrédit sur les compteurs en général : il est par suite de l'intérêt des uns et des autres de n'employer que des compteurs éprouvés, et à cet effet, d'avoir largement recours aux bons offices du Laboratoire d'Essais.

Le Laboratoire d'Essais (1), en vérifiant suivant les indications que lui don-

(1) Le Bureau National des Poids et Mesures, ayant eu à envisager le poinçonnage légal des instruments de mesurage de l'eau, a émis un avis (séance du 17 février 1904) duquel il résulte que, bien que désirable, le poinçonnage légal des compteurs d'eau ne peut être établi actuellement parce que les indications de ces appareils changent avec le temps ; que d'autre part les consommateurs ne sont pas entièrement désarmés puisqu'ils peuvent solliciter l'examen de leurs appareils par le Laboratoire d'essais du Conservatoire national des Arts et Métiers.

nent les intéressés, les appareils qu'on lui présente, compteurs de toutes sortes, de première prise ou divisionnaires, est appelé à rendre les plus grands services tant aux particuliers qu'aux municipalités qui ne veulent pas faire la dépense d'un service spécial de vérification, service délicat, nécessitant l'intervention d'un personnel instruit à cet effet, et l'installation d'appareils particuliers.

*Essais faits au Laboratoire.* — Les essais faits au Laboratoire sont de plusieurs sortes : les uns ont pour but de rechercher la sensibilité et la précision des instruments, les autres de s'assurer de leur aptitude à subir sans trop de dommages la fatigue du service journalier. Ils ne sauraient permettre un classement des compteurs en valeur absolue, classement qu'il serait d'ailleurs impossible de faire ; le choix d'un compteur dépend en effet de la nature et du prix de l'eau dont il doit assurer le paiement : la nature de l'eau varie d'une localité à une autre, elle contient souvent en suspension des particules solides, quelquefois des sels dissous, qui attaquent et détruisent certains métaux, laissant certains autres inattaqués, de sorte qu'un compteur capable de faire un bon service dans une ville ne doit pas être employé dans une autre.

En pareille matière il ne peut y avoir que des cas d'espèces, et il faut se garder de chercher, dans les tableaux et dans les chiffres donnés ici, une pensée quelconque de classement des compteurs.

Avant de décrire les essais faits au Laboratoire nous croyons utile de donner quelques renseignements généraux sur les compteurs ; le lecteur, à qui nous n'apprendrons sans doute rien qu'il ne sache déjà, voudra bien nous excuser si nous croyons nécessaire de nous attarder dans ces développements, sans lesquels les essais proprement dits seraient difficilement compréhensibles pour les personnes étrangères à la technique des compteurs.

## CHAPITRE PREMIER

### PRINCIPAUX TYPES DE COMPTEURS DOMESTIQUES

Les compteurs domestiques actuellement en usage dans les maisons sont de deux sortes : les uns indiquent le volume de l'eau qui les traverse en mesurant la vitesse du courant, ce sont les compteurs de vitesse, les autres mesurent directement le volume de l'eau qui s'écoule, ce sont les compteurs de volume. Quel que soit le type auquel il appartienne, les deux qualités d'un compteur sont la sensibilité, caractérisée par l'enregistrement des petits débits, et l'exactitude du comptage, ou précision.

*Compteurs de vitesse.* — Les compteurs actionnés par la vitesse de l'eau se composent le plus souvent d'une roue portant des palettes, que le courant d'eau vient frapper presque normalement. Par l'intermédiaire d'une minuterie, cette roue actionne des aiguilles qui se déplacent sur un cadran et indiquent le volume de l'eau écoulée. Au débit moyen, la vitesse angulaire de la roue et par consé-

quent le nombre de tours sont sensiblement proportionnels au volume de l'eau qui s'écoule; mais aux faibles débits les résistances passives de l'instrument prennent une importance considérable et agissent comme le ferait un frein. Aux grands débits au contraire, l'eau a une tendance à tourbillonner dans la boîte du compteur et la roue peut prendre des vitesses exagérées. On remédie à la première cause de perturbation en diminuant autant que possible les frottements; à cet effet les pivots doivent être d'une exécution soignée, de même que les engrenages. De plus, pour éviter de serrer dans un presse-étoupe l'arbre de commande de la minuterie, on a créé un type de compteurs, dits « à cadran noyé », dans lesquels l'eau baigne complètement les aiguilles et le cadran sur lequel se font les lectures; mais il est alors nécessaire de prendre des précautions spéciales pour empêcher que les boues, en se déposant sur le cadran, ne rendent illisibles les indications du compteur.

Pour remédier à la deuxième cause de perturbation signalée plus haut et empêcher l'eau de tourbillonner dans le boîtier du compteur, entre autres dispositifs, on place parfois un système de chicanes, ou même de petites ailettes fixes, au-dessus et au-dessous des ailettes mobiles, de façon à produire des remous qui sont d'autant plus importants que la vitesse de passage de l'eau est plus grande. Dans certains instruments ces ailettes peuvent être réglées en position pour modifier l'importance des remous, et partant le réglage du compteur; on verra plus loin ce qu'il faut entendre par là.

Au point de vue de la sensibilité, les compteurs de vitesse ont en général une certaine difficulté à se mettre en marche, il faut que l'eau arrive sur les palettes avec une vitesse appréciable pour mettre la roue en mouvement et vaincre les résistances passives du compteur. Les fabricants ont par suite intérêt à réduire le diamètre des orifices par lesquels l'eau entre dans le boîtier de l'instrument, quitte à créer ainsi une résistance au passage et à augmenter la perte de charge due au compteur (1). Il est inutile de rappeler qu'ils doivent réduire au minimum les frottements dans l'instrument par une bonne construction et un montage soigné des divers organes. Etant donnée la très faible valeur maximum du couple moteur aux petits puisages, il n'est pas surprenant que la sensibilité ne soit pas la même, non seulement pour deux compteurs de modèles différents, mais encore pour deux individus du même modèle, la moindre augmentation des résistances passives ayant une importance relative considérable.

Les compteurs à cadran noyé sont d'ailleurs plus sensibles que les compteurs à cadran sec, les résistances passives étant plus faibles.

Une particularité des compteurs de vitesse qui mérite d'être signalée est l'amélioration assez fréquente de leur sensibilité après un certain temps de mise en service, elle est due au rodage des divers organes, rodage auquel doit d'ailleurs succéder à la longue l'usure et, comme conséquence, la diminution de la sensibilité.

(1) Dans certains compteurs la grille destinée à arrêter les impuretés de l'eau se trouve placée très près de la roue à palettes; il faut donner à cette grille une grande section utile pour que les indications du compteur ne se modifient pas lorsqu'elle est partiellement obstruée.

*Compteurs de volume.* — Cette catégorie de compteurs comprend deux types principaux :

1° Les compteurs de volume proprement dits, qui se composent d'une capacité dans laquelle la pression de l'eau fait mouvoir successivement dans les deux sens un piston muni de garnitures rendant aussi complète que possible l'étanchéité entre les deux parties du cylindre qu'il sépare.

2° Les compteurs à piston rotatif, parmi lesquels on rencontre les compteurs à disque qui comprennent une sorte de disque en ébonite animé d'un mouvement continu de rotation ; l'étanchéité y est moins complète que dans le premier type et ils tiennent à la fois du compteur de volume et du compteur de vitesse. Nous allons décrire rapidement le mode de fonctionnement de ces deux types.

*Compteurs de volume proprement dits.* — Les compteurs à piston animé d'un mouvement alternatif, se comportent comme de véritables machines hydrauliques ; ils possèdent un organe de distribution (tiroir ou robinet) qui met chaque côté du piston en relation successivement avec l'entrée et avec la sortie d'eau ; de cette façon lorsque la face supérieure du piston est en communication avec l'admission, la face inférieure envoie l'eau au consommateur. La tige du piston commande directement ou par l'intermédiaire d'un petit servomoteur, l'organe principal de la distribution. Les compteurs de volume se font à un ou plusieurs pistons ; le point délicat de leur fabrication réside dans le choix de la garniture du piston. On conçoit en effet que des pistons qui ne sont pas lubrifiés et entretenus comme peuvent l'être ceux des machines, dont la marche est intermittente et qui restent souvent des mois à l'arrêt, se trouvent placés dans des conditions de service spécialement défavorables.

*Compteurs à piston rotatif (disque ou cylindre).* — Les compteurs à disque sont originaires des Etats Unis, où on les employait en qualité de compteurs de vitesse ; c'est en

France que, pour répondre aux exigences de certaines municipalités, on est arrivé, par des améliorations successives à les rendre aussi sensibles que les compteurs de volume à mouvement alternatif. Leur principe est le suivant :

Imaginons un disque circulaire EBNC (fig. 1)

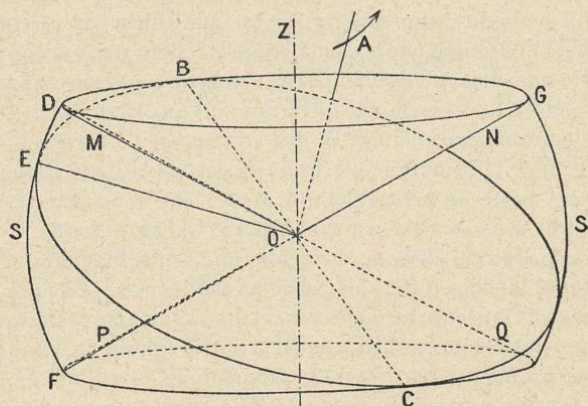


Fig. 1.

plan, mobile autour de son centre  $O$ , et faisons décrire à son axe  $OA$  un cône de révolution, autour d'une droite  $OZ$ , la surface enveloppe du disque sera composée d'une portion de sphère  $SS'$  décrite par son pourtour et de deux cônes de révolution égaux, opposés par le sommet,  $OMN$ ,  $OPQ$ , auxquels le disque sera constamment tangent suivant deux génératrices opposées  $OB$ ,  $OC$ . Ces deux cônes et la sphère forment la boîte du compteur, le disque constitue la partie mobile. Le disque sépare dans toutes ses positions la boîte en deux parties; si l'on suppose de plus une cloison idéale plane  $ODEF$ , constituée par un plan méridien des cônes, cloison rencontrant le disque suivant la droite  $OE$ , la boîte sera divisée en quatre parties distinctes, séparées d'une part par les génératrices de contact du disque et des cônes, et de l'autre par le disque et la cloison.

L'eau est introduite d'un côté de la cloison et évacuée de l'autre. Elle pénètre dans les deux parties  $ECBODE$  et  $ECOF$ , situées au-dessus et au-dessous du disque, devant l'orifice d'entrée, et par le fait de la pression, elle fait pivoter le disque, poussant devant elle les génératrices de contact  $OB$  et  $OC$ , et, accroissant ainsi le volume de la double chambre d'admission. Lorsque la génératrice de contact touche et dépasse la cloison, l'un de ces deux espaces se ferme à l'admission et est mis en relation avec l'orifice de sortie, un nouvel espace d'admission se créant en même temps.

Les deux espaces de la chambre d'admission sont variables suivant une loi facile à établir; les génératrices qui les limitent étant opposées, leurs volumes sont en retard ou en avance l'un par rapport à l'autre d'une demi-révolution du disque, de telle sorte que le couple moteur ne s'annule pas, ainsi que cela se présente dans une machine à deux cylindres à double effet, dont les manivelles sont calées à  $90^\circ$ . Cette disposition cinématique est des plus intéressante.

