

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).

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 - http://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

Auteur(s)	Muller, Emile (1823-1889)
Adresse	[Paris] : [J. Dejeu et Cie], [1880]
Collation	1 vol. (71 p., [9] f. de tabl., 12 pl. gr. dépl.) ; 32 cm
Nombre de vues	95
Cote	CNAM-BIB 4 LE 184
Sujet(s)	Approvisionnement en eau -- Manuels d'enseignement -- 19e siècle
Thématique(s)	Construction
Typologie	Ouvrage
Note	Date d'après le tampon d'entrée dans les collections. Éditeur trouvé sur les p. de planches
Langue	Français
Date de mise en ligne	11/06/2021
Date de génération du PDF	26/11/2021
Permalien	http://cnum.cnam.fr/redir?4LE184



4^o Le 184

Notes du Cours
de Constructions civiles.

École Centrale des Arts et Manufactures.

Distribution des Eaux

Professeur: E. Muller.

Détails pratiques

sur la

Distribution des Eaux.



Introduction.



Dans tous les pays où les populations sont agglomérées, on les trouve généralement établies dans les vallées, ou au moins dans les localités où elles ont pu se procurer facilement l'eau nécessaire à leurs besoins. On voit au contraire que les populations sont restées nomades dans les contrées où les eaux sont rares ou manquent totalement à certaines époques de l'année, et que le désert s'étend sur les sables arides où l'eau manque totalement.

On s'est d'abord contenté des eaux que l'on puisait dans les rivières, dans les sources, dans la nappe souterraine atteinte par des puits creusés dans le sol; mais au fur et à mesure que le bien-être s'est accru, que l'industrie s'est développée, on a senti l'avantage d'avoir les eaux à sa portée, et depuis longtemps, dans les localités où, à peu de distance des lieux habités, il existait des sources assez élevées pour y être amenées par leur pente naturelle, on a exécuté les ouvrages nécessaires pour faire arriver les eaux au centre même des villes ou des villages, et y alimenter des fontaines à écoulement continu.

Maintenant on ne se contente plus de ces rares fontaines établies ordinairement au milieu des places publiques, où l'on vient puiser l'eau qu'elles fournissent plus ou moins abondamment. On fait des travaux considérables pour aller chercher au loin les eaux dont on a besoin; on les élève artificiellement quand leur niveau est trop bas et on ne recule devant aucune dépense pour les faire arriver jusque dans les habitations et les mettre ainsi à la disposition des consommateurs.

Nous allons essayer de donner une idée exacte des ouvrages à exécuter pour se procurer des eaux, pour les élever au besoin, pour les faire arriver sur tous les points où elles doivent être utilisées et enfin pour les distribuer jusque dans les habitations.

Chapitre 1^{er}

Divers moyens employés pour se procurer les eaux nécessaires à une distribution.

Les anciennes distributions d'eau ont été presque toujours alimentées par des sources ou par des cours d'eau naturellement disposés pour satisfaire à cette destination. Quelquefois cependant, surtout quand les besoins étaient faibles, on a créé des sources artificielles, en recueillant les eaux de la nappe souterraine. Tous ces moyens sont encore employés, mais dans beaucoup de distributions modernes, on a élevé artificiellement les eaux dont on avait besoin.

Nous allons successivement examiner les différents cas que nous venons d'indiquer.

Art. 1^{er} — Sources naturelles.

La condition la plus favorable à l'établissement d'une distribution d'eau est celle dans laquelle on se trouve quand, à peu de distance des points à alimenter, il existe un cours d'eau ou une source assez élevée pour dominer tous les orifices d'écoulement, et assez abondante pour fournir le volume d'eau dont on a besoin. Cette circonstance se rencontre rarement, mais cependant il y en a quelques exemples. Dans ce cas, si les eaux sont surabondantes, on n'a à

s'occuper que de l'étude des ouvrages les plus convenables pour les recueillir, les dériver, et en opérer la distribution. Mais si l'on ne dispose que du volume strictement nécessaire aux besoins, il faudra recueillir et accumuler les eaux dans un réservoir avant de les distribuer, afin d'utiliser celles qui, sans cela, seraient perdues pendant la nuit et même le jour pendant les intermittences du service.

La capacité des réservoirs placés dans une telle condition doit être calculée pour contenir le produit total des sources pendant douze heures au moins. Si l'on peut faire plus cela vaudra mieux encore, puisque l'on aura un plus grand approvisionnement d'eau dans la ville, pour subvenir aux besoins des habitants, en cas d'accident à l'aqueduc ou à la conduite d'amènée des eaux.

Les sources sont rarement voisines du lieu où elles doivent être utilisées; souvent elles en sont éloignées, et alors il faut les dériver pour en amener les eaux dans le voisinage de la localité qu'elles doivent alimenter.

Cette dérivation peut se faire par une ou plusieurs conduites soit par une rigole couverte ou découverte.

Le dernier mode, c'est-à-dire la rigole découverte n'est applicable qu'autant que l'on dispose d'une grande pente, et que le trajet à parcourir est faible, parce que, dans le cas contraire, l'eau s'échauffe et s'altère. Mais comme il arrive rarement qu'on puisse disposer d'une pente rapide, et qu'il faut, par dessus tout, distribuer des eaux pures, salubres et fraîches, si cela est possible, on est généralement conduit à préférer l'écoulement souterrain à l'écoulement à l'air libre.

Lorsque le volume est considérable de plus de 2,000 à 3,000^{m³} en 24 heures, on ne doit employer une conduite qu'exceptionnellement, par exemple quand on a une très-grande pente, parce qu'elle a le double inconvénient de coûter généralement plus cher qu'une rigole couverte, et d'exiger une pente plus considérable. Ainsi, à moins de circonstances exceptionnelles, les conduites ne doivent être adoptées que pour écouler un faible volume ou pour franchir, par un siphon renversé, les vallées que l'on rencontre sur le parcours d'un aqueduc maçonné et éviter ainsi ou un pont aqueduc, ou un contournement très-dispendieux.

Il sera question plus loin de l'écoulement de l'eau dans les conduites; quant à la disposition des rigoles, elle varie et avec le volume et avec l'importance de la distribution. Lorsqu'il s'agit de l'alimentation d'une grande et riche cité qui peut faire un sacrifice pour n'être jamais exposée à manquer d'eau, on doit disposer la rigole de manière que l'on puisse facilement la parcourir

pour la visiter et la réparer. La forme qui convient alors est celle des figures 1 et 2 (Pl. I), à moins que le sol ne soit argileux, car alors pour résister à la poussée, on doit adopter une forme elliptique ou circulaire (fig. 6) avec ou sans cunette.

Quand le volume est faible, ou quand, par un motif quelconque, on cherche à faire le travail très-économiquement, on réduit la largeur de l'aqueduc à celle de la cunette, et sa hauteur est calculée pour que, au moment des eaux les plus abondantes, leur surface n'atteigne pas les dalles de recouvrement ou la voûte.

Dans ces circonstances, si la largeur de la rigole est de $0^m,30$ ou $0^m,40$ au maximum, il y a souvent avantage à recouvrir la rigole avec des dalles formées de pierres plates dont on se borne à maçonner les joints pour empêcher les eaux d'infiltration, d'entraîner les terres dans la cunette. Fig. 3. La cunette peut s'exécuter en béton en employant des planches verticales pour soutenir les parois de la cunette pendant le pilonnage et jusqu'à la prise du mortier, et en appliquant un enduit sur les parements nus.

Les planches posées sur la couche de béton formant le radier et la fondation des piédroits peuvent être maintenues d'écartement par des entretoises dont les unes reposent sur le béton et les autres sont assemblées à queue d'aronde sur les planches.

On peut aussi (fig. 4) mouler en béton de ciment la cunette et le recouvrement et les mettre rapidement en place dans la tranchée après qu'elle a été parfaitement régularisée pour les recevoir. On réunit les différentes pièces avec du mortier de ciment. C'est ainsi que M^r Belgrand a construit l'aqueduc d'Avallon.

Mais si le volume à débiter exige une section de $0^m,60$ à $0^m,80$ sur $0^m,40$ à $0^m,50$ de profondeur d'eau, il y a avantage à recouvrir l'aqueduc par une voûte en plein cintre, et alors on peut quelquefois sans grande augmentation de dépense, porter sa hauteur sous clef à $0^m,90$ ou à $1^m,00$, afin que l'on puisse, à la rigueur, en mettant des botes d'égouttoir, circuler dans l'aqueduc. L'aqueduc de Dijon, construit par M^r Darcy vers 1840, est dans ce système - fig. 5.

La Ville de Paris a construit, en 1864, un aqueduc destiné à amener dans cette ville les eaux des sources de la Ouhis, petit ruisseau, affluent du Surnelin qui tombe lui-même dans la Marne à peu de distance de Château-Labry. Cet aqueduc est exécuté en maçonnerie de meulière

et ciment romain de 0,20 seulement d'épaisseur. Il a l'inconvénient de ne pouvoir être visité même en bateau. - Fig. 6.

Quelles que soient la forme et les dimensions d'un aqueduc souterrain exécuté en maçonnerie, on doit s'attacher particulièrement: 1° à le fonder solidement de manière à éviter les tassements qui occasionneraient des lézardes, 2° à revêtir avec un enduit très-soigneusement exécuté, le radier et les parois de la cunette destinée à contenir les eaux, 3° à n'exécuter l'enduit qu'après l'exécution de la voûte et quand la température dans l'intérieur de l'aqueduc est la même que celle des eaux à y écouler. Il faut avoir soin de préparer d'avance des moyens faciles pour descendre dans l'aqueduc. On exécute pour cela, soit des regards élevés au-dessus du sol avec des escaliers qui descendent jusqu'au niveau de la banquette (fig. 7, 8 et 9) soit simplement et quelquefois concurremment, des cheminées. Ces cheminées, de forme carrée, s'exécutent en surhaussant les piédroits et en élevant sur la voûte deux murs verticaux de part et d'autre du ride que l'on a ménagé dans cette voûte sur une longueur de 0^m,80 ou de 1^m,00 (fig. 11 et 12). Ce ride est recouvert d'une dalle que l'on charge de 0^m,30 à 0^m,40 de terre, et dont on indique la position par une borne.

Il est très-utile de placer ces cheminées et les bornes qui en font connaître les emplacements aux angles que présente le plan de l'aqueduc, parce que ces bornes servent ainsi à indiquer la position de l'aqueduc et à rendre apparente la servitude exercée sur les fonds traversés.

Quelquefois on préfère placer les cheminées à côté de l'aqueduc parce que on peut examiner ce qui se passe dans cet aqueduc sans descendre dans l'eau (Fig. 13 et 14).

Pour déterminer les dimensions à donner à la cunette destinée à écouler les eaux, on se sert de la formule de de Prony, modifiée par Eytelwein.

$$RI = 0,000242651 V + 0,000365543 V^2$$

dans laquelle R est le rapport de la section d'écoulement à son périmètre mouillé,

I la pente par mètre,

V la vitesse moyenne de l'eau.

Si on nomme Q le volume à débiter, ω la section d'écoulement,

x le périmètre mouillé, cette formule deviendra la suivante:

$$\frac{\omega}{x} I = 0,0000242651 \frac{Q}{\omega} + 0,000365543 \frac{Q^2}{\omega^2}$$

Le problème à résoudre est évidemment indéterminé, puisque l'on n'a qu'une seule équation et trois inconnus I , ω et x ; on peut donc essayer diverses combinaisons pour arriver à celle qui est la plus favorable. Ordinairement la pente doit être réduite à son minimum, alors il convient de se donner la vitesse en la prenant la plus faible possible, c'est-à-dire $0^m 25$ à $0^m 30$ par seconde, afin de conserver à l'eau sa salubrité. La vitesse étant connue, on trouve dans les tables de Prony la valeur de RI correspondante, et on arrive facilement à trouver, par un court tâtonnement, la combinaison de pente et de rayon moyen qui convient le mieux à la localité dont on s'occupe.

Art. 2. — Sources artificielles.

On peut tirer parti des eaux souterraines pour former des sources artificielles dans les localités où il existe, à une profondeur plus ou moins considérable, une couche de terre argileuse imperméable, au-dessous ou au-dessus de laquelle les eaux d'infiltration sont retenues lorsque cette couche descend de lieux plus élevés.

Pour utiliser les eaux ainsi arrêtées par une couche d'argile, on emploie des moyens tout-à-fait différents suivant que les eaux se trouvent ou inférieures ou supérieures à l'argile. Dans le premier cas, c'est-à-dire quand les eaux de surface, après avoir pénétré dans le sol par infiltration, s'engagent sous une couche d'argile inclinée à l'horizon, on ne peut les obtenir à fleur du sol qu'autant que l'on perce artificiellement l'argile, de manière à offrir une issue à l'eau qui peut s'élever alors à la hauteur du point où elle s'est engagée sous l'argile, ce qui forme un puits artésien.

Dans le second cas, c'est-à-dire quand les eaux se trouvent arrêtées par une couche d'argile qui les retient à peu de profondeur au-dessous du sol, on profite de cette disposition pour les recueillir et les diriger vers les points où elles peuvent être utilisées.

Des puits artésiens. — Nous ne nous étendrons pas sur ce qui touche les puits artésiens, parce que l'art du fontainier artésien a été l'objet de publications spéciales, que, pour l'exercer il faut être muni d'un matériel

extrêmement considérable, que, par conséquent, les Ingénieurs qui s'occupent de ces industries peuvent seuls creuser ces puits et qu'ils ont sur ce sujet des notions pratiques et une expérience qui leur assurent le monopole de ces sortes de travaux.

Nous nous bornerons à adresser quelques conseils aux personnes qui auraient l'intention de se procurer de l'eau au moyen de sondages artésiens. Elles sont particulièrement intéressées à n'entreprendre une telle opération qu'avec une chance de succès, et à conserver les eaux qu'un forage leur a fait obtenir.

On n'a d'espoir d'obtenir des eaux artésiennes sur un point qu'autant qu'il existe, sous le bassin géologique où on les cherche, une couche d'argile qui, régnant sous une très-grande étendue de territoire, se relève graduellement, de manière à remonter jusques à fleur du sol et à traverser des cours d'eau ou des points plus élevés que celui où l'on se propose de ramener ces eaux au jour; on ne doit essayer des sondages que dans une localité ainsi placée géologiquement, parce que ce n'est que dans cette position qu'on a des chances de succès. Toutefois, on doit faire remarquer que jusques à présent les forages faits dans les terrains jurassiques n'ont donné que des résultats insignifiants. C'est sous l'argile plastique des terrains tertiaires et dans le gault des terrains secondaires que l'on a obtenu les volumes d'eau les plus considérables.

Lorsque, par un forage, on est parvenu à faire pénétrer la sonde jusque dans les sables à gros grains qui se rencontrent ordinairement au-dessous des bancs d'argile, il faut pour faire arriver les eaux à la surface du sol, ou au moins pour les y conserver, établir dans le trou de sonde, un tube continu qui traverse le dernier banc d'argile et qui forme ainsi, par le resserrement de cette argile sur le tube, le passage à l'eau qui tendrait à remonter dans les couches supérieures où elle pourrait se perdre. L'opération de ce tubage est extrêmement importante et doit être faite avec le plus grand soin; les tubes à employer doivent être en cuivre, lorsque les eaux sont oxydantes, ainsi que cela arrive presque toujours, afin de n'avoir pas à les renouveler comme cela serait nécessaire si on employait des tuyaux en tôle ordinaire que l'oxydation détruirait en peu d'années. A Paris on a pu employer des tuyaux en tôle au puits de Grenelle parce que les eaux qu'il fournit contenant un peu de carbonate de potasse, n'ont aucune action sur le fer.

Ces tubes doivent avoir une épaisseur suffisante pour résister à la

pression des argiles qu'ils traversent, et l'intervalle compris soit entre le tube ascensionnel et la paroi du trou de forage, soit entre ce tube et celui de retenue, doit être soigneusement rempli, pour empêcher les eaux de se perdre dans les couches perméables des terrains traversés. Du sable fin siliceux ou du ciment de Portland peuvent être employés avec succès pour opérer ce remplissage, lorsqu'il ne s'est établi aucun courant dans cet espace annulaire.

Au puits de Passy le tubage en bois que l'on a employé pour conserver les eaux, n'a pas résisté à la pression qu'il avait à supporter, et elles se sont perdues en abondance dans le calcaire grossier.

Si les eaux sont élevées au-dessus du sol ou au-dessous du niveau auquel on peut leur donner écoulement, il importe de placer un robinet au point le plus bas où cet écoulement peut avoir lieu, afin de se réserver le moyen d'accroître accidentellement, par l'ouverture du robinet, la vitesse de l'eau dans le tube et d'enlever par là les matières que les eaux auraient accumulées au bas du tube.

Des eaux souterraines. — Quand les bancs d'argile règnent à une faible profondeur au-dessous du sol et se trouvent placés sur des coteaux plus ou moins inclinés, il est rare que l'on trouve des eaux forcées sous les bancs d'argile, mais si le terrain qui les recouvre est perméable, les eaux pluviales qui ont traversé ce terrain se trouvent arrêtées par l'argile, et quand on creuse jusqu'à cette argile, on trouve au-dessus, ou une couche d'eau plus ou moins épaisse, ou simplement des suintements. On a une couche d'eau épaisse, soit quand la couche d'argile a très-peu de pente sur une grande étendue, soit quand elle forme un creux dans l'emplacement où l'on a creusé. On ne rencontre, au contraire, qu'une terre humide quand la couche d'argile a une grande déclivité et que l'eau s'écoule par suintement au fur et à mesure qu'elle arrive, soit à travers la couche supérieure, soit en suivant la surface de l'argile.