La réalisation pratique est obtenue de la manière suivante :

La boîte du compteur (fig. 2) est constituée par une portion de sphère en métal ( $V$ ), limitée par les deux cônes ( $U$ ) dont nous avons parlé plus haut. Elle porte une cloison méridienne ( $K$ ); au centre est creusée une cavité sphérique ( $Z$ ). Le couvercle présente une ouverture ( $Y$ ) qui laisse sortir l'axe  $A$  du disque; cet axe entraîne par un doigt  $D$ , que l'on aperçoit à travers l'ouverture ( $Y$ ), le mouvement de la minuterie placée au-dessus de la boîte. Dans quelques compteurs l'axe  $A$  porte un petit galet qui assure son déplacement conique. Les orifices d'entrée et de sortie d'eau sont l'un en ( $E$ ) l'autre en ( $S$ ).

Le disque en ébonite, présente une fente diamétrale ( $C$ ) dans laquelle est engagée la cloison ( $K$ ); au centre un renflement sphérique ( $B$ ) se loge dans la partie ( $Z$ ) et assure le déplacement du disque autour de son centre.

Le joint formé par le disque et la partie sphérique d'une part, par le disque et les cônes d'autre part, doit être hermétique, ce qui oblige, puisqu'il n'y a dans l'appareil aucune partie élastique, de construire ces instruments avec une grande précision. Quant au joint qui existe entre la cloison ( $K$ ) et la fente ( $C$ ), il peut être quelconque, les deux volumes situés de chaque côté de la cloison étant

toujours en relation soit avec l'orifice d'admission, soit avec celui de sortie.

A chaque révolution du disque correspond le passage d'un volume d'eau égal à celui de la chambre, au volume du disque près. Si l'appareil n'avait pas de résistances passives, le disque infiniment mobile ne nécessiterait pour son mouvement aucune différence de pression d'une face à l'autre. Or il n'en est pas ainsi ; il existe une différence de pression, et dès lors il faut, pour obtenir l'étanchéité, que les bords du disque s'appliquent exactement sur les parois de la chambre : comme le joint ainsi fait n'est pas élastique, il crée un frottement, par suite augmente les résistances passives, la différence de pression et les chances de fuite. Il appartient au fabricant de concilier ces deux conditions quelque peu contraires : étanchéité et mobilité du disque (1). Il peut y parvenir par

(1) Une autre raison pour laquelle le disque doit être très mobile est la suivante : l'admission est à chaque instant séparée de l'échappement par la génératrice ML du cône tangente au disque (fig. 1), génératrice qui se déplace avec le disque. Or le mouvement de celui-ci sur le cône comporte un roulement et un glissement ; l'angle de glissement par tour a pour valeur dans le cas du disque plan :

$$2\pi(1 - \sin \alpha) \quad (1)$$

$\alpha$  étant le demi angle au sommet du cône.

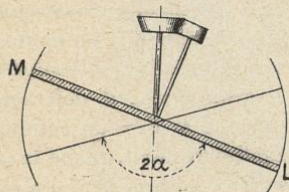


Fig. 1.

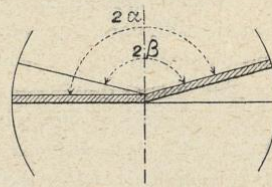


Fig. 11.

Ce glissement se traduit à chaque tour par un rattrapage de jeu et doit être une cause de fuite si le disque n'est pas suffisamment mobile. Le glissement diminue quand l'angle au sommet du cône augmente ; il est nul quand  $\alpha = \frac{\pi}{2}$  mais alors le volume du compteur est nul également.

Dans le cas du disque conique (fig. 2), variété du disque plan, qui a précédé celui-ci et qui n'est plus fabriqué que par un petit nombre de constructeurs, l'angle de glissement du disque sur le cône fixe est

$$(2) \quad 2\pi(\sin \alpha - \sin \beta)$$

$\alpha$  et  $\beta$  étant respectivement les demi-angles au sommet du disque et du cône fixe ; l'angle de glissement du disque cône sur le plan a pour expression  $2\pi(1 - \sin \alpha)$ . Si l'on suppose que l'angle  $\alpha$  soit égal à  $70^\circ$ ,

$$\beta = 2\alpha - \frac{\pi}{2} = 50^\circ,$$

on a :

$$1 - \sin \alpha = 0,06 ;$$

$$\sin \alpha - \sin \beta = 0,18,$$

le glissement sur le cône est sensiblement trois fois plus grand que le glissement sur le plan.

une construction parfaite et un calibrage rigoureux des pièces qui entrent dans la construction de ses compteurs.

Il existe d'autres compteurs à piston rotatif que celui qui vient d'être décrit ; ce sont les compteurs à disque conique et les compteurs à cylindre. Leur principe est le même que celui du compteur à disque plan, nous n'en donnerons pas la description détaillée.

**Dimensions les plus usuelles des compteurs. Manière de désigner les compteurs suivant leur grandeur.**

Quel que soit le type auquel ils appartiennent, les compteurs se fabriquent en plusieurs dimensions, pour répondre à tous les besoins du public : c'est ainsi que l'on rencontre le plus généralement des compteurs de 10, 12, 15, 20, 25, 30 millimètres, les chiffres 10, 12, 15, etc. . . désignant le diamètre de l'orifice d'entrée d'eau dans l'instrument.

Cette classification des compteurs n'est pas rationnelle, parce que l'acheteur paye plus cher un compteur de 20 millimètres qu'un compteur de 15 millimètres et que ces deux instruments peuvent fort bien être identiques sans qu'il s'en doute, la seule différence entre eux résultant d'un alésage plus ou moins grand des orifices d'entrée d'eau ; or le compteur de 20 millimètres est destiné à faire un service plus chargé que le compteur de 15 millimètres ; il doit avoir des organes plus robustes et une plus grande capacité si c'est un compteur de volume, l'usure d'un tel compteur croissant, à égalité de débit, quand la capacité diminue ; autrement il serait inutile de créer deux calibres là où un seul suffirait.

D'autre part on a vu précédemment l'intérêt qu'il y avait, pour les compteurs de vitesse, à rétrécir la section de passage de l'eau au droit des ailettes (augmentation de la sensibilité au démarrage) ; à l'orifice visible d'entrée d'eau en succède alors un second beaucoup plus petit que lui ; on peut se demander ce que signifie dans ces conditions la connaissance du diamètre de l'orifice d'entrée d'eau.

Une classification des compteurs reposant sur la valeur intrinsèque de chaque instrument, basée par exemple sur la détermination de la quantité d'eau qu'ils peuvent débiter avec une même perte de charge ou perte de charge type, est une classification rationnelle et de nature à donner satisfaction aux fabricants et à leurs clients ; c'est le mode de désignation auquel nous nous sommes arrêtés.

Le débit d'un compteur pour une perte de charge donnée est facile à déterminer, il suffit de placer deux manomètres, l'un en amont, l'autre en aval du compteur, le plus près possible des orifices d'entrée et de sortie de l'eau, et de régler le débit du robinet d'écoulement de telle sorte que la différence des pressions lues aux deux manomètres soit précisément celle que l'on veut avoir ; une simple mesure à la bêche jaugée donne immédiatement le débit cherché.

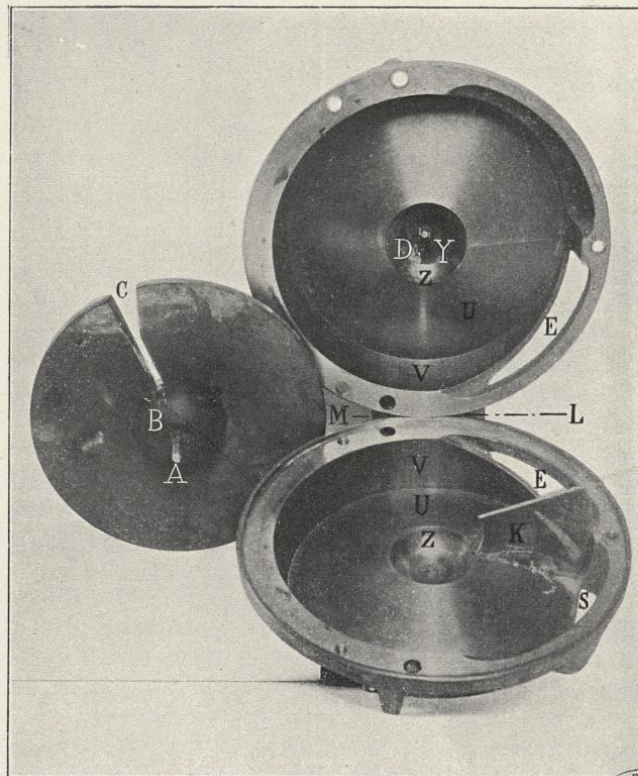
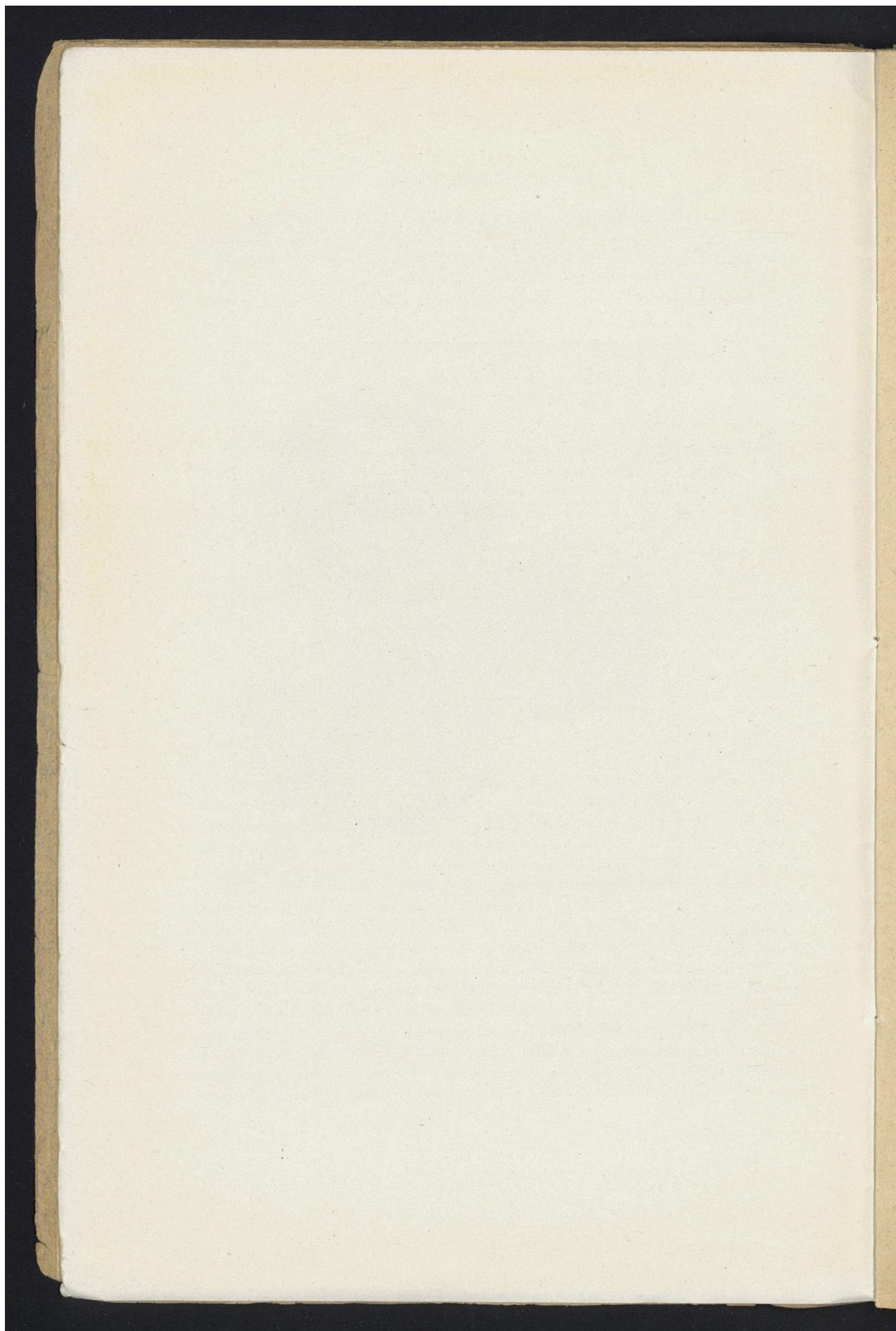


Fig. 2. — Compteur à disque ouvert.