Dans l'un ou l'autre cas, il est facile de recueillir ces eaux souterraines et de les amener vers des points placés à un niveau inférieur.

Le moyen à employer est le même dans tous les cas. Il consiste dans l'établissement de rigoles souterraines creusées dans la glaise et dirigées de manière à leur donner une pente et des dimensions proportionnées au volume des eaux qu'elles doivent recevoir.

Avant de construire ces rigoles, il importe de reconnaître par des sondages exécutés sur un grand nombre de points, la position exacte du banc d'argile par rapport à un plan horizontal de comparaison. Les sondages peuvent se faire, soit avec une espèce de tarière de huit à dix centimètres de diamètre, emmanchée au bout d'une tige en bois ou en fer, de longueur suffisante, soit en creusant des trous à ciel ouvert. Quand on emploie la sonde, il convient, pour en contrôler les résultats, de faire des fouilles ouvertes sur quelques-uns des trous de sonde. On a soin d'indiquer, sur un plan, tous les points où l'on a sondé, et d'écrire près de chacun de ces points la profondeur à laquelle l'argile se trouve au-dessous du sol. De sorte que, si l'on fait ensuite un nivellement auquel on rattache l'orifice de tous les trous de sonde, on peut connaître la hauteur relative de la surface de l'argile dans toute l'étendue du sol où l'on se propose de rechercher les eaux.

Au moyen de cette étude préparatoire, il devient facile de tracer la direction qu'il faut suivre pour avoir sur la surface de l'argile, une ligne de pente à peu près uniforme et continue; de sorte que si l'on ouvre une tranchée suivant la direction déterminée, les eaux qui suivent ou qui sont retenues par l'argile seront naturellement amenées au point le plus bas de la tranchée. Mais comme une excavation ainsi faite ne se maintiendrait pas et dégraderait le terrain dans lequel on l'aurait creusée; que d'ailleurs les eaux s'évaporaient en paraissant à l'air, il faut, pour faire un travail durable, construire, dans le fond de la tranchée, un ouvrage qui permette aux eaux de s'écouler et sur lequel on puisse rejeter les terres que l'on a fouillées. Cet ouvrage porte le nom de piercée ou de drain suivant son mode d'exécution.

Procédé. — D'après ce que nous venons de dire, la piercée doit nécessairement reposer directement sur l'argile, et être disposée de manière que les eaux, arrêtées dans leur cours naturel sur cette argile par la piercée, y soient reçues en totalité et ne puissent plus suivre leur ancien écoulement.

Pour atteindre ce double but, lorsque la surface supérieure du banc d'argile est ondulée, il faut nécessairement s'enfoncer dans les parties où elle est trop élevée, afin qu'en aucun point la piercée ne soit au-dessus de l'argile, et si elle ne s'y appuyait pas partout, l'eau se perdrait dans les points où elle rencontrerait le sol perméable et le travail que l'on aurait exécuté se

trouverait sans résultat.

Les pierrées se font généralement en pierres sèches disposées comme l'indique la fig. 10. Pour les construire, on fait une légère excavation dans l'argile, puis on forme avec des pierres ou des briques deux piédroits écartés de $0^m,15$ ou $0^m,20$ l'un de l'autre. On pose tout-à-fait à sec le piédroit d'amont, mais on garnit de glaise ou mieux de mortier, les joints de celui d'aval, on les élève ainsi de $0^m,20$ à $0^m,25$, puis on recouvre l'intervalle qui les sépare, soit avec des pierres plates, soit avec des briques. Il faut avoir soin de fermer soit avec de la mousse, soit mieux avec du mortier, les joints des dalles de recouvrement pour empêcher la terre de tomber dans la pierrée.

Comme tout le succès de ces sortes d'ouvrages tient à l'imperméabilité du piédroit d'aval, j'en ai fait construire plusieurs en béton ou en maçonnerie hydraulique exécutée avec soin; par ce moyen, on est assuré de n'avoir pas à recommencer ce travail quand la pierrée se trouve obstruée, soit par la terre et le sable que l'eau entraîne, soit surtout par les racines des arbres plantés dans le voisinage, circonstances qui se présentent cependant assez fréquemment.

Drains. — Depuis quelques années, on remplace avec avantage les pierrées par des tuyaux de drainage dont le diamètre est proportionné au volume d'eau à écouler. Les tuyaux de drainage doivent être enfoncés de toute leur épaisseur dans l'argile pour conserver les eaux qui y arrivent en empêchant qu'elles s'écoulent sur cette argile et leurs joints doivent être recouverts par des éclats de tuyaux d'un diamètre supérieur à celui du tuyau de drain.

Pour prévenir l'obstruction des drains et des pierrées, il faut proscrire à 10 ou 15^m de part et d'autre de leur emplacement la plantation des arbres à racines traînantes, peupliers, saules, noyers, ormes, etc.

Pour n'avoir pas un travail de recherche trop long et trop dispendieux à faire quand on s'aperçoit de la diminution des eaux d'une pierrée par suite d'engorgement, il faut, au moment où on la construit, établir, à des distances assez rapprochées, de 50 à 100^m , suivant que les engorgements sont plus ou moins à craindre, des regards au moyen desquels on peut facilement constater, soit par le gonflement des eaux, soit par leur diminution, les points sur lesquels l'obstruction existe.

Cheminées. — Ces regards ou plutôt ces cheminées se construisent, comme les pierrées, avec des pierres sèches; ils sont placés dans la même

direction, et ont $0^m.60$ à $0^m.80$ dans œuvre; on les élève jusques à $0^m.50$ ou $0^m.60$ au-dessous de la surface du sol, et là on les recouvre d'une dalle sur laquelle on remblaise, mais dont on indique la position par une borne, comme on le fait pour les aqueducs.

Regards. — Souvent on établit sur les pierrières des regards disposés comme ceux des aqueducs, afin que l'on puisse vérifier facilement l'état des pierrières. Cela se fait surtout quand plusieurs pierrières établies dans des vallées convergentes viennent se réunir en un même point.

Dans ces regards en maçonnerie de moellons et mortier hydraulique, on établit un bassin qui reçoit les eaux fournies par les pierrières ou les drains et d'où part la conduite, la rigole ou l'aqueduc qui porte les eaux dans le lieu où elles doivent être distribuées. C'est là surtout où l'on s'aperçoit de l'obstruction des pierrières, parce que l'on peut jauger facilement leur produit, si l'on a eu soin de pratiquer dans le regard un bassin dans lequel tombent, d'une hauteur de $0^m.15$ ou $0^m.20$, les eaux fournies par les pierrières.

Réservoirs. — Si l'on avait besoin de créer une distribution d'eau dans un lieu élevé, privé de sources, d'eau courante et même de bancs d'argile qui permettent de recueillir des eaux souterraines, on n'aurait d'autre parti à prendre que de créer un réservoir en fermant un vallon profond par une digue suffisamment élevée pour retenir un volume d'eau assez considérable pour assurer le service pendant toute la saison sèche. La disposition et la construction de la digue de ce réservoir seraient les mêmes que s'il s'agissait d'un réservoir destiné à l'alimentation d'un canal à point de partage; nous croyons donc inutile d'entrer dans aucun détail à ce sujet. Cela est d'autant moins nécessaire, que le cas qui nous occupe est extrêmement rare. Nous dirons cependant que l'on exécute en ce moment des réservoirs destinés à fournir des eaux aux villes de St-Etienne et d'Annonay; que des réservoirs ont été créés aux Etats-Unis pour l'alimentation des villes de New-York, Philadelphie et Washington, et que Glasgow reçoit actuellement les eaux du lac Katrine. Ce qui a pu faire repousser longtemps ce mode d'alimentation, c'est que l'on a pu craindre que les eaux ainsi exposées à l'action d'un soleil quelquefois très-ardent ne s'échauffassent de manière à s'alléger.

Cette crainte ne serait pas fondée. D'après des expériences que M. l'Ingénieur en chef Cambuzat a eu l'obligeance de faire faire à ma demande

pendant les chaleurs de 1863 et 1864, sur la température de l'eau du réservoir de Sottour sur la Cure, on sait que cette température décroît rapidement de la surface au fond et qu'à une profondeur de 12^m elle est aussi basse que celle des sources, lorsque, à la surface, elle a la température moyenne de l'air, 25 ou 26 degrés.

Citernes.— Si les vastes réservoirs destinés à alimenter des distributions d'eau sont très-raras, il est, au contraire, très-fréquent de créer des citernes dans lesquelles on recueille l'eau des toits d'une habitation pour s'en servir ensuite. En général, on établit ces ouvrages au-dessous du sol de manière qu'on en retire l'eau, soit avec des seaux, soit avec des pompes. Dans beaucoup de circonstances, on trouverait un grand avantage à établir les citernes au-dessus du sol, ou dans un point élevé d'une propriété, afin de pouvoir en distribuer les eaux au moyen de conduites.

Pour réussir dans l'exécution d'un ouvrage de cette nature, il faudrait l'établir sur un sol incompressible, le construire en béton ou en toute autre maçonnerie bien pleine, le revêtir intérieurement d'un enduit, le voûter, et, en outre, l'entourer de remblais pour résister à la poussée de l'eau et conserver à cette eau la fraîcheur que l'on aime à trouver dans la boisson.

Ce mode d'alimentation n'est applicable ni à une ville ni à un village, mais seulement à une propriété importante, dans laquelle il existe de vastes constructions couvertes en tuiles, en ardoises ou en métal.

Art. 3.— Eaux élevées par des machines.

Lorsque l'on emprunte à des sources ou à des cours d'eau naturels les eaux qui doivent alimenter une distribution, il peut arriver ou que ces eaux se trouvent à une hauteur suffisante pour s'écouler naturellement vers les points où la distribution doit s'en faire, ou qu'elles se trouvent à un niveau trop bas.

Nous avons vu ce qu'il y avait à faire dans le premier cas; il nous reste à nous occuper du second cas, c'est-à-dire des moyens à employer pour élever les eaux à la hauteur nécessaire pour les distribuer.

Ces moyens trouvent une application si fréquente dans les distributions d'eau que nous croyons utile d'entrer, à ce sujet, dans tous les développements nécessaires pour donner à celui qui aurait des eaux à élever la possibilité de choisir avec discernement le parti le plus avantageux pour une localité spéciale.

On peut employer, pour élever les eaux, soit des pompes, soit le bélier hydraulique, soit pour de faibles hauteurs, les norias et autres appareils hydrauliques.

Le bélier a été employé quelquefois, et un habile industriel de Chartres en a construit plusieurs qui fonctionnent très-bien pour le service de propriétés particulières. Mais les chocs des soupapes, et, par conséquent la difficulté d'entretenir l'appareil en bon état, ne permettent d'en faire usage que dans des circonstances très-rares, pour élever de petits volumes à une faible hauteur.

Les norias, tympanes et autres machines analogues, ne sont ordinairement employées que pour les irrigations, parce que, quand l'élevation est considérable, le balancement de la chaîne des godets des norias fait perdre une partie de l'eau que ces godets ont reçue, et que les tympanes ne peuvent l'élever qu'à une faible hauteur.

Les pompes servent donc à peu près exclusivement à élever artificiellement les eaux lorsqu'elles doivent être portées à une hauteur de plus de 4 à 5 mètres au-dessous de leur niveau naturel, mais si l'usage de cette machine est à peu près exclusif, la disposition des pompes et la nature, comme la construction des moteurs que l'on y applique sont très-différents.

On peut mettre les pompes en mouvement, soit avec des roues hydrauliques, soit avec des machines à vapeur, soit avec des chevaux, soit simplement avec des hommes.

L'emploi de l'homme ou celui du cheval ne peuvent guères convenir que dans le cas d'une dépense d'eau de peu d'importance, pour l'alimentation d'un établissement, pour l'embellissement et les besoins d'une propriété considérable. Pour une distribution d'eau publique, on ne peut, en définitive, employer comme moteur que la roue hydraulique ou la machine à vapeur.

Mais on n'a même pas l'embaras du choix à faire entre ces deux moteurs, car il ne peut y avoir de doute sur les avantages des roues hydrauliques, lorsque l'on dispose d'une force suffisante pour élever la quantité d'eau dont on a besoin, parce que l'établissement et l'entretien d'une roue sont toujours moins coûteux que le combustible et l'entretien d'une machine à vapeur. Pour que cette dernière machine présentât de l'économie sur la roue hydraulique, il faudrait que l'établissement de celle-ci donnât lieu à une dépense tout-à-fait exagérée. Ainsi, on doit employer des roues hydrauliques quand on dispose d'une chute d'eau de force suffisante, ou compléter la force dont on dispose par une

machine à vapeur qui fonctionne quand l'eau manque, et ne recourir exclusivement à la machine à vapeur que quand on n'a pas la possibilité d'employer les roues.

On ne peut pas prescrire de règle absolue pour le choix du système de roues ou de machine qu'il convient d'employer : on doit se borner à recommander l'emploi de celle de ces machines qui rend le plus grand effet utile dans les conditions où l'on se trouve placé. Ainsi pour les roues on peut prendre les roues Sagebien avec les petites chutes, les roues de côté avec les chutes constantes de 1 à 2^m, les roues en dessous ou à godets avec les grandes chutes, enfin les turbines avec les très-grandes chutes et sur les rivières à niveaux variables d'amont et d'aval.

Dans ces derniers temps on a exécuté plusieurs turbines à axe horizontal de l'invention de M. L. D. Girard qui rendent un effet utile aussi considérable que les meilleures turbines, et qui sont d'une construction, d'une pose et d'un entretien plus facile que les turbines à axe vertical. Celles que l'on a récemment placées à Montfort-le-Rotrou et au Mans ont donné de très-bons résultats.

Lorsque l'on recourt à la vapeur comme force motrice, il convient d'employer la machine de Wolff à deux cylindres, à volant et à condensation, avec très-grande détente. On a cru longtemps que pour élever les eaux, il y avait un grand avantage à se servir des machines à simple effet, à cataracte, du système de Cornouailles avec détente et condensation. Mais on a reconnu par les applications que l'on en a faites à Paris et à Lyon que la dépense de combustible était plus considérable avec ces machines qu'avec celles à double effet à volant, exécutées dans les conditions qui viennent d'être indiquées.

Lorsque l'on veut se rendre compte de la force de la machine qui sera nécessaire pour élever à une hauteur donnée un volume d'eau déterminé, il convient d'ajouter à cette hauteur la charge qui sera employée à faire arriver l'eau depuis les pompes jusqu'au réservoir ; cette somme indiquera la hauteur de la colonne d'eau qui pressera sur le piston des pompes pour produire, dans la conduite ascensionnelle du diamètre que l'on a choisi, l'écoulement du volume dont on a besoin.

Connaissant cette hauteur, on la multipliera par le volume à débiter par seconde, et on aura l'effet utile de la machine ou le nombre de kilogrammes d'eau qu'elle élèvera à 1^m par seconde. Pour avoir égard à la perte résultant de la transmission du mouvement depuis l'axe de la roue ou du volant, ou depuis le piston de la machine à simple effet jusqu'au piston des pompes, on

admettra que les frottements absorbent de $\frac{1}{4}$ à $\frac{1}{3}$ de la puissance transmise par l'axe ou par le piston. Enfin, pour avoir la puissance absolue de la machine, on augmentera le nombre ainsi obtenu en faisant le calcul qui vient d'être indiqué; d'après la connaissance que l'on aura du rendement de l'espèce de machine que l'on emploiera. Ainsi, soit Q le volume d'eau à élever par seconde, exprimé en mètres cubes, H la hauteur à laquelle cette eau doit être élevée, h la charge nécessaire pour lui imprimer le mouvement dans la colonne ascensionnelle on aura d'abord pour l'effet utile définitif de la machine $1000 Q (H+h)$. La puissance P de la machine sur l'axe qui transmet le mouvement au balancier des pompes, ou sur la tige du piston sera donnée par la formule:

$$\frac{2}{3} P = 1000 Q (H+h) \text{ ou } P = 1500 (H+h) Q$$

Enfin, si on emploie une roue qui transmette à son arbre la fraction $\frac{1}{n}$ de la puissance absolue de la chute, cette puissance P' se tirera de l'équation:

$$\frac{1}{n} P' = P = 1500 Q (H+h); \text{ d'où } P' = n \times 1500 Q (H+h).$$

Divisant par 75 le nombre ainsi obtenu, on connaîtra la force de la machine en chevaux.

Si au lieu de chercher le nombre de chevaux, on voulait connaître le volume d'eau nécessaire pour élever le volume Q , on diviserait la valeur de P' par la hauteur de la chute, augmentée du frottement de l'eau dans la conduite et on obtiendrait au quotient le volume d'eau moteur exprimé en kilogrammes ou en litres.