On a placé le compteur horizontalement et relevé le couvercle de la boîte en le faisant pivoter autour de la droite ML comme charnière. Le disque a été retiré de la boîte et placé à côté d'elle.



Dans les essais faits au Conservatoire des Arts et Métiers on a admis d'une façon uniforme pour la perte de charge type, celle qui serait égale à la pression produite par une colonne d'eau de 10 mètres de hauteur. Le débit correspondant à cette perte de charge sera appelé « Débit Caractéristique » *sans que cela signifie que ce soit ou le débit normal ou le débit maximum de bon fonctionnement du compteur.*

L'indication du Débit Caractéristique (D. C.) d'un compteur n'exclut pas celle du diamètre de l'orifice d'entrée d'eau qui a son utilité pour la pose de l'appareil.

### Mesure de la sensibilité et de l'exactitude des compteurs

La quantité minimum d'eau qu'il faut puiser par minute pour que les compteurs fonctionnent est très variable d'un système à un autre ; elle varie aussi quelquefois d'un individu à l'autre du même type. Dans un compteur de vitesse, les résistances passives, dues aux frottements des pivots et des engrenages, s'opposent à la rotation de l'organe moteur de la minuterie tant que la vitesse du courant d'eau qui traverse l'instrument n'atteint pas une certaine valeur ; dans un compteur de volume, il peut arriver que les garnitures du piston n'assurent pas une étanchéité parfaite entre le haut et le bas du cylindre et qu'il se produise une fuite. On dit que le compteur a une sensibilité ou une limite d'inertie, ou bien une limite de vie, ou encore une erreur horaire initiale égale à X litres.

L'exactitude d'un compteur, c'est-à-dire le nombre de litres qu'il enregistre pour un certain volume d'eau écoulé, 100 litres, par exemple, dépend de la rapidité avec laquelle a été fait le puisage de ce volume d'eau.

Lorsque le tiroir de distribution d'un compteur de volume est commandé par le piston sans organe intermédiaire, le changement de marche n'est pas instantané, et lors d'un puisage lent, quand le piston n'est pas animé d'un mouvement très rapide, la marche peut être inversée avant qu'il ait été à fond de course ; il reste alors une certaine quantité d'eau dans le cylindre, cette eau déjà comptée s'ajoute à celle qui arrive pour être comptée à nouveau, et le compteur indique plus d'eau qu'il n'en a passé réellement ; on dit qu'il surcompte. Aux puisages rapides, cette cause d'erreurs disparaît.

Dans un compteur de vitesse, lorsqu'il n'existe pas de dispositif spécial (page 6), la roue à palettes peut prendre une vitesse exagérée si l'écoulement de l'eau est très rapide, et le compteur peut surcompter.

On voit, d'après ce qui précède, que la détermination de la sensibilité et de l'exactitude d'un compteur doit nécessiter un grand nombre de mesures et une installation spéciale pour l'évaluation des volumes écoulés, des durées d'écoulement etc... Celle que possède le Laboratoire d'essais est décrite plus loin. Les essais consistent à faire fonctionner le compteur à différents débits et à relever

1° l'eau écoulée ; 2° la durée que cette eau a mise à traverser le compteur ; 3° le nombre de litres enregistré par l'appareil.

Il y a deux manières d'exprimer les erreurs pour pouvoir comparer les mesures entre elles ; ou bien on exprime les erreurs en o/o de l'eau écoulée (ce sont les erreurs pour 100 litres d'eau réellement écoulée), ou bien on les rapporte à un écoulement d'une durée d'une heure : on obtient ainsi les erreurs horaires, différences entre le volume d'eau enregistré par le compteur et le volume réellement écoulé pendant 1 heure.

Il est facile de passer de l'erreur horaire à l'erreur en o/o et inversement ; appelons  $D$  le volume qui se serait réellement écoulé si le puisage avait duré une heure, appelons  $d$  le volume qu'aurait indiqué le compteur au bout du même temps.

L'erreur horaire est  $y_2 = D - d$ .

$$\text{L'erreur en o/o est } y_1 = \frac{D - d}{D} \times 100 = \frac{D - d}{\frac{D}{100}} = \frac{y_2}{\frac{D}{100}}$$

On voit que l'on passe de l'erreur horaire à l'erreur en o/o en la divisant par le centième du débit horaire correspondant et inversement de l'erreur en o/o à l'erreur horaire en multipliant l'erreur en o/o par le centième du débit horaire correspondant.

On peut représenter par un graphique très simple le fonctionnement d'un compteur ; il suffit de porter les débits horaires en abscisses et les erreurs qui leur correspondent en ordonnées et de joindre par un trait continu les points ainsi obtenus. On est convenu de porter les erreurs au-dessus de l'axe des  $X$  quand les volumes indiqués ( $d$ ) sont plus grands que les volumes écoulés ( $D$ ),

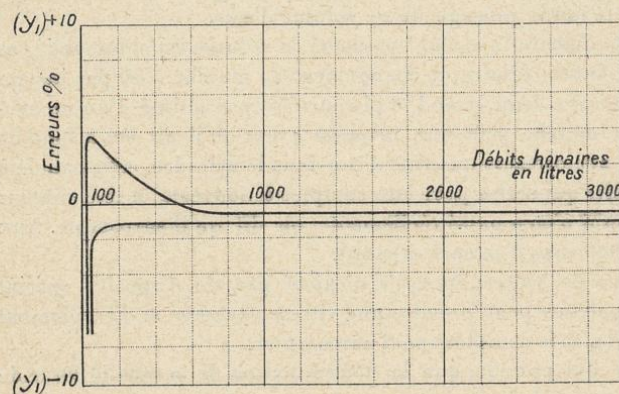


Fig. 3.

c'est-à-dire quand le compteur avance, et au-dessous de l'axe des  $X$  dans le cas contraire.

La figure 3 donne deux exemples de courbes usuelles où les erreurs sont exprimées en o/o du débit ; ces courbes ont pour expression :

$$y_1 = \frac{d - D}{D} \times 100$$

Aux débits très faibles correspondant à l'origine des courbes les compteurs ne fonctionnent pas,  $d = 0$  et l'erreur pour o/o est égale à  $-100$ . Les courbes se

relèvent ensuite, et, à partir d'un débit plus ou moins grand, deviennent en général parallèles à l'axe des X, les erreurs o/o étant sensiblement constantes.

Si les erreurs sont rapportées à l'heure, les courbes ont pour expression :

$$y_2 = d - D$$

La figure 4 en donne deux exemples correspondant l'un aux compteurs de vitesse (c. 1), l'autre aux compteurs de volume (c. 2).

Aux débits très faibles correspondant à l'origine des courbes, le compteur ne fonctionne pas;  $d = 0$  et  $y_2 = -D$ ; pour le débit auquel le compteur commence à fonctionner  $d$  est très petit et on peut encore écrire  $y_2 = -D$ ;

l'erreur horaire initiale est donc égale au débit de démarrage et le point initial de la courbe est situé sur la droite qui a pour équation  $y_2 = -D$ ; cette droite OC passe par l'origine et ne dépend que de l'échelle relative des abscisses et des ordonnées, c'est-à-dire du tracé de l'épure.

Une erreur en o/o,  $y_1$ , constante sera représentée sur le graphique en erreur horaire par une droite passant par l'origine, l'erreur horaire étant proportionnelle au débit; on a en effet :

$$y_1 = \frac{y_2}{\frac{D}{100}} = K$$

$$\text{D'où} \quad y_2 = \frac{K D}{100}$$

équation d'une droite passant par l'origine.

Réciproquement une erreur horaire  $y_2$  constante sera représentée sur l'épure des erreurs en o/o par une hyperbole équilatère; on a en effet :

$$y_1 = \frac{y_2 \times 100}{D}$$

$$\text{D'où} \quad y_1 = \frac{K \times 100}{D}$$

Le tracé des erreurs en o/o n'est pas avantageux pour les faibles débits, parce que les points de la courbe correspondants sortent d'une épure de dimension

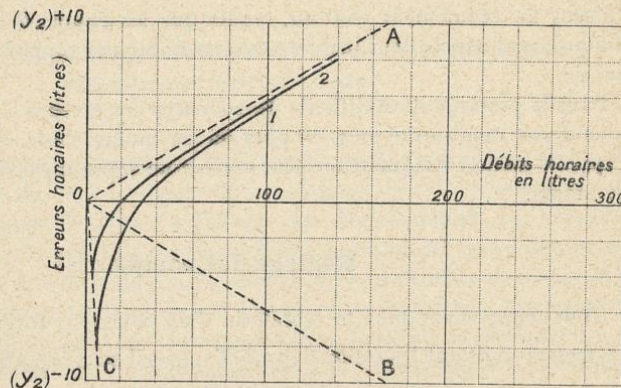


Fig. 4.

raisonnable ; par contre ce tracé est préférable pour les grands débits, parce que les erreurs horaires correspondant à une erreur o/o constante sont exprimées par des chiffres croissant avec le débit.

Une autre raison qui milite en faveur de l'adoption du tracé en o/o pour les grands débits et du tracé horaire pour les petits débits, est que ces derniers correspondent aux fuites qui peuvent exister dans la canalisation et qui produisent un écoulement continu, tandis que les grands débits correspondent à des puisages usuels dont la durée est très faible par rapport à la quantité d'eau puisée.

Dans la pratique il est difficile de connaître les erreurs o/o d'un compteur à plus d'une demi-unité près, en plus ou en moins. Pour certains instruments l'approximation à laquelle on peut arriver ne dépasse pas une unité en plus ou en moins.

### Réglage des compteurs

Tout changement dans la minuterie d'un compteur revient à multiplier par un facteur constant les indications de l'appareil sans modifier les volumes réellement écoulés. L'allure de la courbe des erreurs o/o,  $y = 100 \left( \frac{d}{D} - 1 \right)$  ne sera pas modifiée quand celle-ci sera devenue  $y = 100 \left( \frac{Kd}{D} - 1 \right)$ , la courbe se sera

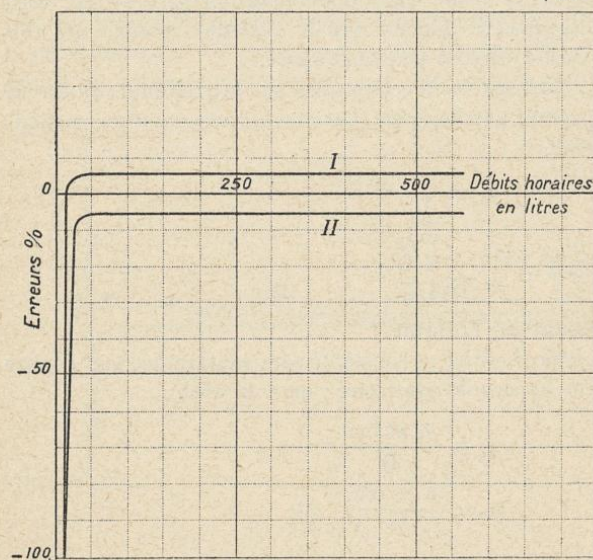


Fig. 5.

simplement déplacée de 1 en 11 par exemple ou inversement (fig. 5).