Si la chute et le volume d'eau étant donnés, on voulait connaître le nombre de litres d'eau que cette force motrice permettrait d'utiliser, on procéderait dans le sens inverse, mais toujours d'après les mêmes principes.

Afin de diminuer les résistances passives dans la machine simple dont il est question, on peut, si cette machine a un axe horizontal, fixer une manivelle à cet axe et relier directement par une bielle le bouton de cette manivelle, soit au piston d'une pompe à double effet, soit à un balancier aux extrémités duquel sont suspendues deux autres bielles qui s'adaptent aux fonds des pistons plongeurs de deux pompes verticales qui sont ainsi mises en mouvement presque directement.

Nous prendrons le premier système comme préférable au second, parce qu'il se prête mieux à la consolidation des pompes.

Quand on emploie deux pompes qui fonctionnent ainsi alternativement, on empêche la cessation du mouvement ascensionnel de l'eau au moment où les pistons étant parvenus à l'extrémité de leur course, la conduite ne reçoit plus d'eau, en plaçant entre cette conduite et les pompes, un réservoir d'air qui régularise l'écoulement. Mais comme cet air, comprimé par l'eau, serait bientôt absorbé, on en prévient l'épuisement

dans le réservoir, en facilitant l'introduction d'un faible volume d'air dans le corps de pompe, soit par l'ouverture d'un petit robinet qui ne s'ouvre qu'à la fin de la course du piston, soit en injectant de l'air dans le réservoir au moyen d'un appareil spécial adapté sur le réservoir d'air vers sa partie inférieure, soit enfin en y refoulant de l'air au moyen d'une petite pompe foulante construite ad hoc.

L'appareil consiste en un récipient en fonte, de forme cylindrique, qui communique avec le réservoir par deux tuyaux munis de robinets et qui porte en outre à son fond et à son sommet deux autres robinets. Lorsque le réservoir étant plein d'eau et le récipient plein d'air, on ouvre à la fois les deux robinets placés dans les tuyaux de communication, l'air contenu dans le récipient est immédiatement remplacé par l'eau du réservoir. Si alors on ferme ces robinets et qu'on ouvre les deux robinets qui permettent au récipient de se vider d'eau et de se remplir d'air, on replace les choses dans l'état primitif; de sorte que si l'on continue ce jeu alternatif des robinets, on remplira bientôt le réservoir d'air.

On diminuerait la dissolution de l'air de ce réservoir en y plaçant un flotteur qui intercepterait le contact de l'air et de l'eau, excepté sur l'étroite surface annulaire laissée entre la paroi cylindrique du réservoir et le disque flottant.

Lorsque l'on veut assurer l'ascension constante de l'eau sans réservoir d'air, au lieu d'une manivelle simple, on adapte à l'axe moteur une manivelle à trois coudes qui agit directement sur le piston de trois pompes par l'intermédiaire de trois bielles.

Mais comme l'exécution des arbres coudés est fort difficile, ils cassent quelquefois, et, par cette raison, on n'en fait ordinairement usage que pour les machines peu puissantes.

Autrefois, lorsque l'on employait des machines pour élever les eaux on était dans l'usage de faire monter ces eaux dans une tour assez haute pour qu'elles n'eussent plus qu'à en descendre pour arriver dans le réservoir alimentaire, ou pour s'écouler dans les conduites destinées à les distribuer. Cette disposition entraînait à des dépenses souvent fort considérables pour la construction de la tour et des conduites ascendante et descendante, et cela sans aucun motif fondé, car l'eau se meut tout aussi bien dans une conduite quand elle y est refoulée par l'action du piston d'une pompe ou par la pression de l'air comprimé dans un réservoir, que quand elle est mise en mouvement par le poids d'une colonne liquide. A égalité de dépense on devrait encore donner la préférence à l'envoi direct de l'eau dans la conduite ascensionnelle.

Toutefois nous devons insister d'une manière particulière sur la nécessité de placer entre les pompes et la conduite ascensionnelle, un réservoir d'air d'une capacité suffisante pour alimenter le débit uniforme de l'eau dans cette conduite, malgré l'irrégularité du produit des pompes, sans qu'il en résulte dans ce réservoir une variation sensible dans la pression de l'air qui y fait ressort.

Nous devons également faire remarquer que la suppression de la tour à niveau constant n'est pas possible avec les machines à simple effet, surtout lorsque l'eau est élevée par un contrepoids, parce que la résistance variant tandis que ce contrepoids est constant, il en résulte des chocs nuisibles à la conservation des machines.

Au reste, comme la construction des roues hydrauliques et celle des machines à vapeur sont étrangères à la distribution des eaux, nous bornerons à ce court exposé ce qui est relatif à ces appareils que nous supposerons établis de manière à satisfaire aux conditions du problème à résoudre. Seulement nous appellerons l'attention sur la construction des soupapes. Quelle que soit la machine que l'on emploie pour faire mouvoir les pistons des pompes, on doit disposer les soupapes de manière qu'elles se ferment sans choc. Pour atteindre ce résultat, il faut que la vitesse de l'eau ne soit pas trop considérable à son passage par les orifices, afin que les soupapes se soulevant très-peu, puissent être ramenées sur leur siège avant que la machine n'agisse pour les y appliquer. On peut satisfaire à ces conditions en donnant de grandes sections aux ouvertures que ferment les soupapes d'aspiration ou d'émission, et en les disposant de manière que, soit par l'effet de leur poids, soit au moyen de ressorts, elles se ferment à mesure que le débit diminue et qu'elles touchent presque le siège lorsque le piston atteint l'extrémité de sa course. Les clapets très-épais en caoutchouc battant sur une gille en fonte et disposés de manière à se déplacer légèrement à chaque coup de piston offrent la disposition la plus simple et la plus économique pour obtenir ce résultat. Cette disposition imaginée par M. M. Fontaine et Brault de Chartres est encore protégée par un brevet.

Art 4. — Usage et volume des eaux.

Les eaux destinées à une ville peuvent avoir trois emplois différents : l'assainissement, les usages domestiques et industriels, l'alimentation des fontaines publiques.

Assainissement. — L'assainissement se fait, en général, en lavant les ruisseaux une ou plusieurs fois par jour au moyen de bornes-fontaines ou de bouches d'écoulement placées à tous les bouts ou sommets que présentent les ruisseaux des voies publiques d'une ville. Ainsi on ouvre les fontaines le matin, au moment du balayage ; vers le milieu de la journée et une troisième fois le soir. Pour que ces lavages soient efficaces, l'expérience a démontré qu'il fallait que l'écoulement donnât à peu près 1 litre 75 ou 8 pouces d'eau par seconde.

(Un pouce d'eau est la quantité d'eau qui s'écoule en une seconde par un orifice de 0^m, 027, percé en mince paroi, avec une charge de 0^m, 0022 au-dessous de l'orifice : le produit d'un pouce d'eau en 24 heures est de 19^m, 1953).

Il faut que les orifices d'écoulement soient placés aux points culminants des ruisseaux pour que les eaux arrosent les deux versants à la fois. On doit donc, lorsqu'on s'occupe d'une distribution d'eau, avoir un nivellement bien exact de la surface de la ville, avec l'indication sur le même plan des cotés de hauteur de tous les points hauts et bas des ruisseaux, afin de déterminer le nombre et la position tant des fontaines qui fourniront les eaux pour le lavage que des bouches d'égout qui les font disparaître après qu'elles ont servi à ce lavage.

Pour chaque îlot de maisons, il se trouve au moins un point haut; quelquefois il y en a plusieurs. On doit alors étudier avec soin le relief de la ville, et modifier les pentes du pavage d'après les exigences de la distribution d'eau, de manière à n'avoir, autant que possible, pour chaque îlot de maisons, qu'un seul point culminant, et, par suite, une seule borne d'écoulement et une seule bouche d'égout. On détermine ainsi la quantité d'eau nécessaire pour l'assainissement.

Concessions. — Le volume destiné aux besoins des habitants est très-variables suivant le climat et les habitudes hygiéniques de la population. Vingt litres par individu doivent suffire largement aux besoins de la vie. A Londres, où il n'y a pas d'écoulement d'eau sur la voie publique, la distribution à domicile s'élève, dit-on, à près de 200 litres par habitant; mais cette consommation si considérable tient au système général des latrines que l'on ne vide jamais, et dont toutes les ordures sont entraînées dans les égouts et de là dans la Tamise, par les eaux abondantes que l'on y verse. On comprend que de ces lavages répétés et abondants sont indispensables pour éviter les émanations fétides, et surtout l'obstruction de ces conduits qu'on ne visite jamais. Il faut donc, pour ainsi dire, une borne-fontaine par maison.

A Paris, on jette le moins possible d'eau dans les fosses d'aisances, car elle coûte à retirer (8 à 9 fr. le mètre cube.) Dans les autres villes de France on use encore moins d'eau qu'à Paris pour les besoins de la vie, mais il convient néanmoins de compter, au minimum, 20 à 25 litres par habitant.

La consommation d'eau pour les besoins industriels est plus difficile à évaluer et l'on éprouve souvent un grand embarras lorsque l'on cherche à se rendre un compte exact. A défaut de renseignements plus positifs on pourra admettre les dépenses d'eau indiquées au tableau suivant:

par cheval	75 litres	par voiture à 2 roues	75 litres	par voiture à 4 roues	100 litres
par bain	350 „			par ouvrier de fabrique	5 „
par force de cheval et par heure pour l'alimentation d'une machine à haute pression sans condensation... 50 lit.					
∂°	∂°	∂°	∂°	∂°	∂° et à détente 480 à 600 lit.

Fontaines publiques. — Enfin il ya une troisième cause de dépense, d'eau, c'est celle qui a pour objet l'alimentation des fontaines publiques, destinées les unes à des puisages particuliers, les autres à la décoration de la ville.

Les premières qui sont, en général, à repoussoir, dépensent une vingtaine de mètres cubes en 24 heures : quant aux fontaines monumentales, leur débit est très-varié ; à Paris, les unes débitent 60 mètres cubes en 12 heures, d'autres, et c'est le plus grand nombre, 150 mètres cubes ; quelques-unes, comme la gerbe du Palais-Royal, 600 à 800 mètres cubes. Enfin, on a celles de la place de la Concorde, qui dépenseraient 5 à 6000 mètres cubes en douze heures, si elles coulaient constamment.

On voit, d'après cela, comment on arrivera à déterminer le volume des eaux nécessaires aux besoins de la Ville entière, et en même temps les quantités afférentes à chaque quartier, et dont la connaissance est nécessaire pour calculer le diamètre à donner aux tuyaux de conduite. Pour faire ce calcul, il faut supposer que la dépense d'eau se fait en 6 ou 8 heures au plus parce que l'emploi de l'eau ne se fait pas d'une manière régulière et qu'il faut satisfaire aux besoins dans les moments de plus grande consommation. Le débit des fontaines monumentales ne doit pas être confondu avec le débit général, il faut l'introduire dans le débit particulier des conduites qui les alimentent.

Art. 5. — Choix à faire entre les divers modes d'alimentation.

L'expérience prouve que dans toutes les villes où l'on projette de distribuer des eaux et où plusieurs modes d'alimentation sont possibles, la question la plus difficile à résoudre est celle qui a pour objet le choix de celui de ces moyens qui mérite la préférence. Ordinairement, il faut plusieurs années pour arriver à une solution.

Dans les études que l'on fait à ce sujet, il importe d'abord de mettre de côté les combinaisons qui ne fourniraient pas le volume d'eau reconnu nécessaire pour satisfaire à tous les besoins de la consommation, afin de n'avoir pas à revenir sur ce qui aurait été fait lorsque l'on reconnaîtrait l'insuffisance de l'alimentation.

Nous n'avons pas la prétention de poser des principes assez précis pour faire cesser toute irrésolution à ce sujet, mais nous voulons seulement indiquer les points de la question sur lesquels le débat doit porter.

S'il s'agit de distribuer dans une ville des eaux destinées à fournir à tous les besoins de la vie, c'est, avant tout, la qualité des eaux qu'il faut rechercher. On doit, par conséquent, analyser et comparer, sous le rapport de la salubrité, toutes les eaux qui peuvent servir à la distribution. Si les unes sont pures et les autres chargées de sels, de limon, altérées par une saveur herbacée, ou marécageuse, il n'y a pas à balancer, l'eau pure et limpide doit être préférée.

Mais le plus souvent, la question se pose autrement; les eaux de sources, quoique toujours claires, sont souvent très-chargées de sels calcaires, tandis que les eaux de rivière sont au contraire beaucoup plus pures quant à leur composition chimique, mais ont l'inconvénient d'être troubles à l'époque des crues. C'est alors que naît l'embarras du choix. S'il s'agit d'un faible volume à appliquer exclusivement à l'alimentation de fontaines à puisage ou à des concessions à domicile, et si l'eau de rivière est plus salubre que l'eau de source, on doit préférer la première, parce qu'elle peut être filtrée à raison de la faible quantité consommée; mais si l'on veut fournir à la fois aux besoins domestiques et à un service public d'assainissement et de fontaines monumentales, le filtrage devient généralement impraticable, à cause de la dépense qu'il entraîne, et alors il faut opter entre une eau plus ou moins impure mais claire et une eau pure exposée à être troublée plus ou moins souvent.

Pour résoudre la question ainsi posée, il faut nécessairement apprécier l'influence que peut avoir sur la santé l'eau de source avec ses sels en dissolution, et comparer les dépenses à faire dans un cas et dans l'autre. Il convient d'avoir égard aux habitudes et même aux préjugés des habitants, puisque la distribution est faite dans leur intérêt. Au milieu de toutes ces causes d'incertitude, il est fort difficile d'indiquer même la voie à suivre pour arriver à une solution, quand il y a à peu près parité dans la nature des eaux et dans les dépenses.

Mais on peut poser en principe qu'il faut rejeter les eaux qui tiennent en dissolution du carbonate de chaux en proportion assez considérable pour qu'elles forment des dépôts dans les conduites, parce que outre ce grave inconvénient d'obstruer

l'écoulement, elles fatiguent les organes digestifs, ne cuisent pas les légumes et ne dissolvent pas le savon.

Il paraît au contraire, démontré, que l'économie animale n'a qu'à gagner à l'emploi pour boisson d'une eau tenant en dissolution du carbonate de chaux en proportion assez faible pour que l'obstruction des conduites ne soit pas à craindre, c'est-à-dire quand il n'y a pas plus de deux décigrammes par litre de sel en dissolution, ou que les eaux essayées à l'hydrotimètre ne marquent que 20 à 22°.

Si l'examen consciencieux de ces diverses considérations ne conduirait pas à donner la préférence à l'un des modes d'alimentation et laissait la question indécise, il faudrait faire pencher la balance en faveur des eaux de source, parce qu'elles fournissent de l'eau fraîche et que les conduites se conservent beaucoup mieux lorsqu'elles reçoivent des eaux dont la température est constante, que quand elles changent sans cesse de longueur suivant la température des eaux qu'elles débitent.

Chapitre 2.

Travaux accessoires auxquels donne lieu l'établissement d'une distribution d'eau.

Art. 1^{er} Réservoir de distribution.

Il résulte des détails qui précèdent que l'on ne peut, en général, assurer le service d'une distribution d'eau qu'autant que l'on fait partir cette distribution d'un réservoir dans lequel on recueille pendant la nuit et pendant les intermittences du service de jour, le produit des sources des machines ou de tout autre mode d'alimentation. Ce réservoir doit avoir, au moins une capacité suffisante pour prévenir toute déperdition d'eau, c'est-à-dire pour qu'il s'y trouve toujours un vide, dans lequel puisse être reçu le produit non utilisé des sources ou des machines.

Lorsque la distribution est alimentée par des machines, la capacité déterminée par la condition qui vient d'être énoncée ne serait pas suffisante, il faut prévoir le cas de chômage dans la marche de ces machines, et, par conséquent, faire des réservoirs assez vastes pour contenir le volume d'eau dépensé pendant un ou même deux jours, afin que l'on puisse faire des réparations sans interrompre le service.

La disposition des réservoirs n'est pas indifférente au succès de la distribution; parce que cette disposition peut avoir de l'influence sur la qualité des eaux et sur la charge avec laquelle elle sera distribuée.

Un réservoir peu profond, creusé dans la terre, ne pourrait pas se nettoyer; l'eau s'y échaufferait, se remplirait d'insectes et de plantes aquatiques, et finirait par se corrompre. Si on lui donnait de la profondeur on atténuerait ces inconvénients; sans les prévenir entièrement, à moins que cette profondeur ne fut très-grande et alors on créerait un nouveau et très-grave inconvénient, celui de perdre une partie de la charge lorsque le niveau de l'eau s'abaisserait beaucoup.

Pour une distribution d'eau salubre, il faut nécessairement des réservoirs en maçonnerie ou en métal, d'une surface suffisante pour que les oscillations produites par le service ne soient pas assez considérables pour modifier sensiblement la charge de l'eau dans les conduites, et cependant assez profonde pour former une réserve en cas d'interruption dans les moyens d'alimentation. Il faut également s'il n'y a qu'un seul réservoir, qu'il soit divisé en deux compartiments ou bassins qui puissent être rendus indépendants l'un de l'autre.

Le choix de l'emplacement des réservoirs a une grande importance sur le succès de la distribution et sur la dépense qu'elle nécessite. La question de savoir si l'on en établira un seul ou si l'on en construira plusieurs n'en a pas moins.