On voit donc que les erreurs d'un instrument pourront être rendues, à partir d'un certain débit, toutes positives, toutes négatives, ou tantôt positives tantôt négatives, et cela par un simple changement de pignon dans la minuterie.

Pratiquement on règle très facilement un compteur : l'instrument est essayé,

et, suivant qu'il compte en plus ou en moins, l'ouvrier essayeur change ou non les engrenages dont il possède des jeux prêts à être mis en place.

Dans les compteurs de vitesse, on préfère souvent ne pas changer les engrenages et modifier l'importance des remous en agissant sur l'organe qui les produit (chicanes mobiles ou tout autre dispositif) (1).

#### Importance relative des différents débits au point de vue des erreurs de comptage

Il a paru intéressant de rechercher à quelles vitesses de puisage les compteurs fonctionnaient dans les cas ordinaires de la pratique, et, s'il n'y aurait pas un intérêt réel à leur demander plus d'exactitude aux grands débits, par exemple, et moins aux petits, c'est-à-dire à les régler d'une façon plutôt que d'une autre.

A la demande du directeur du Laboratoire, le service des eaux de Nancy et la Compagnie des Eaux de la Banlieue de Paris, ont eu l'extrême obligeance de faire relever méthodiquement par leurs agents les indications de quelques compteurs placés dans des maisons à loyer dépendant de leurs services. Les lectures faites de 5 en 5 minutes ont permis de tracer des courbes représentant les variations approchées du débit aux différentes heures de la journée (voir pl. 1 et légende p. 24); il eût été sans doute préférable d'avoir recours à des enregistreurs de débit, mais il ne pouvait être question d'installer des appareils de ce genre dans des maisons appartenant à des particuliers. En procédant comme on l'a fait, les chiffres des débits par heure portés sur les courbes peuvent être trop faibles, car ils ont été obtenus en supposant l'écoulement constant pendant l'intervalle de 5 minutes séparant deux lectures, mais l'allure des courbes indique bien la façon dont ont travaillé les compteurs. Si l'on se reporte en effet aux courbes 1 à 10, on voit que les débits présentent en général un maximum le matin, un autre l'après-midi, enfin quelquefois un troisième. La durée des puisages maximum ne dépasse pas trois heures, souvent elle n'atteint même pas une heure; le reste de la journée, le compteur fonctionne à un régime très réduit.

(1) D'après M. Durand directeur des Travaux de la Ville d'Orléans à l'obligeance duquel nous devons ces renseignements, les enregistrements d'un compteur peuvent être modifiés ainsi, dans des limites variant entre 5 et 15 o/o. Après l'introduction d'une pièce de rechange ayant occasionné un dérèglement, on peut régler le compteur par ce procédé.



## CHAPITRE II

## ESSAIS FAITS AU LABORATOIRE

*Historique.* — Dès l'ouverture des services du Laboratoire en 1903 des essais de compteurs furent demandés au Laboratoire ; une étude scientifique et méthodique de ces instruments fut entreprise en mars 1905 à titre de travail documentaire.

A cette époque, les constructeurs ont mis à la disposition du Laboratoire les appareils de leur fabrication, et non seulement les types les plus répandus de compteurs ont passé successivement à la rampe d'essais du Conservatoire, mais tout les calibres usuels ont fait l'objet d'une étude approfondie ; c'est ainsi que pour certain compteur volumétrique le Laboratoire a essayé des appareils de 8 calibres différents compris entre 7 mm. et 40 mm.

Au total les essais ont porté sur 18 types de compteurs et sur plus de 100 individus ; ils représentent près de 2.000 heures de travail d'ouvrier, non compris le temps nécessaire aux relevés et à la construction des courbes.

*Outillage du Laboratoire.* — L'outillage employé pour les essais comprend deux installations différentes ; d'une part, deux bâches fixes avec flotteur gradué d'une capacité de 400 et 2.000 litres pour la mesure des volumes d'eau écoulée ; de l'autre, une rampe qui peut être alimentée sous 1 mètre et 2 mètres ou sous la pression totale et permet de placer à côté l'un de l'autre plusieurs compteurs ; l'eau est mesurée soit à l'aide de bâches mobiles de 110 litres, graduées en litres, du type de la ville de Paris, soit pour les très petits débits à l'aide de récipients sans soupape de vidange ; on procède alors par pesée.

Une série de manomètres complète l'installation ; les uns sont à mesure directe de la perte de charge (manomètres différentiels), les autres sont des manomètres Bourdon du type courant pouvant mesurer des pressions de 40 mètres d'eau.

*Conduite des essais.* — Les essais ont été conduits méthodiquement, de la même façon pour tous les compteurs étudiés ;

1) On a déterminé tout d'abord le débit du compteur avec une perte de charge égale à 10 mètres ; c'est le débit qui a été désigné sous le nom de débit caractéristique.

2) On a déterminé ensuite les erreurs à un nombre de débits suffisant pour construire la courbe des erreurs du compteur en régime calme.

3) On a cherché le débit à partir duquel le compteur commençait à marquer. Ce débit est appelé limite de vie ou limite d'inertie ou sensibilité ou encore point de démarrage de l'instrument, c'est aussi son erreur horaire initiale (p. 11).

4) On a mis le compteur en service pendant une durée voisine de 1.000 heures

à un débit sensiblement égal au  $1/10$  du débit sous 10 mètres de perte de charge, ce qui correspond à une perte de charge égale à celle qu'absorbent les frottements augmentés de 10 cm., puis on l'a fait passer à la rampe d'essai et on l'a soumis aux mêmes essais que précédemment (paragraphes 2 et 3).

L'eau de Seine utilisée pour cette épreuve d'endurance est chargée de matières limoneuses et contient des brindilles de bois et autres impuretés qui sont en partie arrêtées par les grilles à mailles serrées placées en amont des compteurs. Cette eau ne contient pas de sables siliceux et ne semble pas user particulièrement les appareils dont quelques-uns n'ont nullement souffert pendant leurs mille heures de service.

5) On a remis les compteurs en service pendant une nouvelle période de 1000 heures à un débit sensiblement égal au  $1/10$  du débit caractéristique, puis on les a fait passer de nouveau à la rampe d'essais pour y subir les mêmes épreuves que précédemment (paragraphes 2 et 3).

Les essais ayant porté pour chaque *type* de compteur sur des individus de calibres différents, il a semblé intéressant de tracer leurs courbes d'erreurs sur la même épure à des échelles telles, qu'elles puissent être facilement comparées l'une à l'autre.

Les courbes qui sont annexées à cette étude ont donc été construites en portant en ordonnées les erreurs 0/0 et en abscisses, non les débits réels par heure, mais les débits par heure exprimés en 0/0 du débit caractéristique; pour avoir les débits réels, il suffit de multiplier les chiffres 0,1 ; 0,2 ; 0,3 lus sur l'épure par le Débit caractéristique du compteur auquel la courbe se rapporte. Au point de vue des erreurs de comptage, on a supposé que les compteurs étaient réglés une fois pour toutes de telle manière que leurs erreurs fussent, à l'état neuf, nulles en un point au moins de la courbe et négatives partout ailleurs. Un simple coup d'œil jeté sur les courbes obtenues avec les compteurs usagés permet de voir si le compteur a pris de l'avance ou du retard, ou au contraire a fait preuve de stabilité.

On conçoit qu'il ne soit pas possible, pour une raison de discrétion facile à comprendre, de donner les noms des compteurs qui ont été étudiés au Laboratoire ou même ceux de leurs fabricants. On a désigné chaque instrument par un simple numéro d'ordre. La planche II se rapporte aux compteurs à piston, à mouvement alternatif; les planches III et IV aux compteurs à piston disque, enfin la planche V aux compteurs de vitesse.

Les divers systèmes de compteurs sont désignés par des lettres majuscules; les différents calibres de compteurs de chaque système qui ont été essayés portent un numéro d'ordre.

Enfin la lettre minuscule (*a*) indique que les essais se rapportent aux compteurs à l'état neuf, la lettre (*b*) à l'état usagé après 1.000 heures de service, la lettre (*c*) à l'état usagé après 2.000 heures de service.

### Compteurs à piston à mouvement alternatif.

Les systèmes de compteurs à piston dont les courbes de fonctionnement figurent à la fin de cette note sont au nombre de quatre (planche II).

Ils sont désignés par les lettres majuscules A, B, C, D.

*Compteurs A.* — Les compteurs du système A ont été étudiés seulement à l'état neuf: les essais ont porté sur des instruments de 7 calibres différents dont les débits caractéristiques sont les suivants :

|                             |        |
|-----------------------------|--------|
| Compteur n° 1 . . . . .     | 1.070  |
| Compteur n° 1 bis . . . . . | 1.530  |
| Compteur n° 2 . . . . .     | 3.300  |
| Compteur n° 3 . . . . .     | 10.000 |
| Compteur n° 4 . . . . .     | 4.200  |
| Compteur n° 5 . . . . .     | 2.800  |
| Compteur n° 6 . . . . .     | 1.200  |

Ces compteurs supposés réglés comme il a été dit précédemment (page 17) retardent tant que leur débit par heure n'atteint pas une valeur voisine de 0,1 à 0,3 D. C., suivant les instruments. Aux débits supérieurs, les erreurs sont constantes à 1 0/0 près.

Au point de vue du démarrage, les compteurs du type A, de même que ceux des types B, C, et D commencent à fonctionner pour des débits très faibles moindres de 4 litres à l'heure; on a indiqué dans des tableaux (page 25) les débits de démarrage des compteurs à l'état neuf et à l'état usagé, nous prions le lecteur de bien vouloir s'y reporter.

*Compteurs B, C, D.* — Les compteurs des systèmes B, C, D ont des courbes de fonctionnement analogues; les erreurs en 0/0 importantes aux très faibles vitesses d'écoulement, décroissent jusqu'à un certain débit, variant de 0,01 D. C. à 0,1 D. C. suivant les systèmes et les individus, elles recommencent ensuite à croître jusqu'à un débit voisin de 0,4 D. C. à partir duquel elles deviennent sensiblement constantes. Ces courbes présentent donc un maximum, et si l'on veut régler les compteurs de façon que les erreurs soient les plus faibles possible aux débits supérieurs à 0,4 D. C. il faut se résigner à avoir des instruments comptant en plus aux débits compris entre 0,01 D. C. et 0,4 D. C. La raison de ce surcomptage a été donnée précédemment (page 11) et il semble que l'usage le fasse augmenter comme on peut le voir sur les courbes relevées après 1.000 et 2.000 heures de service.

Un des compteurs D, le compteur n° 1, dont le surcomptage après sa seconde période de fonctionnement avait paru anormal, a été ouvert et nettoyé; remis sur le banc d'essais après cette simple opération, on a constaté que le maximum de la courbe des erreurs s'était abaissé; la nouvelle courbe obtenue a été tracée sur l'épure en traits ponctués. On peut remarquer que le compteur n° 1 est le plus petit des compteurs du système D; il en est de même des compteurs n° 3 et 4

du système C, et des compteurs nos 1 et 6 du système B, qui semblent s'être comportés moins bien aux essais que les autres compteurs de même système. Ces écarts tiennent sans doute au fait que ces compteurs de très petit débit caractéristique (1500) sont destinés à servir de compteurs divisionnaires, et sont par suite établis dans des conditions différentes des autres qui sont des appareils de première prise.

Comme les essais d'endurance faits au Laboratoire ne pouvaient être prolongés indéfiniment et qu'une durée de 2.000 heures de travail est insuffisante pour mettre hors de service un compteur bien établi, il a paru intéressant de faire l'essai d'appareils posés depuis quelques années chez des particuliers.

Le Directeur des Travaux d'une grande ville de province a bien voulu envoyer au Laboratoire quelques compteurs pris au hasard parmi les instruments en service normal; les résultats des essais ont montré que ces compteurs ont besoin d'être suivis et revus fréquemment; en effet un compteur à piston du système D portant la date « 1901 » essayé en 1905 a démarré aux essais à un débit de 30 litres à l'heure (1).

Un autre compteur plus ancien, s'est encore plus mal comporté.

Nous ajouterons d'ailleurs, qu'aucun compteur, à quelque système qu'il appartienne, ne peut être abandonné à lui-même, et que des visites et des réparations sont toujours nécessaires.

### Compteurs à piston rotatif

Ces compteurs sont de plusieurs sortes : les compteurs à piston disque, qui se font à disque plan ou à disque conique, avec le sommet du cône dirigé vers le fond de la boîte ou vers le haut, — et les compteurs à piston cylindrique.

Nous donnons d'une part les résultats des essais de deux types de compteurs à disque plan et d'un type de compteur à piston cylindrique (planche III et légende page 26), et d'autre part les résultats des essais de trois types de compteurs à disque conique (planche IV et légende page 27). Nous désignons ces compteurs par les lettres E, F, G, H, K, L.

Les courbes d'erreurs de ces divers instruments essayés à l'état neuf, sont presque des lignes droites pour les débits supérieurs à 0,06 D. C. environ; de 0,06 à 0,3 D. C. les compteurs sont exacts, puis aux débits supérieurs ils retardent de 1 à 3 0/0 suivant les individus.

Les essais d'endurance montrent que les courbes d'erreurs conservent sensiblement la même allure, que les compteurs soient à l'état neuf ou à l'état usagé; quand la durée du service augmente, les courbes se déplacent sur l'épure vers les erreurs négatives, accusant un retard au comptage croissant, soit qu'il y ait usure de la boîte à disque par le piston en ébonite (2), soit que la rotation du

(1) On avait pris la précaution de faire fonctionner le compteur au laboratoire pendant un temps convenable avant de procéder aux essais.

(2) L'ébonite est un corps assez hétérogène et de composition très variable.

disque devienne plus difficile par suite de l'entraînement à travers la grille filtrante de matières en suspension dans l'eau ; quand ces matières passent entre le disque et les parois de la boîte, elles produisent une dureté dans la rotation qui augmente les fuites.

Il importe que le disque soit parfaitement guidé dans son mouvement et qu'il existe un très léger jeu entre lui et les parois de la boîte ; il ne faut pas oublier en effet que pour 1 mètre cube d'eau qui passe dans le compteur, le piston fait un grand nombre de tours. A titre d'exemple, le compteur à disque plan du système F n° 4 dont le débit caractéristique est de 3.200 litres à l'heure, a un volume sensiblement égal à 1 décilitre ; son disque fait 10.000 révolutions par m<sup>3</sup> d'eau qui passe. Cela représente 6.400.000 révolutions pour les 640 m<sup>3</sup> ayant traversé le compteur à la fin de son second essai d'endurance.

Il n'est pas étonnant, d'après ce qui précède, que la limite d'inertie des compteurs à disque se modifie avec l'usage ; encore cette modification n'est-elle pas très considérable — à peine quelques litres — après 2.000 heures de service continu. Il est arrivé néanmoins au cours des essais que des compteurs se soient montrés particulièrement rebelles au démarrage, ne commençant à fonctionner que pour un débit de 50 ou 60 litres à l'heure ; il a suffi en général de laisser couler l'eau pendant un temps plus ou moins long pour remettre le compteur dans son état normal ; la fuite était due à une dureté passagère du disque, causée comme nous l'avons dit plus haut par des impuretés de l'eau.

### Compteurs de vitesse

Les courbes d'erreurs des bons compteurs de vitesse sont en général analogues à celles des compteurs de volume à mouvement alternatif (planche V et légende page 28 ; résultats des essais des compteurs K et L) ; toutefois les débits de démarrage sont souvent plus élevés ; l'usure après 2.000 heures de fonctionnement n'est pas assez grande pour modifier sensiblement l'allure des courbes.

Les essais ont porté sur des types de valeurs très différentes, ainsi qu'en témoignent les courbes obtenues ; les instruments du système K par exemple sont très stables et ont une limite d'inertie normale tandis que les instruments du système M. ne commencent à fonctionner que pour des débits déjà grands et présentent des erreurs élevées. Le compteur K n° 3 dont le débit caractéristique est de 1.200 litres démarre à trois litres à l'heure, quand il est neuf, à 4 litres après 1.000 heures de service et à 9 litres après 2.000 heures ; ses erreurs sont comprises entre 0 et 3 0/0 à partir d'un débit égal à 0,03 D. C. Le compteur K n° 2 s'est rodé par l'usage et sa limite d'inertie s'est abaissée de 20 à 18 et 14 litres à l'heure ; le compteur K n° 6 s'est amélioré également ; on peut en dire autant du compteur L n° 2 dont la limite d'inertie a passé de 14 à 12 et 9 litres à l'heure après 2.000 heures de service. Des résultats analogues ont été

obtenus avec un nouveau compteur de vitesse dont les essais ne sont pas donnés ici ; la limite d'inertie de ce compteur, d'abord égale à 15 litres est tombée, à 5 litres après 1.000 heures de service.

Les bons compteurs de vitesse joignent à leur stabilité l'avantage d'un entretien facile, le remplacement d'une pièce usée pouvant se faire sans qu'il soit nécessaire de remanier l'ensemble de l'instrument.

#### Remarques générales relatives aux essais des différents types de compteurs

On peut faire, à propos de l'étude qui précède, les remarques générales suivantes : Dans tout essai d'endurance de compteur il y a lieu de distinguer deux périodes ; pendant la première les divers organes en contact se rodent, les engrenages deviennent plus doux, les glaces des tiroirs se polissent, bref les compteurs conservent leurs qualités et quelquefois même voient leur sensibilité au démarrage s'améliorer ; la seconde période commence avec l'usure : les pivots et les engrenages prennent du jeu, les joints perdent leur étanchéité, les fuites augmentent ; l'exactitude et la sensibilité au démarrage des compteurs vont en décroissant.

On ne saurait oublier, ainsi que nous l'avons déjà dit, que les conditions de l'usage ont une influence prépondérante sur la conservation des qualités des instruments, et qu'on ne saurait prévoir d'une façon précise au bout de combien de temps de service les compteurs se trouveront dans la période d'usure et quelle sera l'altération qu'ils subiront.

En ce qui concerne les essais d'endurance faits au Laboratoire, nous sommes amenés à énoncer les remarques suivantes :

1<sup>o</sup> *Compteurs de volume à piston à mouvement alternatif.* — Les débits de démarrage sont de quelques litres et se maintiennent après 2.000 heures de fonctionnement continu à petite allure ; les erreurs aux grands débits ne varient pas ; aux faibles débits usuels les compteurs tendent à surcompter.

2<sup>o</sup> *Compteurs de volume à piston rotatif.* — Les débits de démarrage, de quelques litres à l'état de neuf, augmentent en général après 2.000 heures de service continu à petite allure, en restant toutefois très faibles ; les erreurs ne varient pas sensiblement.

3<sup>o</sup> *Compteurs de vitesse.* — Les débits de démarrage des compteurs usuels de vitesse bien établis sont compris entre 4 et 20 litres à l'heure, et sont relativement constants ; ils diminuent parfois dans les premiers temps d'usage. Les erreurs aux débits usuels, même faibles, ne varient pas sensiblement après 2.000 heures de service à petite allure.

## CONCLUSIONS

En résumé cette étude a montré que les compteurs usuels pouvaient être divisés en deux groupes :

1° Ceux pour lesquels le démarrage se produit pour des débits très faibles, de quelques litres à l'heure ;

2° Ceux pour lesquels ce démarrage nécessite des écoulements deux ou trois fois plus grands.

Ce groupement répond nettement à deux besoins distincts. Un vendeur a toujours intérêt à mesurer aussi exactement que possible l'eau qu'il délivre et fait payer au volume, mais son intérêt bien compris est aussi d'avoir des instruments peu sensibles à l'usure ; celle-ci se traduit en effet par une perte au comptage qui peut, dans certains cas, être très importante et rester longtemps inaperçue, surtout dans les villes de province, où la vérification des compteurs posés chez les habitants n'est pas toujours faite très régulièrement ; or il est à remarquer que les compteurs de volume qui rentrent presque tous dans le premier groupe peuvent être dans certains cas moins avantageux à ce point de vue que les compteurs de vitesse qui rentrent en majorité dans le second. Ceux-ci n'ont en effet pas de joints et sont moins sensibles que les premiers à l'action d'une eau chargée de particules solides, telles surtout les eaux des montagnes fournies par les rivières torrentielles.

Dans chaque cas particulier, les intéressés choisiront un compteur de l'un ou l'autre groupe, en se basant sur la qualité de l'eau distribuée et sur les conditions de la vente de cette eau. Ainsi ils auront besoin de compteurs sensibles lorsque la distribution sera faite uniquement au compteur, à des prix élevés atteignant et même dépassant parfois 1 franc le mètre cube, et d'appareils moins sensibles lorsque la distribution comportera un abonnement fixe donnant droit à un certain volume d'eau, et qu'il ne s'agira que de faire payer l'excédent à un prix modique de 0 fr. 10 par exemple. Mais quel que soit leur choix, ils ne sauraient trop se méfier des instruments construits sans soin ; l'étude qui a été faite a permis d'énoncer les conditions de sensibilité et de précision minimum, que réalisent les compteurs bien établis de l'un ou l'autre groupe dans l'état actuel de la fabrication ; nous allons les résumer brièvement pour chacun des deux groupes précités.

1° Groupe A.

Les appareils étant supposés réglés de la manière la plus favorable :

a) D'une manière générale, les erreurs positives ou négatives n'ont pas été supérieures à 3 o/o du volume d'eau écoulé.

b) Toutefois pour les débits inférieurs aux deux centièmes et demi du débit caractéristique (0,025 D. C.), les erreurs horaires positives ou négatives, supé-

rieures à la limite de 3 o/o, n'ont pas dépassé 4 litres à l'heure pour les compteurs de débit caractéristique inférieur à 6666, et 0,0006 D. C. pour les compteurs plus puissants.

c) Le résultat des essais d'endurance a été tel, qu'au bout d'une première période de fonctionnement, l'erreur horaire n'a pas dépassé deux fois la limite de l'alinéa b, et trois fois cette valeur au bout d'une seconde période de fonctionnement (1).

2<sup>o</sup> Groupe B.

Les compteurs étant supposés réglés de la manière la plus favorable :

a) D'une manière générale les erreurs positives ou négatives n'ont pas dépassé 3 o/o du volume d'eau écoulé.

b) Toutefois pour des débits inférieurs à 0,025 D. C. ou au minimum à 35 litres par heure, les erreurs horaires positives ou négatives, supérieures à la limite de 3 o/o, n'ont pas dépassé 15 litres à l'heure pour les compteurs de débit caractéristique inférieur à 2.500, et 0,006 D. C. pour les compteurs plus puissants.

c) Le résultat des essais d'endurance a été tel qu'au bout d'une première période, les erreurs horaires n'ont pas été supérieures à une fois et demie celle prévue à l'alinéa a, et à deux fois cette limite au bout d'une deuxième période.

Nous espérons que cette longue étude pourra rendre quelque service aux municipalités ayant à se préoccuper de l'achat des compteurs d'eau, soit en leur servant de guide pour l'élaboration toujours délicate des cahiers des charges, soit simplement en les aidant à se reconnaître au milieu de la multiplicité sans cesse croissante des modèles de compteurs d'eau.