En général, on place les réservoirs au point le plus élevé de la ville, ou même en dehors de son enceinte, si, dans son intérieur, on ne trouve pas un terrain dont le niveau naturel domine tous les points auxquels les eaux doivent parvenir. Mais, dans le choix à faire, il convient d'avoir égard à la position de l'emplacement relativement aux points à alimenter. Ainsi quand deux localités sont dans les mêmes conditions sous le rapport de l'altitude, de la nature du terrain, des facilités de construction, on doit donner la préférence à celle qui est le plus rapprochée du centre de la distribution, afin de réduire autant que possible la longueur des conduites principales et de diminuer le diamètre des conduites de distribution.

Lorsque la ville qu'il s'agit d'alimenter est assise à la fois sur les deux flancs d'une vallée, il faut placer des réservoirs sur les deux versants; même quand l'un ne pourrait être alimenté que par l'autre. Il résulte de cette disposition que le réservoir que le réservoir établi sur le flanc du coté

opposé à l'arrivée directe des eaux se remplit la nuit et pendant les intermittences du service, et que, dans les moments de débit, il restitue aux conduites ce qu'elles lui ont fourni. De sorte que les deux parties de la ville sont à peu près aussi bien servies l'une que l'autre.

Il est utile, soit pour conserver aux eaux leur pureté et leur fraîcheur, soit pour les rafraîchir quand elles ont coulé à l'air libre, de couvrir les réservoirs par un toit ou par des voûtes. Le second moyen est préférable au premier, parce que l'on obtient plus de fraîcheur sous une voûte que sous un toit.

§ 1^{er}. — Des réservoirs en tôle.

Les réservoirs dans lesquels on accumule les eaux peuvent se construire en tôle ou en maçonnerie. On emploie exclusivement la tôle lorsque l'on doit former un approvisionnement d'eau peu considérable à une grande hauteur du sol ou que le terrain n'est pas ou ne peut pas être rendu incompressible.

La forme de ces réservoirs peut être ronde ou rectangulaire. On leur donne cette dernière forme quand ils doivent être placés dans l'intérieur de constructions et qu'on a besoin d'utiliser tout l'espace qui leur est consacré, mais alors il faut consolider les parois avec des armatures en fer forgé, ou de nombreux tirants.

La forme cylindrique employée généralement est plus favorable, parce que l'emploi des tirants est inutile et qu'il suffit de donner à la tôle l'épaisseur indiquée par le calcul pour que ces cuves résistent parfaitement à la pression intérieure que l'eau exerce sur la paroi cylindrique. Pour déterminer cette épaisseur, soient : h la hauteur en mètres de l'eau au-dessus de la tranche que l'on veut considérer, D le diamètre de la cuve, e l'épaisseur de la tôle en millimètres, R le plus grand effort auquel on veut soumettre la tôle par millimètre carré. — Si l'on considère une tranche de $0^m,001$ de hauteur, la colonne d'eau qui pressera sur cette hauteur pour entr'ouvrir le cylindre aura pour volume : $D \times 0,001 \times h$ et pèsera $1000 \times 0,001 HD = HD$.

L'effort exercé dans tous les sens par ce poids tend à entr'ouvrir le cylindre aux deux extrémités du diamètre et la section de la tôle qui y résiste, exprimée en millimètres, est égale à $2e$. La résistance sera donc $2Re$. Egalant la puissance à la résistance, on aura $2Re = HD$. D'où $e = \frac{HD}{2R}$. Dans la pratique, pour avoir égard à l'altération de la résistance de la tôle par l'effet de l'oxydation, il convient de ne pas donner à R une valeur supérieure à 4^k .

Le fond de ces réservoirs se fait ordinairement en bandes concentriques. Il en résulte, il est vrai, un déchet, mais le travail est plus solide que si l'on employait des bandes parallèles.

L'épaisseur du fond dépend de la manière dont il est supporté. S'il repose sur une surface continue, l'épaisseur de la tôle pourrait être très-faible, mais néanmoins cette disposition doit être évitée, parce que la tôle ne peut être visitée en dessous, que l'on ne peut pas reconnaître les points où les fuites se produisent, ni même les réparer. Pour parer autant que possible à cet inconvénient, il faut donner à la tôle une épaisseur suffisante pour qu'elle ne soit pas facilement percée par l'oxydation, et en outre chercher à prévenir cette oxydation en répandant une couche de goudron minéral, sur toute la surface que le fond de la cuve doit recouvrir, et cependant on ne sera pas encore sûr d'obtenir une durée très-prolongée de la tôle puisqu'on ne peut la visiter.

Il vaut beaucoup mieux établir le réservoir sur des solives plus ou moins écartées, afin que l'on puisse en tout temps reconnaître immédiatement les points où se produisent les fuites et ceux où l'oxydation apparaît. L'épaisseur de la tôle varie selon l'écartement des solives. Pour un écartement de $0^m,30$ et une hauteur d'eau de 3 à 4^m , on pourrait la prendre de $0^m,003$, mais il vaut mieux augmenter un peu cette épaisseur et la porter à $0^m,005$ pour assurer au réservoir une plus longue durée. Les solives sont supportées, soit par un bœsroi en charpente, soit par des murs en maçonnerie. (Pl. II, fig. 1 et 2).

Les murs peuvent former des cylindres ou des polygones concentriques ou n'avoir ces formes qu'extérieurement, l'intérieur étant divisé par des murs de refend plus ou moins écartés.

Au centre, on peut disposer un cylindre en tôle contenant un escalier en fonte à noyau plein qui permet d'arriver à la partie supérieure du réservoir pour y manœuvrer les soupapes ou descendre dans son intérieur.

Si l'on veut préserver l'eau des variations de la température de l'air, on peut placer sur les murs extérieurs des montants en bois ou en fonte, sur lesquels on fixe des planches, en laissant entre la paroi en tôle du réservoir et les planches, un intervalle dans lequel on peut boucher de la paille ou de la tannée sèche. De petites formes, très-légères, en fer, s'appuyant sur le rebord de la cuve renforcé d'une cornière en fer, et sur une lanterne également en fer,

supportent un toit avec une lanterne vitrée. (Pl. II).

M. Dupuit a fait exécuter à Paris un réservoir en tôle de 20^m de diamètre, dont la paroi inférieure en forme de fond de chaudière n'est supportée que sur son pourtour, de sorte que la tôle du fond est apparente dans toutes ses parties. Il est découvert.

Pour déterminer l'épaisseur à donner à la tôle du fond, il faut calculer le poids total de l'eau contenue dans le réservoir, puis diviser ce poids par la circonférence de la paroi cylindrique, exprimée en millimètres. On aura ainsi la charge verticale ou l'effort tranchant P supporté par chaque millimètre, et on obtiendra la valeur de l'effort auquel le fond sera soumis en considérant la tangente AB menée au point A (fig. 12, Pl. II) au fond du réservoir, comme représentant la direction de son premier élément, car en nommant X cet effort dirigé suivant AB, on aura, dans le triangle ABC dont les côtés AB et AC sont proportionnels aux forces P et X :

$$\frac{X}{P} = \frac{AB}{AC} \text{ ou } X = P \frac{AB}{AC}$$

Mais comme l'effort X est, en général, plus fort que la poussée exercée du dedans au dehors pour l'eau contenue dans la cuve, il faut que l'assemblage du fond avec la paroi cylindrique soit renforcé par un fort cercle en fonte, dont les pièces soient solidement reliées et ajustées entre elles pour qu'elles résistent à la manière d'une voûte (Fig. 11).

Quand on élève les eaux à l'aide de machines à vapeur, ou que la force motrice dont on dispose n'a que la puissance strictement nécessaire pour élever le volume d'eau dont on a besoin, il ne faut pas donner aux réservoirs plus de 4 ou 5^m de profondeur; parce que cette profondeur est perdue pour la distribution.

Les réservoirs en tôle ont un avantage très-grand dans le cas de tassement dans le sol, et de disjonction des maçonneries, il n'y a pas de rupture parce que les joints de la tôle se prêtent à de petits mouvements et que le mâtage remédierait facilement à une disjonction accidentelle.

§ 2. — Réservoirs en maçonnerie.

Les réservoirs en maçonnerie d'une certaine importance coûtent proportionnellement moins cher que ceux dont nous venons de parler, et ils

ont une durée à peu près illimitée. Dès lors ils doivent être seuls employés quand on veut approvisionner une grande masse d'eau.

Ils peuvent être couverts ou découverts.

Dans ce dernier cas, les mousses et les plantes aquatiques s'y développent rapidement et forcent à des nettoyages fréquents. Les insectes y abondent; les eaux exposées à l'air et à toutes les variations de sa température, se refroidissent en hiver, s'échauffent en été, elles sont alors désagréables pour la boisson, et comme elles peuvent subir des variations depuis 0° jusqu'à 20 ou 25° , les conduites éprouvent des allongements ou des raccourcissements assez considérables pour produire des mouvements sur les joints, et même leur rupture: ainsi sur 100 mètres il peut y avoir jusqu'à $0^m,027$ de variation dans la longueur, et cette variation, même avec des conduites bien assemblées, peut, à la longue, amener des fuites par les joints. Ainsi, on doit, en général, proscrire les réservoirs à ciel ouvert.

Avec les réservoirs couverts, l'égalité de température se maintient, les eaux qu'ils fournissent coulant souterrainement conservent à deux ou trois degrés près, une température à peu près égale à celle de leur point de départ, et les conduites se conservent en meilleur état. Il n'y a donc pas à hésiter, il faut couvrir les réservoirs d'eau destinés à alimenter des conduites, surtout quand cette eau doit servir aux usages domestiques.

Les réservoirs en maçonnerie peuvent être établis soit dans le sol, soit au dessus, quelquefois ils sont enterrés à moitié et alors les terres provenant de la fouille, étant déposées au pourtour achevent de les appuyer latéralement.

Dans le premier cas, ils peuvent être limités latéralement par des talus ou par des murs. Le premier système est le plus économique puisqu'il suffit alors de recouvrir les talus de l'excavation par une couche de béton dont l'épaisseur de $0^m,12$ à $0^m,15$ au niveau supérieur de l'eau, croît en descendant jusqu'au fond de $0^m,05$ à $0^m,08$ par mètre, suivant la qualité du mortier employé à la fabrication du béton. De sorte que, pour un réservoir de 5^m de profondeur, le radier et les parois latérales à leur partie inférieure auraient $0^m,35$ avec du mortier très-énergique et $0^m,50$ avec du mortier ordinaire.

Les murs latéraux sont applicables d'abord quand les réservoirs sont enterrés seulement sur une partie de leur hauteur puisque l'on ne pourrait sans danger appuyer un corroi en béton, partie sur un talus creusé dans le terrain naturel, partie sur un sol rapporté. Ils peuvent l'être aussi quand

ils sont creusés dans un rocher à assises puissantes qui se creuserait difficilement en talus. On pourra alors tailler les parois de la fouille verticalement et y appuyer les murs dont l'épaisseur devra être calculée pour prévenir les infiltrations; c'est-à-dire depuis $0^m.20$ jusqu'à $0^m.30$ ou $0^m.40$, suivant la nature des matériaux employés à la construction des murs et en ayant soin d'augmenter l'épaisseur à la base en leur donnant un fruit progressivement croissant.

On peut couvrir les réservoirs, soit avec un simple toit, soit avec des voûtes plates et minces.

À Amiens, en 1844, on a construit un réservoir à demi-enterré qui se trouve dans les conditions qui viennent d'être indiquées. Il contient 2300 mètres cubes d'eau, avec une profondeur de 2^m et a été couvert par des voûtes en briques de $0^m.11$ d'épaisseur, supportées par des piliers également en briques de $0^m.35$ de côté, espacés de 2^m les uns des autres. Les piliers sont réunis dans un sens par des arcs doubleaux extradossés à 2^m au-dessous du fond, pour recevoir à cette hauteur les voûtes en berceau qui forment la couverture. Les voûtes, de $0^m.50$ de flèche, sont recouvertes d'une couche de sable à $0^m.15$ au-dessus de l'intrados.

À Besançon, ville de guerre, enfermée dans des fortifications et où tous les terrains sont bâtis, les réservoirs ne pouvaient être établis que sur les places publiques (Pl. III, fig. 1 à 7). Nous avons disposé l'un avec une forme octogonale dans le milieu de la place où il s'élève à des hauteurs inégales, et nous l'avons fondé sur des piliers et sur un mur extérieur continu, descendra jusques sur le rocher. Le radier porté sur ce mur et sur ces piliers a été moulé en béton sur le sol de remblai disposé en forme de voûte d'arc. Les voûtes de recouvrement sont annulaires et reposent, comme dans le réservoir d'Amiens, sur l'extrados des voûtes qui relient les piliers parallèlement au mur extérieur. Les poteaux dirigés suivant l'axe longitudinal sont reliés entre eux par des voûtes en arc doubleau qui s'étendent jusqu'au mur extérieur (fig. 5.)

L'autre réservoir est établi sous une place très-fréquentée, les voûtes de recouvrement devant supporter des charges très-considérables ont été construites en plein cintre d'une brique entière d'épaisseur ($0^m.22$) et elles reposent sur des piliers de 1^m sur $0^m.35$, reliés à un niveau inférieur par des voûtes de 1^m d'une tête à l'autre.

Lorsque les réservoirs doivent être entièrement élevés au-dessus

du sol; il faut se préoccuper des dangers qu'entraînerait leur rupture et on ne saurait prendre trop de précautions pour prévenir toute espèce de disjonction dans les maçonneries. Pour cela, il convient non-seulement de donner aux murs et aux voûtes des dimensions suffisantes pour assurer leur stabilité, mais encore d'en relier les différentes parties par des tirants en fer de dimensions suffisantes pour résister aux efforts que la poussée de l'eau et des voûtes peut produire. On peut leur donner la forme ronde ou rectangulaire.

Parmi les ouvrages de cette nature qui ont été exécutés jusqu'à présent, celui qui se trouve dans les conditions les plus défavorables est celui d'Orléans, dans lequel le niveau de l'eau s'élève à 13^m au-dessus du sol environnant. Il est de forme carrée et un quart de son étendue est représenté en plan et en coupe (Pl. III, fig. 9 et 10).

Il repose sur un mur extérieur continu et sur cinq murs transversaux qui s'y rattachent à leurs extrémités où ils sont renforcés sur 3^m.70. Les murs et ces contreforts sont reliés par des voûtes en plein cintre de 3^m.10 de diamètre, qui sont extradossées horizontalement pour former le radier du réservoir; elles ont 0^m.60 d'épaisseur à la clef.

Le bassin qui contient 5^m de profondeur d'eau est renfermé entre quatre murs d'une épaisseur de 5^m à la base et de 0^m.60 au sommet dont le parement extérieur a un fruit de 0^m.90, tandis que le parement intérieur est décrit d'un arc de cercle de 7^m.60 de rayon. Il est recouvert de voûtes plates en berceau reposant, comme dans les exemples précédents, sur l'extrados horizontal de voûtes inférieures reposant sur les piliers.

Les berceaux et les voûtes inférieures qui s'appuient sur les murs n'exercent aucune poussée sur les murs, parce que pour les voûtes en berceau elle est détruite par des tirants en fer noyés dans ces voûtes. Les travées des arcs doubleaux joignant les murs sont soutenues par des cloisons en briques de 0^m.22 d'épaisseur, percées seulement en leur milieu d'une arcade de 1^m d'ouverture et 4^m.50 de hauteur, lesquelles suppriment ainsi toute la poussée de ces arcs sur les murs, et les transforment en contreforts dont le poids vient concourir à la stabilité des murs.

Mais il ne suffisait pas d'avoir détruit la poussée de ces voûtes, il fallait encore empêcher qu'en se dilatant l'été, sous l'influence de la température, elles n'exerçassent un effort d'écartement indépendant de la poussée proprement dite. Pour cela on a laissé une lacune verticale de 0^m.04 en

à B dans les piedroits et dans les voûtes. Ce vide est masqué à sa partie supérieure par une plaque en tôle, sous laquelle les mouvements de dilatation et de contraction peuvent se faire librement.

Pour que la poussée de l'eau sur les murs inférieurs ne puisse jamais compromettre la solidité du réservoir, on a d'abord placé dans les voûtes des tirants horizontaux espacés à $1^m.90$ de distance les uns des autres, et assez forts pour ne pas rompre sous l'effort de $12,500^k$ qu'exerce cette eau par mètre courant de mur. On a ensuite donné à ce mur, comme aux constructions inférieures, une force suffisante pour que la maçonnerie ne soit pas soumise à une pression de plus de $4^k 54$ par centimètre carré.

On croit utile de reproduire ici la série des calculs, au moyen desquels on peut arriver à déterminer cette pression.

Tableau N° 1. — Servant à déterminer le poids et la position du centre de gravité de la demi-voûte en berceau et de sa surcharge (Pl. IV. fig. 1).

Indication et Dimensions des Solides.	Surface des Solides.	Poids des Solides	Distance des centres de gravité à la ligne A. B.	Moments des Solides.	Distance du centre de gravité du solide entier à l'axe.
$l \frac{1}{2} (0.26 + 0.292) \times 0.50 = 0.552 \times 0.25 =$	$0^m.138$	276^{kil}	$0^m.26$	71.70	
$j \frac{1}{2} (0.292 + 0.282) \times 0.50 = 0.674 \times 0.25 =$	0.168	336	0.76	253.36	
$k \frac{1}{2} (0.382 + 0.56) \times 0.50 = 0.942 \times 0.25 =$	0.235	470	1.24	582.80	
Totaux		$1,082^{kil}$		907.36	0.839

Tableau N° 1.

Tableau N^o 2. — Servant à déterminer le poids et le centre de gravité du mur du réservoir et de ses surcharges en eau, sable et maçonnerie au-dessus de la ligne CD (Pl. IV. Fig. 1, 2 et 3.)

Dimensions des Solides.	Surface des Solides.	Poids des Solides	Distance des centres de gravité partiels à l'axe A'B'	Moments des Solides.	Distance du centre de gravité du solide entier à l'axe A.B.
<i>Art 1^{er}. Arc doubleau et ses surcharges provenant de la voûte en berceau et du sable qui le recouvre</i>					
l (0.30 + 0.342) × 0.288 × 1.53	0.2828	565 ^{kil}	2 ^m .735		
m (0.342 + 0.465) × 0.288 × 1.53	0.3556	711	2.735		
n (0.465 + 0.70) × 0.288 × 1.53	0.5132	1.026	2.735		
<i>Total pour une demi-voûte</i>		2.402			
<i>et pour les deux demi-voûtes</i>		4.804	2.735	13.139	
<i>o</i> Surcharge en sable 1.73 × 0.34 × 0.62 × 1,500		547	2.735	1.4960	
<i>Demi voûte en berceau</i>		1,082	1.97	2.131	
<i>Art 2. — Pied-droit de l'arc doubleau</i>					
<i>1^{re} partie jusques à la lacune</i> } 0.90 × 0.34 × 2.98	0.912	1.824	2.41	4.396	
<i>2^e partie du piedroit</i> 0.60 × 1.15 × 0.34	0.236	472	3.10	1.463	
<i>Art 2. — Maçonnerie du mur du réservoir jusqu'au radier pour 3^m.80 de longueur</i>					
<i>a</i> 0.80 × 2.50 × 3.80	7.50	15.000	5.466	81.990	
<i>b</i> 0.70 × 5.00 × 3.80	13.30	26.600	3.85	75.541	
<i>c</i> 2.00 × 0.30 × 3.80	2.28	4.560	3.30	15.048	
<i>d</i> 0.60 × 3.00 × 3.80	6.84	13.680	3.20	43.776	
<i>e</i> 0.60 × 1.75 × 3.80	4.00	8.000	2.50	20.000	
<i>f</i> 1.20 × 1.25 × 3.80	5.70	11.400	2.30	26.220	
<i>g</i> 1.70 × 1.25 × 3.80	8.075	16.150	1.13	18.249	
<i>l</i> 0.90 × 0.30 × 3.80	1.026	2.052	3.95	8.105	
<i>j</i> 0.30 × 0.30 × 3.80	0.351	702	3.65	2.562	
<i>Art 3. — Charge de l'eau sur le mur</i>					
<i>g'</i> 0.85 × 1.25 × 3.80	4.037	4.037	0.56	2.260	
<i>h'</i> 1.70 × 3.75 × 3.80	24.225	24.225	0.85	20.591	
<i>e'</i> 0.60 × 1.75 × 3.80	6.65	6.650	2.10	13.965	
<i>f'</i> 1.20 × 2.00 × 3.40	8.16	8.160	2.30	18.768	
<i>c'</i> 0.60 × 1.00 × 3.40	2.04	2.040	3.10	6.324	
		151.985		376.024	2.474

Tableau N°3 servant à calculer le poids et le centre de gravité du radier, du mur extérieur et du contrefort au-dessous de la ligne CD, Fig. 1.

Indications et dimensions des Solides.	Surface des Solides.	Poids des Solides	Distance des centres de gravité partiels à l'axe A" B"	Moments des Solides.	Distance des centres de gravité.
k 5. " x 0.60 x 3 ^m .80	11.400	22.800	2 ^m .50	57.000	
l 4.46 x 1.55 x 3.80	26.269	52.538	3.55	186.509	
m 2.96 x 2.35 x 3.80	26.432	52.964	3.75	198.615	
n 3.20 x 1.60 x 3.80	19.456	38.912	3.75	145.920	
o 3.35 x 1.40 x 3.80	17.822	35.666	3.80	139.330	
p 3.75 x 1.40 x 3.80	19.950	39.900	3.85	153.615	
q 3. " x 0.60 x 3.80	8.892	17.784	3.90	69.357	
Totalux		260.564		950.346	
A déduire les vides:					
l $\pi \times 3.45 \times 1.55 = 3.53 \times 2.20$	7.766	14.532	3.35	48.682	
Vides de la voûte d'arc					
4 segments $4 \times R^2 r \left(\frac{\pi}{4} - \frac{1}{3} \right) =$ $= 4 \times 1.55^2 \times 1.45 \times 0.452 =$	6.298	12.596	1.50	18.894	
Vide de la voûte en berceau au droit					
du pilier $= \pi \frac{1.55^2}{4} \times 0.90 =$	1.696	3.392	1.50	5.088	
m 2.20 x 2.35 x 2.90	14.993	29.986	3.35	100.453	
n et o 2.30 x 3.00 x 2.70	18.630	37.260	3.30	122.958	
p 2.30 x 1.40 x 2.50	8.050	16.100	3.20	51.520	
q 2.30 x 0.60 x 2.35	3.243	6.486	3.13	20.301	
Totalux du poids et des moments négatifs		120.353		367.896	
id positifs		260.564		950.346	
		140.211		582.450	4.15

Les résultats fournis par ces tableaux ont été rapportés sur l'épure de la planche IV, fig. 1. La poussée horizontale de l'eau (47,500 kil.) agissant suivant la ligne HK et passant à 1^m.66 au-dessus du radier CD a été composée avec le poids (151,985 kil.) de l'eau, du mur et des voûtes au-dessus de cette ligne agissant sur la verticale LM et passant à 2^m.474 de l'axe A" B", a donné pour résultante une pression LN égale à 153,000 kil.

Cette pression, composée à son tour avec le poids (140,212 kil.) du radier, du mur, des voûtes et du contrefort agissant sur la verticale PQ qui passe à 4^m.15 de l'axe des moments A" B", a donné pour pression totale sur le sol rocheux de la fondation une pression totale de 295,000 kil.

Cette pression tombe dans le milieu de la base du mur et doit se répartir sur une surface de 3^m.80 sur 1^m.85, soit en centimètres carrés sur

70360⁹. La pression par centimètre carré sera donc de 4^{kil} 19.

Ainsi le réservoir a une stabilité propre, indépendante des moyens de consolidation qui y ont été ajoutés et qui consistent : 1^o en tirants noyés dans le radier et espacés seulement de 1^m.90 les uns des autres et d'une dimension suffisante pour résister aux poussées horizontales.

On a prévu en même temps, tout effort contre les murs extérieurs, provenant de la dilatation des voûtes, en ménageant dans les contreforts des voûtes supérieures, des lacunes e f (fig. 1. Pl. 4) pour empêcher cet effet de poussée de se produire.

Par surcroît de précaution, tous les tirants en fer ont été vernis à chaud au bitume de gaz et mis en place par une température de 11°. De plus, les enduits ont été exécutés après la construction des voûtes lorsque l'intérieur du réservoir était à cette même température.

Il est résulté de ces soins que le réservoir contenant 5^m de hauteur d'eau et élevé à 13^m au-dessus du sol est complètement imperméable, et que l'on ne voit pas suinter constamment les voûtes qui servent de radier au bassin, comme cela arrive généralement dans des conditions moins défavorables.

Les conduites qui alimentent les réservoirs, comme celles qui servent à distribuer les eaux qu'ils reçoivent, sont noyées dans le radier et se terminent par une bride horizontale placée un peu au-dessous du niveau de ce radier, auquel on donne une légère pente dirigée vers la conduite de décharge, qui doit avoir son orifice un peu plus bas que ceux des conduites d'arrivée et de départ des eaux.

Tous les orifices des conduites sont munis de soupapes disposées comme l'indique la fig. 4 (Pl. VIII), et manœuvrées au moyen d'une tige verticale adaptée en a sur le carré de la vis, et qui, élevée au-dessus des voûtes de recouvrement, peut être tournée à l'aide d'une clef mobile à quatre branches.

Il faut, en outre, pour que le niveau des eaux ne puisse pas s'élever au-dessus du niveau prévu, qu'un déversoir soit établi dans l'un des murs pour débiter le volume maximum que le réservoir pourra recevoir sans que ce niveau soit dépassé. On devra calculer sa largeur pour qu'une lame déversante de 0^m.05 au plus puisse suffire à ce débit. Ordinairement le conduit qui reçoit les eaux provenant du déversoir débouche dans la conduite de décharge dont il vient d'être question.

Lorsque un réservoir est divisé en deux bassins, ce qui est avantageux même avec des eaux de sources toujours limpides, on dispose la conduite de

décharge dans le milieu du massif de fondation du mur séparatif des deux bassins, deux embranchements s'en détachent pour aboutir par des tuyaux recourbés dans le fond de chacun d'eux et une tubulure horizontale reçoit le conduit descendant verticalement des deux déversoirs placés au droit l'un de l'autre dans chacun des bassins.

Il est bon de placer un escalier en fonte dans chacun des bassins, afin de pouvoir y descendre facilement. Ces escaliers se font en fonte à noyau plein et coûtent généralement de 15 à 25^{fr} la marche de 0^m.20 de hauteur.

Lorsque les réservoirs sont élevés au-dessus du sol, il faut préparer d'avance un escalier au moyen duquel on puisse monter facilement à leur partie supérieure. La position la plus convenable pour cet escalier est le centre de figure du bassin. On le place dans une tour ronde et on le construit à noyau plein en pierre de taille.

Art. 2. — Filtrage des Eaux.

Lorsque l'on emploie des eaux de rivière pour alimenter une distribution, on ne doit rien négliger pour les clarifier, au moins grossièrement, avant de les envoyer dans les conduites; car si l'on ne prend pas ce soin, les matières en suspension se déposent dans les tuyaux pendant les intermittences de l'écoulement, et les obstruent; d'un autre côté, les eaux livrées à la consommation ne sont employées qu'avec répugnance, lorsqu'elles ne sont pas propres aux usages auxquels elles sont destinées, de sorte que l'on ne satisfait pas complètement aux besoins en vue desquels leur distribution a été entreprise.

Divers moyens sont employés pour améliorer les eaux de rivière. L'un de ces moyens consiste, sur les rivières à fond de sable, à établir dans le lit même ou sur l'une des rives, mais toujours au-dessous de son niveau, des galeries voûtées dont les parois sont assez perméables pour permettre à l'eau qui filtre au travers du sable de pénétrer dans ces galeries d'où on l'élève avec des pompes. Ce moyen a été employé avec succès à Toulouse.

On peut encore avant de distribuer les eaux les faire arriver dans des bassins où elles séjournent assez longtemps pour laisser déposer le limon qu'elles tenaient en suspension. Malheureusement cela ne suffit pas pour les clarifier, et elles restent toujours plus ou moins louches, comme on peut en juger par les eaux recueillies sur le plateau de Trappes pour les besoins de la Ville de Versailles. Après un séjour de plusieurs mois dans l'étang de S^t Quentin,

elles sont encore opalines, et, pour cette raison, sont désignées sous le nom d'eaux blanches.

Pour obtenir des eaux réellement limpides, il faut les filtrer, mais malheureusement on n'est pas encore parvenu à résoudre le problème du filtrage d'une manière complètement satisfaisante.

On filtre les eaux de plusieurs manières. La plus naturelle, puisque c'est celle que la nature emploie, consiste à faire passer les eaux à travers de nombreuses couches de sable plus ou moins épaisses.

De tous les systèmes de filtres dont j'ai eu connaissance, celui de Chelsea m'a paru le plus simple, et j'en ai reproduit la disposition dans la planche IX.

Dans un bassin de forme rectangulaire avec talus à $\frac{1}{2}$ de base pour 1 de hauteur, rendu imperméable avec un corroi, soit d'argile, soit mieux de béton, on place des tuyaux de drainage de $0^m,06$ à $0^m,08$ de diamètre intérieur, espacés à $0^m,25$ d'axe en axe. On les cale, soit avec du béton, soit avec du gros gravier ou des pierres cassées à l'anneau de $0^m,06$ de diamètre et on les recouvre sur 10 ou 12 centimètres; sur cette couche très-perméable on met du gravier moins gros; puis des coquilles de moules concassées, sur 15 ou 16 centimètres, puis du gravier de plus en plus fin sur 20 ou 30 centimètres, enfin $0^m,40$ à $0^m,50$ de sable pur ou mieux de grès pulvérisé.

La couche supérieure est disposée en billons comme les champs cultivés en céréales dans les sols argileux. L'eau, avant d'arriver sur les filtres, doit avoir séjourné le plus longtemps possible dans un bassin d'épuration disposé de manière à être parcouru par l'eau dans le sens de sa longueur.

Elle doit arriver sur les filtres par une gouttière noyée dans le sable, afin qu'elle ne dérange pas la couche filtrante. Pour la recevoir après son filtrage, les drains débouchent dans une rigole longitudinale assez spacieuse pour écouler un peu de vitesse, $0^m,20$ ou $0^m,30$ par seconde, l'eau qu'elle doit débiter et qui est ainsi amenée jusqu'à la conduite d'aspiration de la machine, ou jusqu'au bassin de distribution.

Il convient de placer le fond du bassin de décantation et celui du filtre à un niveau tel que l'on puisse écouler facilement les dépôts du premier et les eaux sales du second.

Lorsqu'un filtre a reçu pendant un certain temps des eaux sales, il s'obstrue par suite du dépôt d'argile qui se forme à sa surface, et il finirait

par devenir imperméable si on laissait cette couche s'épaissir. On rend au filtre son activité en passant légèrement un râteau sur la surface du sable; mais cette manœuvre a un terme après lequel il faut nettoyer le filtre.

Deux moyens sont employés: l'un consiste à faire arriver le filtre de l'eau claire qui, en le traversant de bas en haut enlève les impuretés qui ont pénétré dans le sable. Les eaux ainsi salies sont rejetées dans un égout ou dans la rivière par des orifices préparés dans la paroi du bassin à la hauteur des parties les plus basses de la surface du sable. Le second mode de nettoyage consiste à enlever la couche de sable salie par le dépôt du limon et à la laver dans des bassins disposés à la suite les uns des autres, de manière à ménager l'eau des lavages. On combine ordinairement ces deux moyens.

Il convient d'avoir plusieurs bassins indépendants les uns des autres, afin que le service ne soit pas suspendu quand l'un d'eux est en nettoyage.

Les filtres de Toulouse dont il a été question précédemment donnent toujours le même débit quoiqu'on ne les lave jamais, mais les crûes de la Garonne, en renouvelant et remuant le banc de sable dans lequel les galeries sont établies, enlèvent les dépôts argileux déposés à sa surface d'une manière plus radicale que les moyens artificiels auxquels on a recours.

Si l'on veut enlever aux eaux les gaz délétères qu'elles peuvent contenir en dissolution, on a recours à l'emploi d'une couche de charbon que l'on intercale alors entre deux couches de sable, afin que les eaux n'aient pas une teinte noire dans les premiers moments. Le charbon doit subir un demi-écrasement. Il ne peut guère épurer que 600 fois son volume d'eau; au-delà de cette quantité, il suffit que la température s'élève pour que les gaz rentrent en dissolution, et l'eau se gâte au lieu de s'améliorer. Les eaux qui ont été filtrées au charbon ont une limpidité que ne leur donne pas le sable.

D'autres systèmes ont été mis en usage pour filtrer les eaux argileuses. M^r Fonvielle a fait exécuter des filtres disposés par étage dans des cuves cylindriques de 3^m.50 de hauteur. Quatre couches filtrantes, séparées par des intervalles vides étaient placées dans chaque cuve. Ces couches, formées de sable et de gravier, étaient intercalées entre deux feuilles de cuivre percées d'un grand nombre de petits orifices. Deux tubes verticaux, placés près de la cuve, étaient mis en communication avec chacun des espaces laissés vides entre les filtres, au moyen de conduites à robinets. Suivant la saleté des eaux, on

pourrait leur faire traverser plus ou moins de couches, et l'on opérerait le nettoyage en faisant passer l'eau à travers les filtres en sens contraire; mais les filtres s'oblitéraient promptement, et il fallut retirer le sable des filtres pour le laver et ensuite remplir quelques-uns des compartiments avec des éponges, afin de dégrossir l'eau en la faisant passer à travers ces éponges avant qu'elle n'arrivât dans le sable.

Quand les éponges étaient sales, on les retirait, on les lavait, puis on les rebourrait. C'était beaucoup plus commode, sans doute, que de retirer le sable, mais ce procédé était encore fort coûteux et on y a renoncé.

On a obtenu de meilleurs résultats de l'emploi des débris de laine provenant de la tonte des draps, connue sous le nom de laine tontisse.