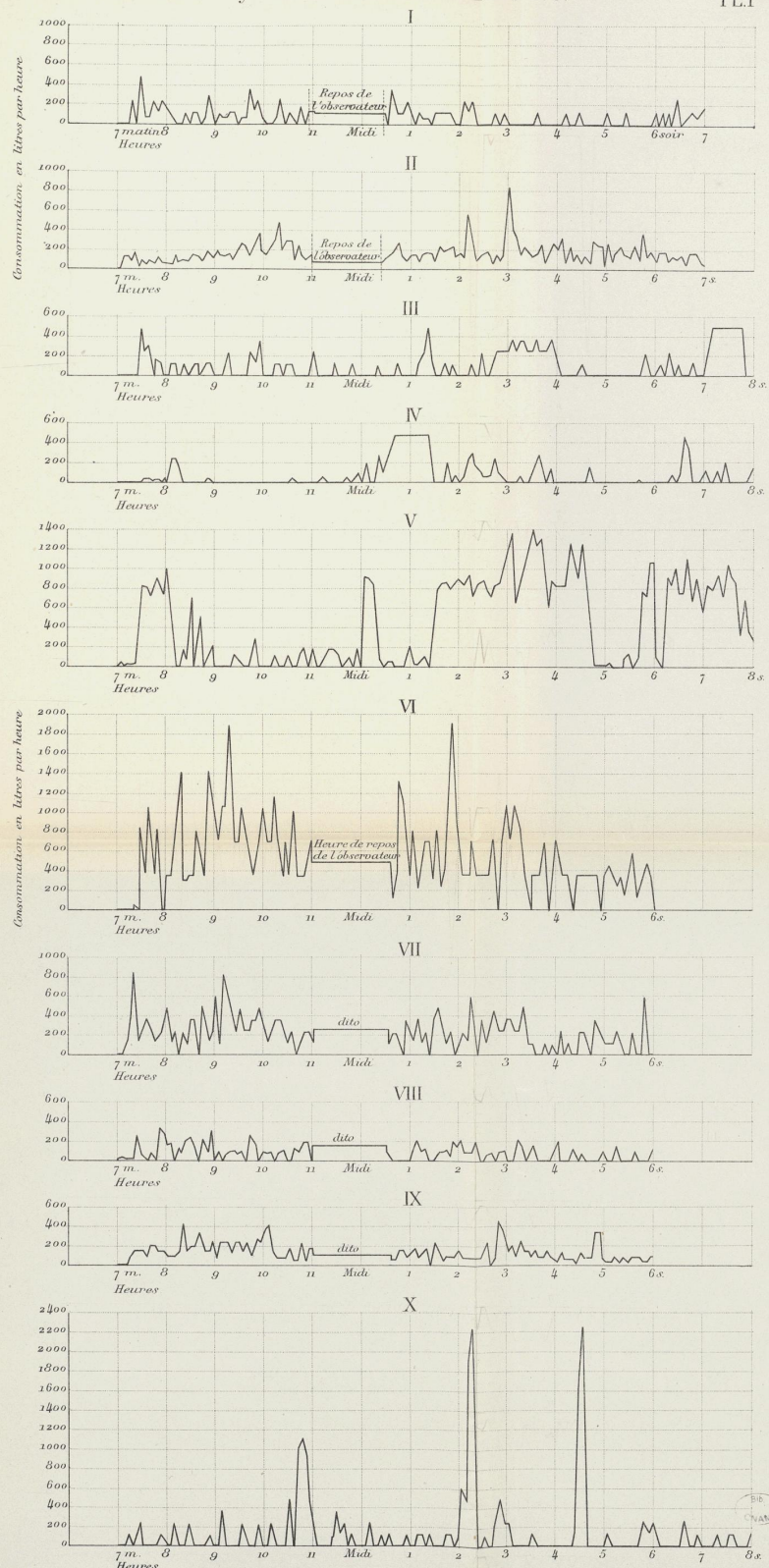
---

(1) On entend par période de fonctionnement une durée de 1.000 heures environ pendant chacune desquelles le compteur débiterait sensiblement un nombre de litres égal au dixième de son débit caractéristique exprimé en litres.

Légende de la Planche 1

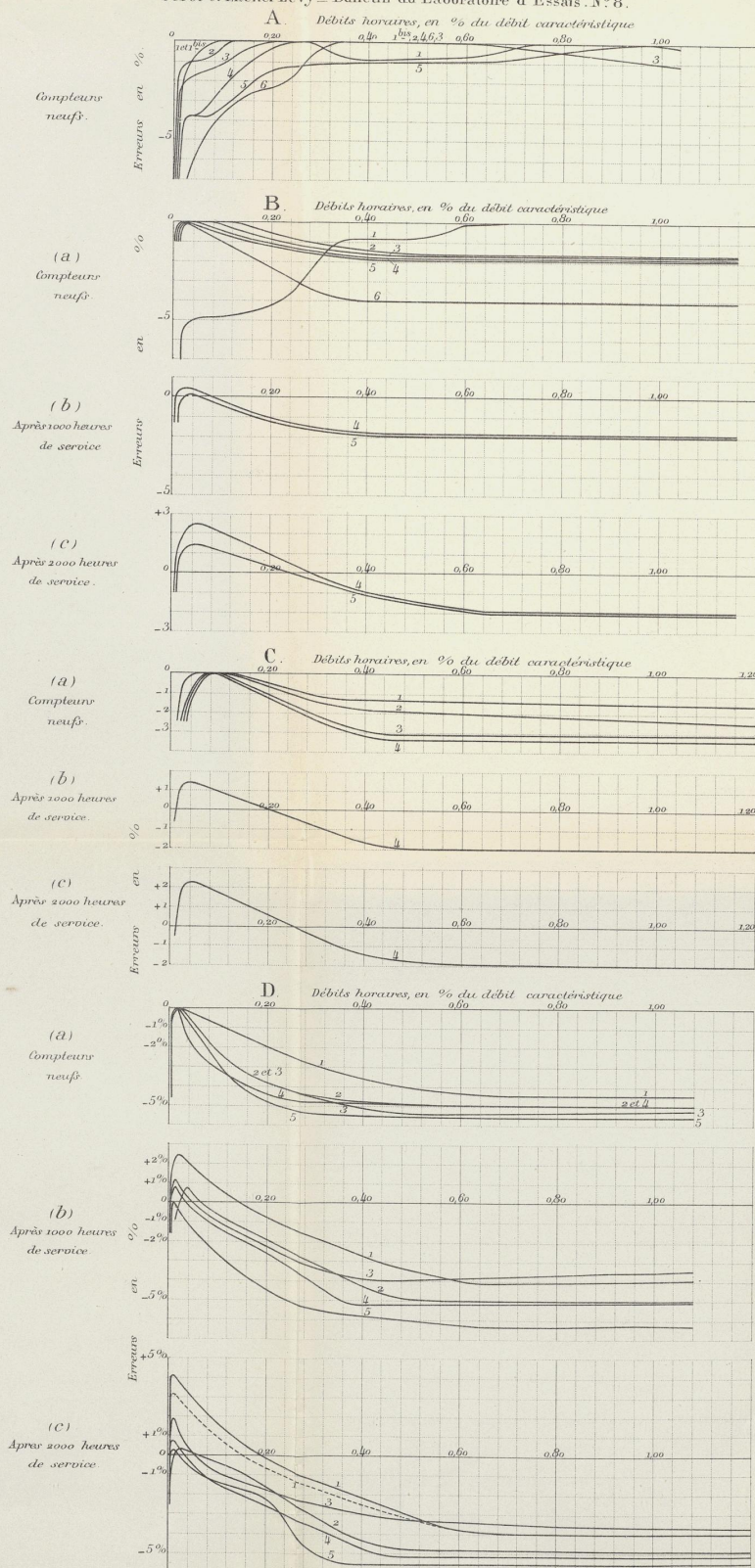
| Numéro de la courbe | Nombre d'étages de la maison de rapport où l'on a relevé les indications du compteur | Nombre d'appartements de la maison | Nombre d'habitants de la maison | Système auquel appartient le compteur | Débit caractéristique du compteur | Mois où le relevé a été fait | Jour où le relevé a été fait |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| 1                   | 5                                                                                    | 14                                 | 30                              | Volumétrique système D                | 4.400                             | Mai                          | Jour de semaine              |
| 2                   | 3                                                                                    | 6                                  | 45                              | id.                                   | 2.700                             | id.                          | id.                          |
| 3                   | »                                                                                    | »                                  | 10                              | id.                                   | 4.400                             | id.                          | id.                          |
| 4                   | »                                                                                    | »                                  | 12                              | Volumétrique à disque                 | 4.000                             | Avril                        | id.                          |
| 5                   | »                                                                                    | »                                  | 45                              | Volumétrique système D                | 4.800                             | Avril                        | id.                          |
| 6                   | 6                                                                                    | 37                                 | 150                             | id.                                   | 13.000                            | Avril                        | id.                          |
| 7                   | 5                                                                                    | 34                                 | 75                              | id.                                   | 6.300                             | Avril                        | id.                          |
| 8                   | 5                                                                                    | 14                                 | 30                              | id.                                   | 4.400                             | Mars                         | Jour de mi-carême            |
| 9                   | 3                                                                                    | 6                                  | 45                              | id.                                   | 2.700                             | Mars                         | id.                          |
| 10                  | »                                                                                    | »                                  | 16                              | id.                                   | 6.300                             | Avril                        | Jour de semaine              |

Les courbes 1 et 8 ont été relevées dans la même maison un jour de semaine et un jour férié.  
De même les courbes 2 et 9.



Ch. Béranger, Editeur, 15, Rue des Sts Pères à Paris.

Imp. Monroey 3, Rue Saint-Pierre.



Ch. Béranger, Editeur, 15, Rue des S<sup>ts</sup> Pères à Paris.

Ed. Oberlin.  
Imp. Mowocq 3, Rue Vierge Paris.

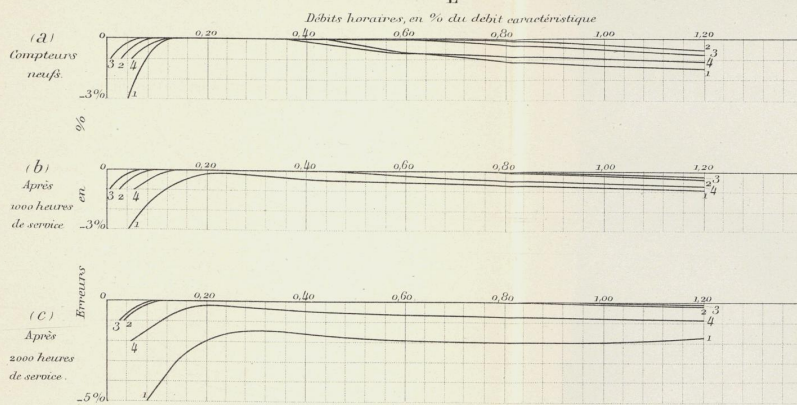
Planche 2

| Numéro<br>du<br>compteur | Débit<br>de<br>démarrage | Débit<br>carac-<br>téristique | Numéro<br>du<br>compteur | Débit<br>de<br>démarrage | Débit<br>carac-<br>téristique |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------|
|                          | Litres<br>par heure      | Litres<br>par heure           |                          | Litres<br>par heure      | Litres<br>par heure           |
| <b>A</b>                 |                          |                               | <b>C</b>                 |                          |                               |
| (a) 1                    | 2                        | 1,070                         | (a) 1                    | 1                        | 3,700                         |
| 1 b                      | 2                        | 1,530                         | 2                        | 3                        | 6,900                         |
| 2                        | 3                        | 3,300                         | 3                        | 1                        | 1,200                         |
| 3                        | 2                        | 10,000                        | 4                        | 2,5                      | 1,200                         |
| 4                        | 2                        | 4,200                         | (b) 4                    | 3                        | 1,200                         |
| 5                        | 4                        | 2,800                         | (c) 4                    | 3                        | 1,200                         |
| 6                        | 2                        | 1,200                         |                          |                          |                               |
| <b>B</b>                 |                          |                               | <b>D</b>                 |                          |                               |
| (a) 1                    | 8                        | 1,500                         | (a) 1                    | 1                        | 1,800                         |
| 2                        | 3                        | 7,500                         | 2                        | 2                        | 13,300                        |
| 3                        | 3                        | 3,700                         | 3                        | 1                        | 4,400                         |
| 4                        | 1                        | 1,450                         | 4                        | 1                        | 2,700                         |
| 5                        | 1                        | 1,500                         | 5                        | 1                        | 6,300                         |
| 6                        | 1                        | 1,500                         | (b) 1                    | 2                        |                               |
| (b) 4                    | 1                        |                               | 2                        | 2                        |                               |
| 5                        | 1                        |                               | 3                        | 2                        |                               |
| (c) 4                    | 1                        |                               | 4                        | 1                        |                               |
| 5                        | 1                        |                               | 5                        | 1                        |                               |
|                          |                          |                               | (c) 1                    | 3                        |                               |
|                          |                          |                               | 2                        | 3                        |                               |
|                          |                          |                               | 3                        | 2                        |                               |
|                          |                          |                               | 4                        | 2                        |                               |
|                          |                          |                               | 5                        | 1                        |                               |