Voici comment on construit ces filtres:

Dans une caisse ou cuve rectangulaire ou cylindrique, on soutient à 0^m08 ou 0^m10 du fond, un cadre sur lequel est fixé un treillage en fil de fer à mailles fines; on le recouvre d'un feutre en laine, en ayant soin d'en relever les bords contre les parois de la caisse; on fait arriver de l'eau dans la cuve jusqu'à 0^m15 ou 0^m20 au-dessus du feutre, puis on répand dans cette eau de la laine tontisse que l'on agite de manière à ce qu'elle s'y distribue bien uniformément. On fait écouler l'eau et on obtient sur le feutre une couche de laine tontisse à laquelle on donne une épaisseur d'environ 0^m04 ou 0^m05. Cela fait, on pose sur la laine un second châssis disposé comme le premier, et on le serre fortement sur la couche de laine, on calfaté avec du feutre, les joints du châssis et de la caisse, après quoi on étend, comme précédemment, une seconde couche de laine tontisse, et ainsi de suite. Ordinairement on met quatre couches. Le tout est recouvert d'un cadre et maintenu par des vis de pression. Un filtre ainsi préparé clarifie en 24 heures à peu près 60 à 80^{m³} par mètre carré.

L'eau qui traverse ces couches s'y filtre bien, mais la vase argileuse pénètre dans la couche supérieure et finit par ralentir l'écoulement: on desserre alors l'appareil, on enlève le châssis supérieur et on filtre avec les trois couches restantes. On enlève ainsi successivement le troisième châssis, puis le second, et lorsque tous sont obstrués, on remanie l'ensemble. Il est évident que pour la continuité du service, on doit avoir plusieurs filtres.

On nettoie la laine par un lavage méthodique dans une caisse à quatre ou cinq compartiments, de manière à faire servir l'eau plus d'une fois et à ne faire arriver la laine dans le compartiment où se trouve l'eau claire qu'après

qu'elle a été successivement dégrossie dans de l'eau de moins en moins salée.

On comprend que ce procédé donne une économie notable dans la dépense d'eau de lavage.

Les filtres en laine peuvent être employés avec pression et donner alors un plus grand débit.

Les filtres en sable peuvent donner 20 à 30 mètres cubes d'eau par mètre carré en 24 heures. Les filtres en laine qui donnent jusqu'à 160^m entraînent cependant encore une dépense de plusieurs centimes par mètre cube.

Chapitre 3. Distribution proprement dite.

Art. 1^{er} — Détermination du tracé et des diamètres des conduites.

Les eaux accumulées dans des réservoirs en sortent par les principales conduites destinées à les distribuer. Il en faut au moins deux pour pouvoir parer aux chances d'accident. On les dirige de manière à arriver à la meilleure répartition possible dans l'intérieur de la ville, et on les fait passer dans le voisinage des points où la consommation de l'eau sera la plus considérable, des fontaines monumentales, par exemple.

Des considérations analogues déterminent le tracé des tuyaux de moindre importance. On a soin de mettre en communication, par des conduites secondaires, les conduites principales, afin qu'en cas d'accident sur l'une de ces dernières, l'autre puisse faire le service, et que la distribution ne soit entravée que dans une très-faible étendue de la ville.

Lorsque l'on connaît le volume total à débiter pour chacune des conduites ou portions de conduite, depuis le réservoir jusqu'aux points d'arrivée extrêmes, il faut déterminer leurs diamètres. Les tables placées à la suite de ces notes facilitent ces recherches; elles donnent, pour la série des diamètres employés, la vitesse de l'eau et la perte de charge absorbée par le frottement pour chaque mètre linéaire d'un tuyau débitant un volume donné.

Pour faire connaître l'usage de ces tables, nous croyons utile de présenter divers exemples de leur application.

Ces exemples ont pour objet:

1^o L'écoulement de l'eau dans une conduite d'un débit uniforme;

2° La distribution sur une conduite destinée à alimenter sur son parcours des écoulements dont le volume est déterminé.

3° La distribution sur une conduite d'un diamètre uniforme, alimentée par ses deux extrémités.

4° La distribution sur une suite de conduites de diamètres différents.

5° Enfin, l'écoulement par un tuyau qu'alimentent deux conduites distinctes partant de réservoirs inégalement élevés : ces trois conduites d'eau étant d'un diamètre différent.

1° Écoulement de l'eau dans une conduite d'un diamètre uniforme et sans aucun orifice sur son parcours.

Soit un volume de 50 pouces ou de $0^m,0111$ à porter à une distance de 2000^m avec une pente ou charge totale de 3^m , ou une charge par mètre de $\frac{3}{2000} = 0^m,0015$, on demande le diamètre à donner à la conduite.

Nous cherchons dans la seconde colonne le chiffre 50, puis sur la même ligne, dans les colonnes qui donnent les charges, le nombre qui s'approche le plus de $0^m,0015$ sans le dépasser. Nous arrivons ainsi au nombre $0^m,0012683$, écrit dans la colonne qui répond à la conduite de $0^m,19$ de diamètre : nous voyons donc que la conduite de $0^m,19$ sera un peu trop grande pour écouler les 50 pouces; mais que celle de $0^m,162$ sera beaucoup trop petite, puisqu'il lui faudrait une charge de $0^m,002783$. Ainsi, le diamètre cherché serait peu différent de $0^m,19$, et c'est ce dernier diamètre qu'il faudrait adopter avec d'autant plus de raison que les conduites perdent toujours une petite partie de leur diamètre, l'effet de l'oxydation et des dépôts séléniteux ou vaseux qui s'y forment.*

On peut encore se proposer le problème suivant :

* Soit un volume de 10 litres ou $0^m,010$ à élever par seconde au moyen d'une machine à vapeur dans un réservoir placé à 25 mètres au-dessus du niveau du puits art des pompes et à une distance de 1000^m de ce même puits art des pompes et à une distance de 1000^m de ce même puits art.

Nous cherchons dans la première colonne le chiffre $0^m,010$, et nous voyons que ce volume peut être écoulé par la conduite de $0^m,081$ de diamètre, et par toutes celles qui ont un diamètre plus grand. Ainsi pour la conduite de $0^m,081$, la charge par mètre nécessaire pour écouler les 10 litres doit être de $0^m,067$, ce qui fait pour 1250^m une charge totale de $67^m,00$

Pour un diamètre de $0^m,108$, il faut une charge totale de 16.00
 Pour un diamètre de $0^m,135$ id 5.39

2^e Distribution d'eau au moyen d'une conduite d'un diamètre uniforme, mais alimentant dans son parcours divers écoulements d'un volume déterminé.

Nous prendrons pour exemple la distribution de l'eau de l'Ourcq, au moyen d'une conduite de 0^m.30 qui, partant de la rue des Fossés - M^r le Prince (voir le plan ci-joint) traverse la place de l'Odéon pour gagner la rue de Vaugirard, où elle doit alimenter 26 bornes fontaines échelonnées comme l'indique le plan et placées à des hauteurs connues (Pl. XII, Fig. 4).

Nous admettrons que le débit de chaque borne devra être de 8 pouces et que l'eau s'élèvera au point de départ de la conduite, à l'ordonnée 57^m.69.

Nous connaissons, du reste, par le plan, les longueurs des portions de conduite comprises entre les divers branchements; de sorte que nous pourrions remplir avec les données du problème, les colonnes 1, 2, 3, 4, 8 et 12 du tableau suivant.

Pour un diamètre de 0 ^m .162, il faut une charge totale de			2 ^m .25
2 ^e	0 ^m .190	id	1. 00
2 ^e	0 ^m .216	id	0. 57
2 ^e	0 ^m .250	id	0. 29

Ce problème est, comme on voit, tout-à-fait indéterminé. Lorsqu'on veut fixer le diamètre de la conduite, il faut calculer pour chacun des diamètres reconnus suffisants, d'abord, la force de la machine à vapeur nécessaire pour élever les 10 litres à une hauteur de 25^m.00, augmentée de la surcharge nécessaire pour vaincre les frottements dans la conduite, surcharge qui, comme on vient de le voir, varie pour les diamètres que nous avons considérés de 0^m.29 à 67^m.00, ensuite l'intérêt du capital engagé tant dans l'établissement de la machine que dans celui de la conduite. On ajoute à cet intérêt la valeur du charbon nécessaire pour faire marcher la machine pendant un an, et les frais de son entretien annuel et on obtient ainsi la dépense annuelle nécessaire pour élever les 10 litres dans le réservoir.

En comparant les résultats auxquels on a été conduit pour chacun des diamètres que l'on a considérés, on voit celui qui entraîne la moindre dépense, et qui, par conséquent, doit être préféré.

Tableau N^o 1.

Tableau N^o 1. — Service sur la conduite de la rue de Saugirand, de 0^m.30 de diamètre, alimentant 26 bornes.

Indication des différentes parties de la conduite où le débit reste constant.	Nombre de bornes à alimenter	Volume exprimé en pouces à dépenser dans l'intervalle des prises d'eau consécutives	Distance entre les prises d'eau.	Charges		Vitesse de l'eau	Nombre de coudes	Pertes		Ordonnées	
				par mètre	totales pour dépenser ces volumes			par coude	totale par l'effet des coudes	du volume qui s'élevé par les causes à l'origine des branchements des bornes	des orifices des bornes fontaines
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Prise d'eau rue Racine	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	57.67
de la rue des Fossés M ^l e Prince à l'Orléan	26	208	92	0,00217	0,200					57.89	59. "
de là à la rue Cornuillé	24	192	23	0,00183	0,042	0,60	1	0,002	0,002	57,934	58.71
" à la rue de Saugirand	23	184	66	0,00163	0,111	0,58	1	0,002	0,002	58,047	58.07
" à la rue Condé	21	168	40	0,00145	0,058					58.105	59.13
" au premier sommet	20	160	70	0,00128	0,090					58.195	58.97
" au deuxième sommet	18	144	90	0,00105	0,095					58.290	59.30
" à la rue Servandoni	16	128	55	0,00084	0,046					58.336	60.90
" au troisième sommet	14	112	20	0,00066	0,013					58.340	59.50
" au quatrième sommet	12	96	84	0,00049	0,041					58.390	59.50
" au cinquième sommet	10	80	78	0,00035	0,027					58.417	60.42
" à la rue Madame	8	64	60	0,00024	0,014					58.431	62.11
Charge dépensée par les frottements					0,737			0,004			
par les coudes					0,004						
Charge totale					0 ^m .741						

Pour dresser ce tableau, il nous a suffi de nous reporter, dans les tables, au chiffre de la dépense donnée ici en pouces, colonne 1, nous avons trouvé sur la même ligne la charge correspondante pour la conduite de 0^m.30, nous avons écrit cette charge dans la colonne 5; puis la multipliant par la longueur de la partie de la conduite dans laquelle le débit reste constant, longueur inscrite, colonne 4, nous avons ainsi obtenu la charge totale pour chaque portion de conduite. Ces résultats sont écrits dans la Colonne 6.

S'il y a un coude, nous prenons dans les tables la vitesse de l'eau répondant au volume à écouler, nous l'écrivons dans la colonne 7, nous calculons la perte de charge due à ce coude par la formule de Dubuat, $0,0123 V^2 (S_1^2 + S_2^2 + S_3^2 + \dots)$ dans laquelle V est la vitesse de l'eau, S_1, S_2, S_3 sont les sinus des angles de réflexion que fait le filet milieu du tuyau en se réfléchissant sur la paroi. Les résultats de ce calcul sont écrits dans la colonne 9 et répétées autant de fois qu'il y a de coudes pour former la colonne 10. En général on néglige la perte due aux coudes.

Mais il n'en est pas de même lorsqu'une conduite s'embranché perpendiculairement sur une autre d'où elle tire son alimentation. Il y a dans ce cas une perte de charge beaucoup plus considérable si elle se raccorde par un coude. Des expériences faites avec soin par M^r Bélanger, avec un appareil de son invention ont donné pour cette perte de charge trois fois la hauteur due à la vitesse d'écoulement dans le tuyau d'embranchement.

La colonne 11 se forme en ajoutant successivement à l'ordonnée du niveau de l'eau au point du départ de la conduite, les pertes de charge dues aux frottements dans la conduite et aux coudes. Les nombres qui y sont écrits indiquent la hauteur à laquelle s'élèverait l'eau sur les différents points de la conduite auxquels ils correspondent.

Dans l'exemple choisi nous voyons, en comparant les ordonnées portées sur une même ligne dans les colonnes 11 et 12, que l'eau s'élèverait sur tous les points à une hauteur supérieure à celle des orifices des bornes.

Nous voyons de plus qu'à raison de l'abaissement progressif du sol, le diamètre aurait pu être diminué vers la rue de Madame si ce diamètre de 0^m.30 n'avait dû être maintenu par un autre motif*.

3^o Distribution sur une conduite alimentée par ses deux extrémités.

Nous prendrons, pour exemple, la conduite Poissonnière - Racine qui part de l'aqueduc de ceinture en a (voir le plan) pour aboutir au bassin

* On voulait que la conduite en question pût servir d'une part à distribuer les eaux pendant l'ouverture des bornes-fontaines, d'autre part à mettre en communication les réservoirs de la rue de Taugirard et ceux de la rue Racine; par cette raison, on avait conservé partout le diamètre de 0^m.30.

Racine en V, et qui est alimentée à la fois par ses deux extrémités, lorsque l'on ouvre toutes les bornes à établir tant sur la conduite que sur ses branchements. L'eau de l'aqueduc se maintient constamment à l'ordonnée 50^m, tandis que le niveau moyen des bassins est à l'ordonnée 56^m.

Cette conduite est exécutée avec un diamètre de 0^m325 et alimente 132 bornes-fontaines grossées, savoir:

Directement sur la conduite, tant sur la rive gauche que sur la

	rive droite	22 „
sur le branchement de la rue de Taugiard		26 „
id du marché S ^t Germain		32 „
id de la rue de Bussy		30 „
id de la rue d'Anjou S ^t Germain		2 „
id du pont de Lodi		5 „
id du quai de la Monnaie		7 „
id de la Cité		8 „

Total 132 „

Il s'agit de savoir comment le service se fait dans toute l'étendue de cette conduite de 3775^m de longueur.

On a d'abord à chercher en quel point de la conduite les eaux, venant de l'aqueduc de ceinture, sont équilibrées à celles partant des bassins. Pour résoudre cette question, il faut nécessairement faire une hypothèse sur le nombre des bornes à alimenter par chaque extrémité, et calculer dans un tableau analogue à celui N^o 1, la hauteur à laquelle s'élèveraient les eaux au point hypothétique de rencontre des deux écoulements en sens contraire.

Si les ordonnées de ces hauteurs sont inégales, on augmente le débit du côté où la charge est restée plus grande et on arrivera facilement à l'égalité de charge. C'est en suivant cette marche que nous avons établi les tableaux N^{os} 2 et 3.

Tableau N^o 2.

Tableau N°2. Service sur la conduite Poissonnière, depuis l'aqueduc de ceinture jusqu'au carrefour de Buci, en supposant que cette conduite ait partout un diamètre de 0^m.325 et qu'elle alimente 44 1/2 bornes-fontaines.

Indication des différentes parties de la conduite où le débit reste constant 1	Nombre de bornes à alimenter 2	Volumés exprimés en pouces à dépense dans l'intervalle des prises d'eau consécutives 3	Distance entre les prises d'eau 4	Charges		Vitesse de l'eau 7	Nombre de coudes 8	Pertes		Ordonnées des niveaux auxquels s'élèveront les eaux à l'origine de chaque branchement 11
				par mètre pour 5	totales dépense ces volumés 6			par coude 9	totales par l'effet des coudes 10	
Eau dans la bêche, à l'ordonnée	"	"	"	"	"	"	"	"	"	50. "
De la bêche de prise d'eau à la rue Richer	44 1/2	356	780	0,00442	3,448	0,98	1	0,004	0,004	53. 452
De là, à la rue Bergère	42 1/2	340	225	0,00404	0,909					54. 361
id au boulevard	40 1/2	324	160	0,00368	0,589					54. 950
id au souil de la rue Poissonnière	36 1/2	292	185	0,00298	0,551					55. 501
id id Comtesse d'Artois	34 1/2	276	600	0,00265	1,590					57. 091
id au terre plain du Pont-Neuf	33 1/2	268	870	0,00250	2,175	0,73	2	0,002	0,004	59. 270
id à la prise d'eau du quai Conti	25 1/2	204	120	0,00148	0,178					59. 448
id id rue du pont de Lodi	18 1/2	148	96	0,00080	0,077					59. 525
id id de la rue d'Anjou	12 1/2	100	40	0,00039	0,016					59. 541
id id de la rue Christine	10 1/2	84	46	0,00028	0,013					59. 554
id id de la rue Contrescarpe	9 1/2	76	66	0,00024	0,016					59. 570
id id du Carrefour de Buci	8 1/2	68	60	0,00020	0,012					59. 582
Charge totale absorbée par les frottements				9,574				0,008		
id par les coudes				0,008						
Charge totale employée				9 ^m .582						

Tableau N^o 3. — Service de la conduite Poissonnière depuis les bassins Racine et le carrefour de Buci, en supposant un diamètre uniforme de 0^m.32 et une alimentation de 87 ½ bornes.