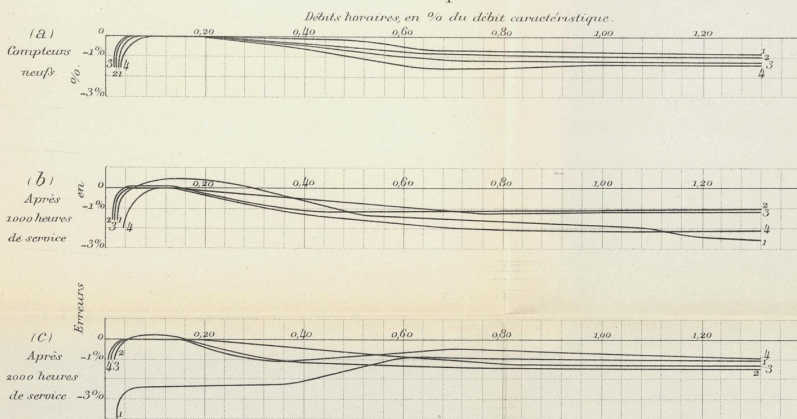
Planche 3

| Numéro<br>du<br>compteur | Débit<br>de<br>démarrage | Débit<br>carac-<br>téristique | Numéro<br>du<br>compteur | Débit<br>de<br>démarrage | Débit<br>carac-<br>téristique |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------|
|                          | Litres<br>par heure      | Litres<br>par heure           |                          | Litres<br>par heure      | Litres<br>par heure           |
| <b>E</b>                 |                          |                               | (b) 1                    | 2                        |                               |
| (a) 1                    | 1                        | 2,500                         | 2                        | 5                        |                               |
| 2                        | 1                        | 4,800                         | 3                        | 3                        |                               |
| 3                        | 3                        | 6,600                         | 4                        | 5                        |                               |
| 4                        | 1                        | 3,600                         | (c) 1                    | 2                        |                               |
| (b) 1                    | 3                        |                               | 2                        | 5,5                      |                               |
| 2                        | 1                        |                               | 3                        | 3                        |                               |
| 3                        | 4,5                      |                               | 4                        | 5,5                      |                               |
| 4                        | 2,5                      |                               |                          |                          |                               |
| (c) 1                    | 24                       |                               | <b>G</b>                 |                          |                               |
| 2                        | 3                        |                               | (a) 1                    | 5                        | 1,500                         |
| 3                        | 7,5                      |                               | 2                        | 4                        | 2,500                         |
| 4                        | 3,5                      |                               | (b) 1                    | 7                        |                               |
| <b>F</b>                 |                          |                               | 2                        | 8                        |                               |
| (a) 1                    | 1                        | 2,000                         | (c) 1                    | 7                        |                               |
| 2                        | 5                        | 5,500                         | 2                        | 20                       |                               |
| 3                        | 3                        | 4,200                         |                          |                          |                               |
| 4                        | 2                        | 3,200                         |                          |                          |                               |

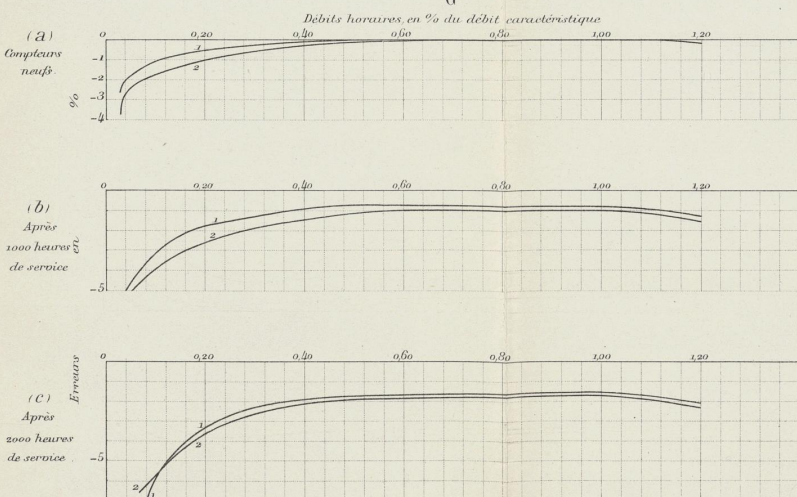
E



F



G



Ch. Béranger, Editeur, 15, Rue des Sts Pères à Paris.

Imp. Morency, 3, Rue Nizet, Paris.

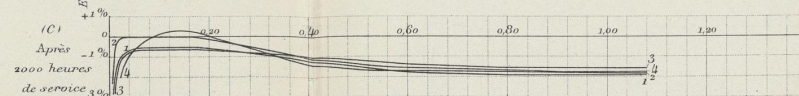
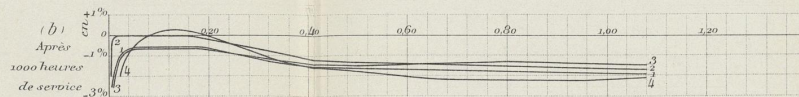
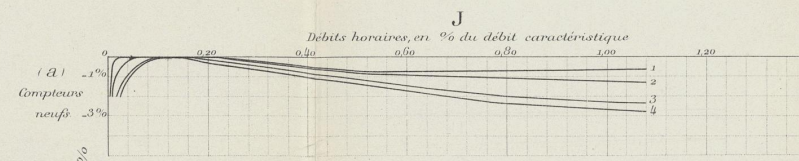
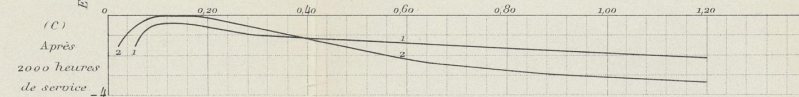
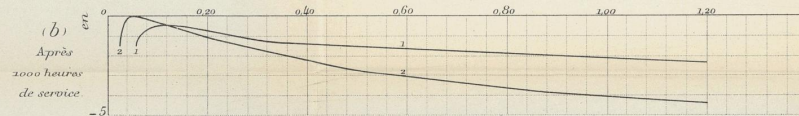
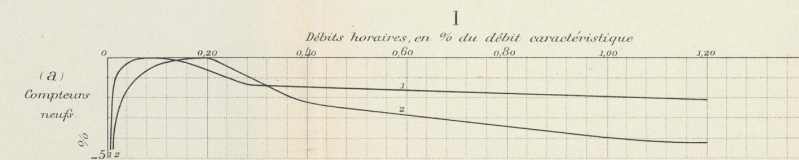
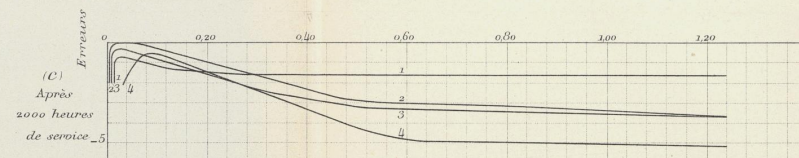
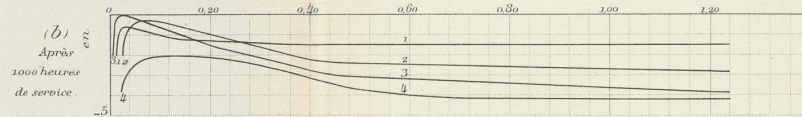
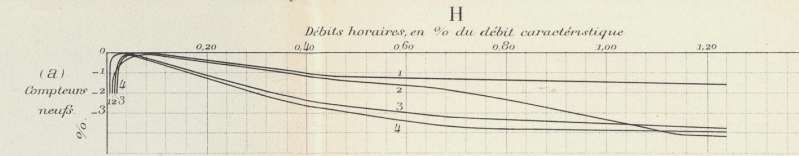


Planche 4

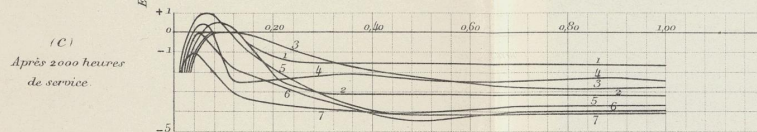
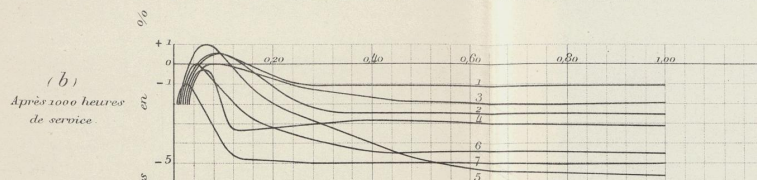
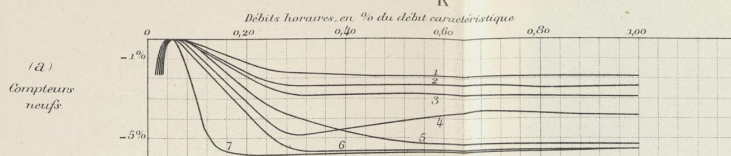
| Numéro<br>du<br>compteur | Débit<br>de<br>démarrage | Débit<br>carac-<br>téristique | Numéro<br>du<br>compteur | Débit<br>de<br>démarrage | Débit<br>carac-<br>téristique |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------|
|                          | Litres<br>par heure      | Litres<br>par heure           |                          | Litres<br>par heure      | Litres<br>par heure           |
| <b>H</b>                 |                          |                               | (b) 1                    | 8                        |                               |
|                          |                          |                               | 2                        | 5                        |                               |
| (a) 1                    | 1                        | 7.300                         | (c) 1                    | 11                       |                               |
| 2                        | 1                        | 2.650                         | 2                        | 5                        |                               |
| 3                        | 1                        | 4.500                         |                          |                          |                               |
| 4                        | 2                        | 1.780                         | <b>J</b>                 |                          |                               |
| (b) 1                    | 3                        |                               | (a) 1                    | 1,5                      | 6.900                         |
| 2                        | 2                        |                               | 2                        | 1                        | 4.100                         |
| 3                        | 2                        |                               | 3                        | 1                        | 1.600                         |
| 4                        | 5                        |                               | 4                        | 1                        | 3.200                         |
| (c) 1                    | 4                        |                               | (b) 1                    | 1,5                      |                               |
| 2                        | 2                        |                               | 2                        | 1                        |                               |
| 3                        | 2                        |                               | 3                        | 1                        |                               |
| 4                        | 5                        |                               | 4                        | 1                        |                               |
| <b>I</b>                 |                          |                               | (c) 1                    | 2,5                      |                               |
| (a) 1                    | 3                        | 3.600                         | 2                        | 1                        |                               |
| 2                        | 2,5                      | 2.000                         | 3                        | 2                        |                               |
|                          |                          |                               | 4                        | 2                        |                               |

Planche 5

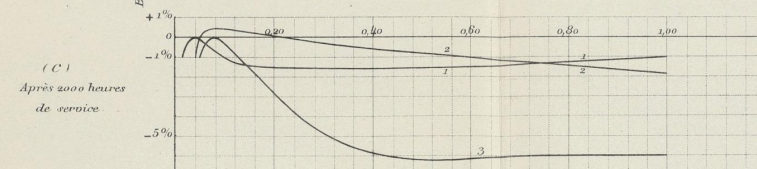
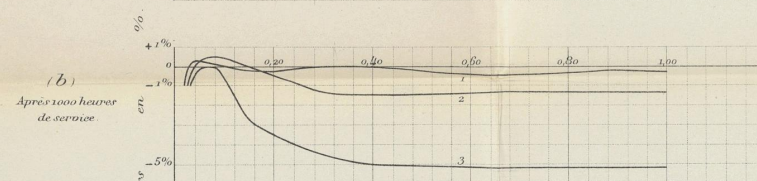
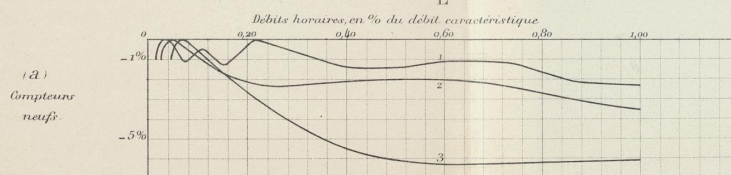
| Numéro<br>du<br>compteur | Débit<br>de<br>démarrage | Débit<br>carac-<br>téristique | Numéro<br>du<br>compteur | Débit<br>de<br>démarrage | Débit<br>carac-<br>téristique |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------|
|                          | Litres<br>par heure      | Litres<br>par heure           |                          | Litres<br>par heure      | Litres<br>par heure           |
| <b>K</b>                 |                          |                               | 5                        | 30                       |                               |
| (a) 1                    | 32                       | 11.500                        | 6                        | 13                       |                               |
| 2                        | 20                       | 2.400                         | 7                        | 30                       |                               |
| 3                        | 3                        | 1.200                         | <b>L</b>                 |                          |                               |
| 4                        | 9                        | 4.100                         | (a) 1                    | 20                       | 3.300                         |
| 5                        | 27                       | 6.900                         | 2                        | 14                       | 1.900                         |
| 6                        | 15                       | 2.200                         | 3                        | 8                        | 1.400                         |
| 7                        | 24                       | 4.800                         | (b) 1                    | 20                       |                               |
| (b) 1                    | 50                       |                               | 2                        | 12                       |                               |
| 2                        | 18                       |                               | 3                        | 12                       |                               |
| 3                        | 4                        |                               | (c) 1                    | 18                       |                               |
| 4                        | 21                       |                               | 2                        | 9                        |                               |
| 5                        | 27                       |                               | 3                        | 19                       |                               |
| 6                        | 12                       |                               | <b>M</b>                 |                          |                               |
| 7                        | 24                       |                               | (a) 1                    | 60                       | 900                           |
| (c) 1                    | 50                       |                               | 2                        | 17                       | 310                           |
| 2                        | 14                       |                               | (b) 1'                   | 60                       | 900                           |
| 3                        | 9                        |                               |                          |                          |                               |
| 4                        | 20                       |                               |                          |                          |                               |



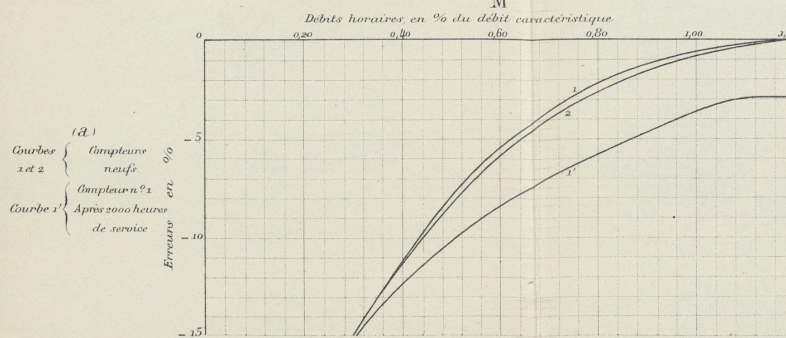
K



L

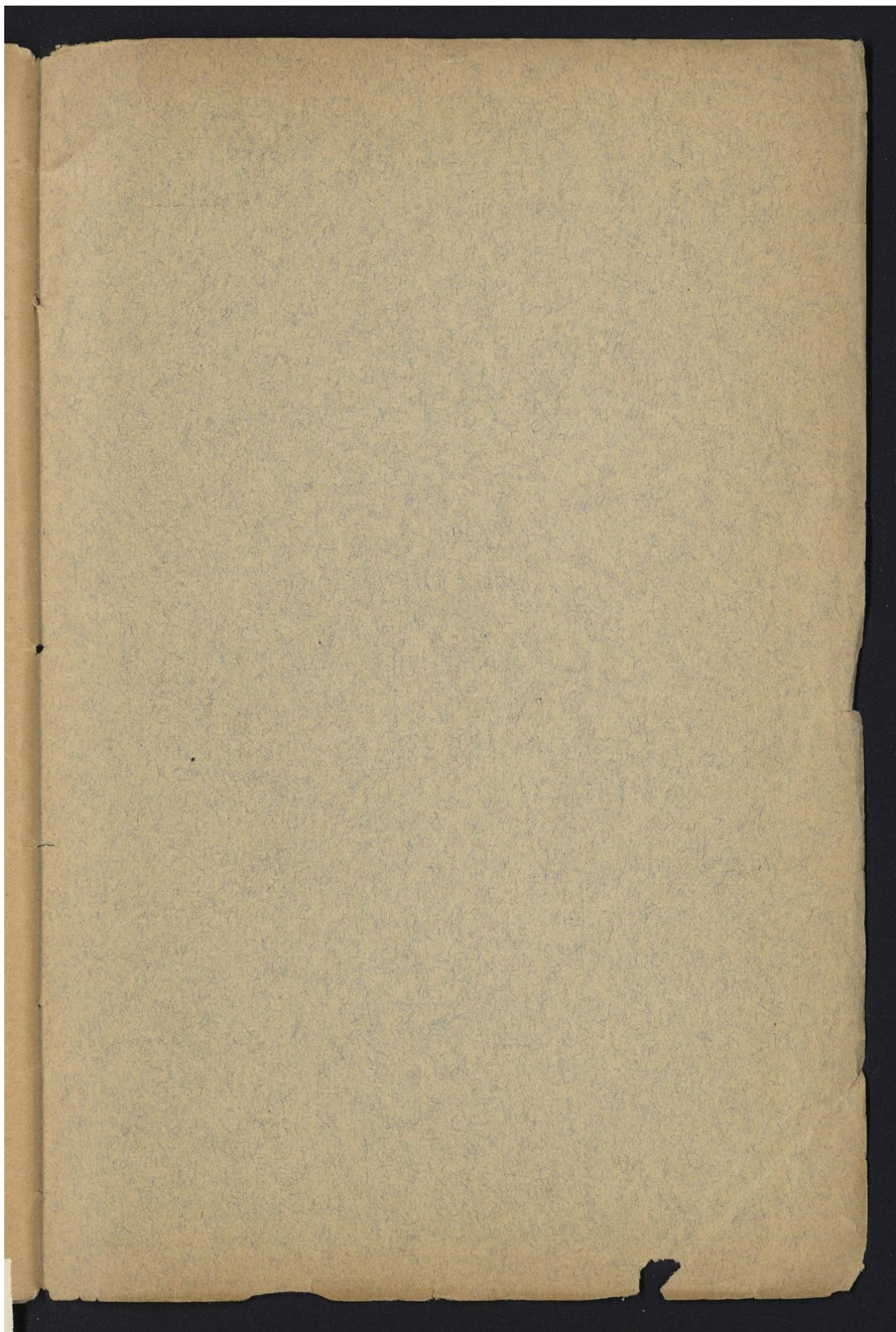


M



Ch. Béranger, Editeur, 15, Rue des Sts Pères à Paris.

Imp. Monrocy, 3, Rue Suger, Paris.



Droits réservés au [Cnam](#) et à ses partenaires

Librairie Polytechnique Ch BÉRANGER, Editeur  
Successeur de BAUDRY & C<sup>ie</sup>  
PARIS, RUE DES SAINTS-PÈRES, 45. — LIÈGE, RUE DE LA RÉGENCE, 21

BULLETIN DU LABORATOIRE D'ESSAIS

## MÉCANIQUES, PHYSIQUES, CHIMIQUES ET DE MACHINES

DU

CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET MÉTIERS

*Le Bulletin ne sera pas périodique, il paraîtra par fascicules détachés*

### Organisation et outillage du laboratoire d'essais.

N° 1. Le laboratoire d'essais mécaniques, physiques, chimiques et de machines du conservatoire national des Arts et Métiers, son organisation, son outillage, par A. PÉROT, directeur du Laboratoire. 1 brochure in-8° . . . . . 1 fr. 50

### Rapport du Congrès de Berlin, juin 1903.

N° 2 Extrait du rapport de mission donnée au chef de la section des matériaux de construction au Congrès de chimie de Berlin (juin 1903). — I. Laboratoires d'essais. — II. Fabrication du ciment par fours rotatifs. Description de deux usines. — III. Filtre Beeth. — IV Essais de ciment de fours rotatifs. — V. Sur un procédé simple et rapide permettant de différencier une chaux grasse d'une chaux hydraulique, par E. LEDUC, chef de la Section des matériaux de construction au laboratoire d'essais. Une brochure in-8, contenant des figures dans le texte et 4 planches hors texte. . . . . 4 fr.

### Action de l'eau de mer sur les mortiers.

N° 3. Action de l'eau de mer sur les mortiers, par E. LEDUC, chef de la section des matériaux de construction. Une brochure in-8°. . . . . 1 fr. 50

### Métaux ferreux.

N° 4. Contribution à l'étude des relations qui existent entre les effets des sollicitations lentes et ceux des sollicitations vives dans le cas des métaux ferreux (barreaux lisses et barreaux entaillés), par P. BREUIL, chef de la section des métaux du laboratoire d'essais. 1 brochure in-8°. . . . . 12 fr.

### Nouveau système de longueurs d'ondes étalons.

N° 5. Rapport sur la nécessité d'établir un nouveau système de longueur d'ondes étalons, présenté au nom de la Société française de Physique au Congrès international de physique de l'Exposition de Saint-Louis, par A. PÉROT et FABRY. 1 brochure in-8°. . . . . 0 fr. 75

### Essais des huiles de pétrole.

N° 6. Essais mécaniques des huiles de pétrole ou autres, effectués au laboratoire d'essais du Conservatoire National des Arts et Métiers de Paris, par P. BREUIL. Une brochure in-8° avec figures et tableaux d'essais . . . . . 2 fr.

### Perte de chaleur des enveloppes calorifuges.

N° 7 Manière de mesurer les pertes de chaleur des enveloppes calorifuges. Quelques résultats d'essais faits au Laboratoire par BOYER-GUILLON, chef de la section des machines et MM. AUCLAIR et LAEDLEIN, assistants. Une brochure in-8° avec deux planches . . . . . 2 fr.