Indication des différentes parties de la conduite où le débit reste constant.	Nombre de bornes à alimenter	Volumen exprimés en pouces à dépendre dans l'intervalle des prises d'eau consécutives	Distance entre les prises d'eau.	Charges		Vitesse de l'eau	Nombre de Coudes.	Pertes		Ordonnées des niveaux auxquels s'élèveront les eaux à l'origine de chaque branchement
				par mètre pour dépendre ces volumes	totales			par Coude	totales par l'effet des coudes.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Niveau moyen des bassins à l'ordonnée	"	"	"	"	"	"	"	"	"	56. 00
Des bassins à la rue des fossés M ^e le Fince	87 ½	700	100	0,01641	1,641	1,93	3	0,016	0,048	57. 689
De là, à la rue de l'Observance	59 ½	476	126	0,00782	0,985	1,31	1	0,008	0,008	58. 682
id à la rue de Couraine	58 ½	468	66	0,00075	0,495	"	"	"	"	59. 177
id au carrefour de l'Odéon	57 ½	460	36	0,00731	0,263	"	"	"	"	59. 440
id à la rue des Boucheries	25 ½	204	52	0,00148	0,077	"	"	"	"	59. 517
id au seuil de la rue de l'ancienne comédie	23 ½	188	55	0,00127	0,070	"	"	"	"	59. 587
id au carrefour de Buci	21 ½	172	92	0,00107	0,098	"	"	"	"	59. 685
Charge absorbée par les frottements				3,629					0,056	
id par les coudes				0,056						
Charge totale employée				3,685						

Il résulte de la presque égalité des chiffres 59^m.58 et 59^m.68, donnant la charge au carrefour Buci, que c'est bien réellement à ce carrefour que s'établit l'équilibre et que sur les 30 bornes qui alimente le branchement à faire en ce point, 8 ½ reçoivent leurs eaux de l'aqueduc et 21 ½ des bassins Racine.

Si parmi ces pressions nous prenons celle qui a lieu à l'origine du branchement du marché S^t Germain, au carrefour de l'Odéon, nous voyons que l'eau ne s'élève en ce point qu'à l'ordonnée 59^m.44. Or, ce branchement alimente une borne placée à l'angle des rues du Dragon et Baranne qui ne peut couler qu'autant que l'eau s'y élève à l'ordonnée 62^m.50. Il faut donc que la charge

totale dépensée depuis le carrefour de l'Odéon jusques-là ne soit que de 3^m.06.

Pour nous assurer si cette charge est suffisante, nous supposons d'abord que la conduite (voir le plan) n'a que 0^m.216 de diamètre. Puisqu'elle doit alimenter 32 bornes dépendant 256 pouces, il faudrait, d'après les tables, une charge par mètre, de 0^m.0160 et pour 63^m jusqu'au sommet de la rue des Quatre-Vents, 1^m.10; de là à la rue de Seine, il n'y a plus à alimenter que 30 bornes. La dépense sera donc de 240 pouces, laquelle exigerait, d'après les tables, une charge par mètre de 0^m.0142 et pour 70^m. 0^m.984. Les deux tiers de la charge dont on peut disposer (3^m.06) seraient donc déjà dépensés en arrivant à la rue de Seine; ainsi une conduite de 0^m.216 serait trop faible.

En faisant le même essai sur une conduite de 0^m.25, on trouverait, comme nous allons le faire, que ce diamètre sera suffisant. Ainsi, la conduite Poissonnière peut conserver partout un diamètre de 0^m.325.

4^e. Distribution au moyen d'une suite de conduites de différents diamètres.

Si nous reprenons le problème que nous venons de poser dans les deux derniers paragraphes relatifs à la troisième question et que nous essayons une conduite de 0^m.19 jusqu'à la rue de l'Égout, puis une conduite de 0^m.108 jusqu'au Carrefour S^t Benoît, enfin une conduite de 0^m.081 du Carrefour S^t Benoît à la rue du Dragon, nous reconnaitrons la possibilité d'opérer ainsi la distribution. C'est ce que démontre le tableau suivant:

Tableau N^o 4. —

Tableau N° 4. — Distribution sur la conduite
du marché S^t Germain (Pl. XII, Fig. 4).

Indication des différentes parties de la conduite où le débit reste constant. 1	Nombre de bornes à alimenter 2	Volumos exprimés en pouces à dépenser dans l'intervalle des prises d'eau consécutives 3	Distance entre les prises d'eau 4	Charges		Vitesse de l'eau. 7	Nombre des coudes 8	Pertes par coude 9	Ordonnées des niveaux auxquels s'élèveront les eaux à l'origine de chaque branchement 10
				par mètre pour dépenser ces volumos 5	totales 6				
Conduite de 0 ^m .25.									
Départ du carrefour de l'Odéon à l'ordonnée	"	"	"	"	"	"	"	"	59 ^m .440
De là au sommet de la rue des 4 Vents	32	256	63	0,00774	0.488	1.15	1	0.004	59.932
id à la rue de Seine	30	240	70	0.00688	0.482	"	"	"	60.414
id au seuil de la rue Lobinon	21	168	72	0,00343	0.267	0.76	1	0.002	60.683
id à l'entrée de la rue Guisarde	19	152	82	0.00283	0.232	"	"	"	60.915
id à la rue Princesse	14	112	50	0.00157	0.078	0.50	1	0.001	60.994
id à la rue des Canettes	12	96	60	0.00117	0.070	0.48	1	0.001	61.065
Conduite de 0 ^m .19.									
De la rue des Canettes à la rue de l'égout	10	80	168	0.00310	0.521	0.62	2	0.002	61.588
Conduite de 0 ^m .108.									
De là au sommet de la rue de l'égout	4	32	42	0.00826	0.347	0.776	tubulure (a)	0.091	62.026
Conduite de 0 ^m .081.									
De là au carrefour S ^t Benoît	2	16	80	0.00874	0.699	0.693	"	"	62.725
De là à la rue du Dragon	1	8	100	0.00235	0.235	0.346	tubulure (a)	0.018	62.978
Charge dépensée par les frottements				3.419					
id par les coudes				0.119					
Total				3.538					

Il résulte de ce tableau que les eaux arrivent rue du Dragon à l'ordonnée 62^m.418. Nous avons vu qu'il suffisait qu'elles arrivassent à l'ordonnée 62^m.50. — Ainsi le service doit se faire avec les conduites des diamètres que nous

(a) La perte de charge produite par une tubulure est, comme nous l'avons vu, égale à trois fois la hauteur due à la vitesse. Ainsi cette hauteur étant de 0^m.302 pour la vitesse 0^m.776 et de 0^m.006 pour la vitesse de 0^m.346, les pertes totales de charges sont respectivement de 0^m.091 et de 0^m.018. On peut négliger entièrement la perte de charge due aux coudes arrondis; mais il importe d'avoir égard à celle provenant des tubulures.

5°. Écoulement pour une conduite unique, alimentée par deux autres.

Nous prendrons, pour exemple, la conduite de S^t Maur et la conduite de la Bastille qui, partant, l'une du bassin de la Villette, l'autre de la bache S^t Laurent, se réunissent à la place de la Bastille et se continuent par une conduite unique que nous appellerons conduite de la Bièvre jusqu'à l'entrée de la Bièvre dans Paris et nous chercherons quel volume d'eau serait versé par ce système de conduites dans le lit de la Bièvre.

La conduite de S^t Maur a 0^m.40 de diamètre sur 3.817^m de longueur, puis 0^m.30 seulement sur 752^m jusqu'à sa réunion à la conduite de la Bastille.

La conduite de la Bastille a 3362^m de longueur et un diamètre uniforme de 0^m.25.

La conduite de la Bièvre a un diamètre uniforme de 0^m.30 et une longueur de 3217^m.

Le bassin de la Villette dont le niveau légal est à l'ordonnée 50^m. est ordinairement à l'ordonnée 49^m.60.

L'eau de la bache S^t Laurent, d'où part la conduite de la Bastille se trouve à l'ordonnée 50^m.10.

Enfin, la conduite de la Bièvre débouche à l'ordonnée 67^m.10.

Pour déterminer le volume d'eau qui serait fourni dans la Bièvre et limiter les tâtonnements, nous commencerons par supposer que la conduite a un diamètre constant de 0^m.30 et qu'elle a une longueur égale à la distance totale de la bache S^t Laurent au débouché dans la Bièvre. Nous trouverons ainsi une pente ou charge par mètre de

$$\frac{67.10 - 50.10}{3.217 + 3.362} = \frac{17.00}{6.579} = 0.00273$$

En prenant cette charge dans les tables, nous trouvons qu'avec une conduite de 0^m.30, cette charge produirait 235 pouces, et que, avec une conduite de 0^m.40, ayant une charge par mètre de 0^m.0022, le produit serait de 445 pouces. Nous avons pris le chiffre de 300; mais, par un court tâtonnement nous avons trouvé qu'il était un peu trop fort et que le chiffre 297 satisfaisait le mieux.

En effet, si nous admettons cette dépense, nous trouvons que pour la conduite de la Bièvre qui a 0^m.30 de diamètre et 3217^m de longueur, la charge

sera par mètre, de $0^m,00429$, et pour $3,217^m$ de $13^m,80$, de sorte que la conduite de la Bièvre ayant absorbé cette charge de $13^m,80$, il restera pour la charge :

1^o Sur la conduite de la Bastille, $67^m,10 - (50,10 + 13,52) = 3^m,20$, laquelle sera par mètre $\frac{3,20}{3,362} = 0,000950$ et répondra (voir les tables) à une dépense de 86 poncea.

2^o Sur la conduite qui suit les rues S^t Maur et de la Roquette, $67-10 - (49,60 + 13,80) = 3^m,70$. Et cette conduite devra dépenser $297,86 = 211$ poncea.

Or, si nous cherchons dans les tables quelle charge est nécessaire pour débiter ce volume par une conduite qui a $0^m,40$ de diamètre sur $3,817^m$ et $0^m,30$ sur 752^m , nous trouvons :

1^o Que, pour la conduite de $0^m,40$, il faut par mètre, $0,000549$,
ce qui fait pour $3,817^m$ $\frac{0,000549 \times 3,817}{1} = 2^m,13$

2^o Que, pour la conduite de $0^m,30$, il faut par mètre,
 $0^m,002208$, ce qui fait pour 752^m $\frac{0,002208 \times 752}{1} = 1,66$

Charge totale $\frac{2,13 + 1,66}{1} = 3^m,79$

et ce chiffre, $3^m,79$ répond à une fraction près à la charge effective de $3,70$ de la conduite S^t Maur; ainsi il est démontré que les deux conduites afférentes de S^t Maur et de la Bastille réunies à une seule conduite à partir de la place de la Bastille verseront dans la Bièvre un peu moins de 297 poncea.

Art. 2. Disposition des robinets et ventouses.

Quand on a déterminé le tracé des différentes branches d'une distribution d'eau et le diamètre des conduites que l'on doit employer, il y a lieu de s'occuper de la disposition des robinets destinés à intercepter la communication entre les différentes parties du réseau des conduites et à les rendre indépendantes les unes des autres.

Supposons, par exemple, que nous ayons deux conduites principales partant d'un réservoir commun et se dirigeant dans la ville, de manière à ce qu'elles aient à faire chacune à peu près le même service. Sur ces deux conduites viennent s'adapter ensuite les embranchements secondaires. Il y aura tout d'abord avantage à ce qu'un accident arrivé en un point de l'une des conduites principales ne puisse interrompre le service sur toute sa

longueur. Nous aurons, pour cela, besoin de robinets d'arrêt qui les diviseront en parties à peu près égales. A Paris, ils sont espacés de 800 à 1000 mètres sur les grosses conduites. Cet intervalle est peut-être trop considérable bien que ces conduites soient assez rapprochées pour se suppléer mutuellement.

Il est plus utile encore d'avoir des robinets à l'embranchement de toutes les conduites secondaires, afin qu'en fermant leur communication avec la partie de conduite accidentellement mise en décharge, elles puissent être alimentées par la conduite principale la plus voisine, et que la privation d'eau ne s'étende que sur une faible partie de la ville. On arrive ainsi à placer un robinet à chaque ramification, de manière à restreindre autant que possible le champ des réparations à effectuer. C'est une disposition importante, surtout quand les eaux alimentent des établissements industriels qui se trouvent forcés de chômer lorsque la distribution est arrêtée.

Outre les robinets d'arrêt, il est nécessaire d'avoir des orifices de décharge qui permettent de vider une conduite à volonté et en peu de temps; on proportionne les dimensions des robinets qui ferment ces décharges au volume d'eau qu'ils doivent déverser, de manière à laisser écouler en une demi-heure ou trois quarts d'heure au plus toute l'eau comprise entre les robinets d'arrêt les plus voisins. Il est clair que ces robinets doivent être placés dans les points les plus bas des conduites, et cela fait voir que l'on doit apporter une certaine attention dans la position des robinets d'arrêt. Si nous avons une conduite qui suive les pentes du sol, il y a intérêt à les établir dans les points les plus bas de cette conduite et à placer de part et d'autre des robinets de décharge dont chacun serve à vider les conduites qui viennent y aboutir des versants voisins.

Ces robinets de décharge ont parfois à verser une quantité d'eau considérable. S'il existe des égouts dans le voisinage, on les y fait déboucher. Dans le cas contraire, lorsque le sol est facilement perméable, on peut laisser l'eau s'y perdre sans grand inconvénient; mais si le sol est peu perméable, il faut préparer, à côté du robinet de décharge, un puits capable de recevoir tout le volume d'eau versé. Parfois on emploie une conduite spéciale pour établir une communication avec un puits du voisinage.

Quand il s'agit de petites conduites, on les fait, en général, se vider dans un trou creusé dans le sol, et dont le fond est garni d'empierrement.

Chapitre 4. Exécution des Conduites.

Art. 1^{er} - De la nature des Tuyaux.

On a fait usage de tuyaux de différentes sortes. On a d'abord employé ceux en poterie, plus tard on les a faits en plomb, ensuite en fonte, puis en tôle. Dans ces derniers temps, on a essayé de revenir aux premiers; mais, malgré leur bas prix, ils ont sur les autres une infériorité marquée dès qu'ils doivent supporter une charge un peu considérable, et ils ne sont guères bons que pour remplacer des aqueducs en maçonnerie. On a fait aussi des tuyaux en bois, mais nous ne ferons que les mentionner, car ils ont été abandonnés depuis longtemps pour de nombreux motifs.

§ 1^{er} - Conduites en plomb.

A partir de 1835, les tuyaux en plomb ont été également abandonnés pour les conduites à poser sur les voies publiques, à raison de l'élévation de leur prix et des dégradations auxquelles ils sont sujets. Ainsi les conduites en plomb exposées aux alternatives de la température se retirent par le froid, et ce retrait détermine une tension longitudinale sur l'action de laquelle les portions les moins résistantes s'allongent; l'effet de la chaleur produisant ensuite une augmentation de longueur, les tuyaux forment des ondulations et perdent de leur solidité. Lorsqu'on vide les conduites, l'air se loge dans les points les plus élevés, gêne l'écoulement, et il faut un temps considérable pour le forcer, ou à se dissoudre ou à se dégager.

Malgré les perfectionnements apportés à leur fabrication les tuyaux en plomb ne servent que pour amener l'eau de la voie publique dans l'intérieur des habitations et pour alimenter les orifices d'écoulement, parce qu'ils se contourment sans difficulté. Dans ce cas, ils sont d'un usage à peu près exclusif. Les conduites en plomb sont ordinairement formées de morceaux plus ou moins longs suivant leur diamètre. Ils sont d'autant plus longs qu'ils sont plus petits. On assemble ces tronçons de deux manières: avec des brides en fer ou avec des soudures.

Pour faire ce dernier assemblage, on coupe en cône l'extrémité de

l'un des tuyaux, et l'on taille la contre-partie en sens inverse de manière que les deux parois rapprochées l'une de l'autre donnent un joint aussi fin que possible.

Lorsque le joint est ainsi préparé et que le métal bien vivifié avec un outil tranchant a été saupoudré de résine en poudre, l'ouvrier plombier, dont la main gauche est garantie par plusieurs étoffes de laine superposées, se sert de la main droite pour puiser dans une marmite, avec une poche en tôle, de la soudure fondue, et la verse sur le joint en tenant sa main gauche sous ce joint, et recevant ainsi sur l'étoffe le métal en fusion, qu'il applique sur les parties latérales et inférieures de ce joint. Il arrive ainsi à échauffer le plomb et à l'amener à peu près à la température de la fusion, de manière que la soudure un peu refroidie y adhère. A ce moment, il forme avec cette soudure à demi coagulée qu'il manie avec sa main gauche, un bourrelet sur le joint et la fixe ensuite plus solidement aux deux bouts de tuyaux, au moyen du fer à souder.

Mais ce procédé ne peut être employé que pour de petits tuyaux. Pour les grands on engage sur le tuyau une bague ou bride mobile en fer, percée de trous, puis on le chauffe à son extrémité avec un réchaud plein de charbon de bois, de manière à rendre facile le repoulement de l'about avec un maillet, on forme ainsi à son extrémité un bourrelet qui s'oppose à la sortie de la bague. On fait la même opération sur le tuyau qu'on veut relier au premier; lorsque les deux bourrelets sont bien dressés sur leurs faces opposées on les rapproche et on passe dans des trous pratiqués dans les brides des boulons à écrou, dont le serrage comprime fortement l'un contre l'autre les deux collets que l'on a battus aux extrémités.

Quelquesfois on intercale entre les deux collets une rondelle en cuir.

§ 2. - Conduites en fontes.

Les tuyaux le plus généralement employés sont en fonte, de 2^m.50 à 3^m.00 et même 4^m.00 de longueur, non compris le joint. L'une de leurs extrémités porte un emboîtement cylindrique formant saillie sur le corps du tuyau, l'autre se termine simplement par un cordon saillant de quelques millimètres (pl. V Fig. 1, 4 et 5). L'emboîtement est pénétré sur sept centimètres $\frac{1}{2}$ de profondeur seulement, par le petit bout du tuyau emboîté, quoiqu'il puisse s'enfoncer de un centimètre de plus. Cet intervalle permet la dilatation.

Ainsi les tuyaux qui ont $2^m.60$ de longueur utile ont $2^m.675$ de longueur réelle; ceux de $3^m.00$ ont $3^m.075$ etc.

Ces tuyaux doivent être coulés verticalement pour que leur épaisseur soit uniforme et puisse être réduite à ce qu'exige la solidité.

Pour assembler ces tuyaux entre eux, on fait entrer dans l'emboîtement de l'un le plus petit bout de l'autre, puis, au moyen d'un ciscau à mator, on fait pénétrer de la corde goudronnée dans le joint qui sépare les deux parois, où elle est arrêtée, fig. 4, par la saillie de 10.005 que forme le filet du tuyau intérieur. Lorsqu'elle est fortement comprimée et qu'il ne reste plus que quatre centimètres jusqu'à l'extrémité du joint, on ferme intérieurement l'entrée de ce joint avec un boudin d'argile plastique, en réservant à la partie supérieure une sorte de godet dans lequel on verse du plomb fondu à une température assez élevée pour qu'il ne se refroidisse pas au point de se solidifier avant d'avoir rempli le joint. On constate la température avec un morceau de papier trempé dans le métal en fusion; on coule le joint quand le papier s'enflamme. Le plomb forme ainsi, entre la corde et le boudin de glaise une bague continue. Pour que cette bague ne puisse pas être repoussée par la pression de l'eau, la paroi intérieure de l'emboîtement porte, à environ deux centimètres de son extrémité, un petit refoulement annulaire. Le plomb, en y pénétrant, forme une saillie qui ne lui permet pas de sortir même lorsqu'en se refroidissant, il se détache de la surface extérieure pour se servir contre celle qu'il embrasse. Après le refroidissement du plomb et l'enlèvement de la glaise, on comprime le métal dans tout le pourtour du joint et on le rend ainsi parfaitement étanche.

Lorsqu'on a à placer des robinets, il faut qu'on puisse les changer sans être obligé de couper un tuyau. A cet effet, quelques-uns de ces tuyaux se terminent par une bride (Fig. 1 et 2, Pl. V).

A la jonction de la bride au corps du tuyau, celui-ci est renforcé par un congé et souvent par une surépaisseur de 4 ou 5 centimètres de longueur qui forment ce que l'on nomme un filet. Cette disposition est nécessaire parce que les gaz qui se dégagent du moule pendant la coulée produisent souvent des soufflures dans les coudes, et qu'il faut suppléer par la surépaisseur au défaut de solidité qu'elles causent. Dans le même but, on a soin de raccorder l'emboîtement au corps du tuyau par des doucines assez allongées (Fig. 1 et 5, - Pl. V et Pl. VI.)

La face des brides est un peu évasée et présente un fruit de $0^m,004$ à $0^m,005$ pour une longueur de $0^m,070$ à $0^m,085$. On interpose entre les brides de deux tuyaux une rondelle en plomb, à section évasée, puis on les serre fortement avec des boulons à tête et écrou, et on met le plomb comme dans les joints à emboîtement. Si la face des brides était perpendiculaire à l'axe, le plomb comprimé pénétrerait en boursouflures dans l'intérieur de la conduite et gênerait l'écoulement de l'eau.

Quand une conduite se contracte par l'effet d'un refroidissement, les tuyaux emboîtés peuvent se prêter, sans grave inconvénient, au léger mouvement qui se produit. Mais quand on assemble tous les tuyaux avec des brides, le retrait, en s'exerçant sur ces brides les casse. Lorsque l'on a de vieilles conduites ainsi établies, on remplace les brides par des manchons: pour cela, on a besoin de détruire la saillie des brides, on introduit dans un manchon les extrémités des deux tuyaux et on refait deux joints à emboîtement. Cette introduction ne pouvant se faire sans démonter au moins l'un des tuyaux, il en résulte une main-d'œuvre considérable. Pour l'éviter, on fait des manchons dits à coquille, formés de deux parties qui s'assemblent à brides.

Pour augmenter la solidité des joints à emboîtements le manchon présente en dedans, à une petite distance de chaque extrémité, une saillie qui empêche la corde de pénétrer indéfiniment dans le joint.

Lorsque les conduites changent de direction, on passe de l'une de ces directions à l'autre, au moyen de tuyaux courbes de $\frac{1}{8}$ ou de $\frac{1}{4}$ de cercle. Ces tuyaux se relient aux tuyaux droits qu'ils servent à raccorder soit au moyen de brides, soit par emboîtement. On leur donne cinq millimètres d'épaisseur de plus qu'aux tuyaux droits de même diamètre.

Dans le système à emboîtement, si les conduites ont un fort diamètre, il arrive qu'en fermant les robinets d'écoulement, l'eau vient frapper avec une grande force la partie concave du tuyau courbe, et tend à déboîter les deux tuyaux, quand les conduites sont enterrées; le sol s'oppose à ce déboîtement, mais quand elles sont dans des égouts il faut forcément agraffer la partie courbe à la muraille. Le danger que nous venons de signaler n'existant pas pour les conduites de gaz, on adopte toujours le système des emboîtements.

A mesure que les conduites augmentent de diamètre, il faut augmenter le rayon de courbure des tuyaux courbes. Pour les conduites de $0^m,40$ de diamètre il ne faut jamais adopter un rayon inférieur à $1^m,00$, pour

celles de 0^m.60, il faudrait porter le rayon à 1^m.50, tandis que l'on se contente de 0^m.50 pour les tuyaux de 0^m.081 à 0^m.20. Les coudes se font ordinairement de $\frac{1}{8}$ de cercle.

Embranchements. — Pour les embranchements on fait faire des tuyaux spéciaux se raccordant, d'une part à la conduite principale et de l'autre côté aux deux embranchements. Ils ont généralement la forme d'une culotte (PLXII, Fig. 3). L'un, A sert à diviser une conduite en deux autres d'un même diamètre dirigés à angle droit l'un sur l'autre, le second B est placé sur un coude, et la conduite principale conserve son diamètre, le troisième C enfin est disposé à quatre branches. Quand la conduite secondaire tombe à angle droit sur le tuyau principal, on a soin d'évaser la tubulure de jonction, (Fig. 3 D). Dans tous les cas, on place toujours un robinet à l'origine de chaque conduite secondaire, ce qui fait que les tubulures d'embranchement sont terminées par des brides.

Afin de faciliter l'exécution des travaux de prise d'eau à faire sur les conduites pour donner de l'eau dans une maison particulière on fait venir de fonte sur tous les tuyaux près de l'emboîtement, un mamelon de 0^m.08 de diamètre dont la face extérieure est plane. Ce mamelon épaissi en ce point la paroi du tuyau de 0^m.005 et permet, quand il a été percé et taraudé de recevoir un robinet que l'on visse ensuite sur la conduite en interposant un cuir entre le collet adjacent au pas de vis et la face plane du tampon. On obtient ainsi un joint très imperméable (PLXII, Fig. 1)

Plusieurs instruments ont été imaginés pour percer les conduites sur ces tampons et y adapter les robinets sans qu'il soit nécessaire de mettre les eaux en décharge, et, par conséquent, sans priver d'eau les abonnés du voisinage. Mais ces appareils sont encore l'objet de brevets d'invention.

La Ville de Paris emploie dans les égouts des tuyaux qui sont entièrement cylindriques, et que l'on réunit au moyen de bagues en fonte de 0^m.08 de longueur dans lesquelles pénètrent également les extrémités de deux tuyaux que l'on veut réunir; avant de faire recouvrir le joint par cette bague, représentée PLXII, Fig. 4, on a soin de le garnir de glaise, afin que le plomb que l'on coule pour remplir la surface annulaire entre la bague et les tuyaux ne pénètre pas.

Depuis quelques années on a imaginé divers systèmes de joints dans lesquels on emploie le caoutchouc pour relier les tuyaux en fonte. Dans les

uns les tuyaux sont rapprochés l'un de l'autre au moyen de boulons ou de maillons fixés à des oreilles venues à la fonte, de sorte que si la température baisse, que la conduite diminue de longueur, les oreilles se cassent. Dans les autres le caoutchouc est comprimé par une bague fixée à l'un des tuyaux seulement et alors l'inconvénient signalé n'existe plus. Mais il est à craindre que le caoutchouc vulcanisé ne s'altère ou ne perde son élasticité, et que les conduites ne laissent échapper l'eau.

§ 3. - Tuyaux en tôle.

Lors des premières distributions du gaz d'éclairage à Paris, vers 1820, on avait employé dans les galeries, des tuyaux en tôle. En 1832, une de ces conduites était placée dans la galerie des Martyrs; elle n'avait que douze ans d'existence et était criblée de trous; on fut obligé de la faire enlever pour éviter les explosions qui se produisaient lorsque les ouvriers allaient visiter les conduites d'eau placées dans la même galerie.

Malgré l'insuccès de ces premières tentatives, on fait maintenant un usage presque universel des tuyaux en tôle pour les conduites de gaz, parce que les compagnies y trouvent une économie de 40 % sur les tuyaux en fonte, et que les perfectionnements apportés à leur fabrication permettent d'espérer qu'ils auront une très-longue durée.

Ces tuyaux, de 4^m de longueur, exécutés en tôle plombée, sont rivés et soudés sur leur section longitudinale; on les préserve de l'oxydation à l'intérieur par un vernis en bitume minéral, à l'extérieur par une couche de bitume de même nature que celui des trottoirs.

Ces tuyaux sont légèrement coniques, ils ont quelques millimètres de plus de diamètre à une extrémité qu'à l'autre. Pour les fixer les uns aux autres, on agrandit par le moyen d'un laminoir l'extrémité la plus évasée, de manière à y former un emboîtement dans lequel on coule une bague en métal fusible, parfaitement cylindrique.

Sur l'autre extrémité, dont le diamètre est plus faible, on coule une autre bague d'un diamètre, rigoureusement égal à celui de l'emboîtement.

Cette bague porte une ou deux camélures arrondies, peu profondes, dans lesquelles on enroule quelques brins de filasse imprégnés d'une graisse formée d'axonge et de plumbagine en poudre très-fine. - On frotte toute la bague de cette même graisse, de sorte qu'en poussant l'un des tuyaux dans l'autre,

on obtient un joint précis qui ne laisse échapper ni l'eau ni le gaz.

Le vermis intérieur de ces tuyaux est fait avec du bitume minéral et de la cire; on en recouvre la paroi d'une couche de 1 à 2 millimètres d'épaisseur. L'enveloppe qui recouvre le tuyau extérieurement s'obtient en étendant sur une table de fonte une couche de sable fin, et, par dessus, une quantité de bitume suffisante pour recouvrir le tuyau d'une couche de 1 à 2^e; puis on fait rouler sur la table le tuyau préalablement entouré de spires en corde, destinées à produire l'adhérence du bitume sur le tuyau. Pour produire le refroidissement du bitume on fait tourner successivement le tuyau dans l'air et dans l'eau, en le fixant longitudinalement sur un gros cylindre tournant sur son axe.

On éprouve quelques difficultés pour faire des embranchements sur ces conduites après leur pose, lorsque l'on n'a pas préparé d'avance un orifice latéral; il faut alors dénuder la tôle et faire un trou dans le métal, au moyen d'un trepan, pour souder la conduite. Il est difficile ensuite de recouvrir le métal mis à nu et on peut craindre l'oxidation lorsque l'opération est faite sur les conduites d'eau. Pour éviter ces inconvénients, il convient de prévoir les embranchements qui sont destinés à desservir des concessions, et dans cette vue, de préparer à l'avance des tubulaires, tous les deux tuyaux par exemple.

§ 4. - Tuyaux en terre cuite.

Pour faire des tuyaux en terre, d'une forme régulière, on se sert d'une machine analogue à celle employée à la fabrication des tuyaux de drainage, seulement on soule la pâte argileuse avec une presse hydraulique, ou une machine très-puissante, parce que cette pâte doit être très-ferme. Malgré cette puissance la pâte qui a été divisée par les lames nécessaires pour relier le mandrin intérieur au cylindre enveloppant, ne se soude pas toujours parfaitement au delà de ces lames, et quand les tuyaux sont soumis à une pression un peu forte, ils se fendent longitudinalement. Dans ce cas on ne peut en faire usage que pour les conduites soumises à une faible charge. Pour qu'ils résistent il faut que les lames d'attache du mandrin soient placées avant le rétrécissement par lequel la pâte sort du récipient dans lequel agit le piston compresseur. - On s'en est servi avec avantage et économie dans les départements du Haut et du Bas-Rhin, des Vosges, etc, pour dériver et distribuer des eaux de source, coulant constamment avec peu de charge et sans changement

de température. On pourrait aussi en faire usage pour remplacer les rigoles en ciment romain dont il a été parlé plus haut.

Ces tuyaux, d'une régularité parfaite, ont généralement un mètre de longueur. On les assemble en les plaçant bout-à-bout et en les entourant d'un manchon ou tuyau de diamètre plus grand, de manière à conserver un espace de 0^m.01 environ, entre ce manchon et les tuyaux à assembler; cela fait, on bourre dans cet intervalle, du mortier de ciment.

Pour augmenter l'adhérence, on peut pratiquer des stries dans la paroi extérieure des bouts des tuyaux.

Pour faire des embranchements sur ces tuyaux, on les perce avec un trépan, au point où l'on veut établir l'embranchement, puis on vient appliquer, sur ce trou, un tuyau en plomb, à l'extrémité duquel on a battu un collier. Pour opérer le serrage de ce collier contre le tuyau principal, on a recours à un collier en fer, dans lequel passe le tuyau de plomb, et qui entoure le tuyau principal. Ce collier est composé de deux parties que l'on réunit au moyen de brides et d'écrous. Pour empêcher le fer d'être attaqué par la rouille, on le vernit avec du coltar ou bitume de gaz. Ce système de prise d'eau est exactement le même que celui dont on fait l'application aux tuyaux en fonte sur lesquels on n'a pas préparé de trous tamponnés. Pl. X, Fig. 7 et 8.

Art. 2. — Essai des Tuyaux.

Quel que soit le système de tuyaux employés, il faut les soumettre à des essais pour s'assurer qu'ils ne présentent pas de défauts. L'appareil que l'on emploie à ces effets se compose de deux plaques en fonte, reliées par des tirants en fer et montées sur un châssis en bois, formé de deux pièces longitudinales, réunies par trois entretoises. (Pl. X, fig. 3, 4, 5 et 6.) Et l'une des extrémités de ce châssis, et sur 0^m.50 ou 0^m.60 de longueur, les pièces sont doublées par d'autres pièces sur lesquelles on établit un plancher élevé à 0^m.15 ou 0^m.18 au dessus du surplus du châssis. L'une des plaques en fonte est fixée sur ce plancher à l'extrémité du châssis, par deux forts boulons qui traversent à la fois les longrines et les fourrices, l'autre plaque est fixée sur la plate-forme en fonte d'un petit charriot dont les quatre roulettes à rebord reposent sur deux barres de fer fixées sur les longrines.

La plate-forme roulante en fonte est au même niveau que le plancher.

Les deux plaques ont 0^m.04 ou 0^m.05 d'épaisseur. La celle qui est fixe vient s'adapter extérieurement un tuyau en plomb communiquant à volonté, soit avec un réservoir supérieur, soit avec une pompe foulante, à piston métallique, dite pompe de pression, et munie soit d'un manomètre Bourdon, soit d'une soupape de sûreté, dont on peut régler le poids de manière à obtenir une pression déterminée.

La plaque mobile est percée, dans le milieu de son épaisseur, d'un petit trou de 0^m.004 ou 0^m.005 de diamètre, tendant au centre du demi-cercle suivant lequel elle est terminée à sa partie supérieure. Vis-à-vis le centre on évante le trou pour lui donner issue sur la paroi qui fait face à l'autre plaque. Ce trou se bouche extérieurement avec une cheville en bois.

Quand on veut essayer un tuyau, on incline le chassis, de manière à maintenir sensiblement plus élevée l'extrémité du tuyau reposant contre la plaque mobile, afin que l'air s'échappe facilement par le trou dont on vient de parler. On interpose des matelas en cuir, (rembourrés et percés au milieu) entre les plaques et les bouts du tuyau.

Ce tuyau ainsi disposé est fortement serré entre les deux plaques au moyen d'une vis *d*, qui presse sur la plaque mobile, après avoir traversé un croisillon *bbc*, fig. 3 et 4, dont les trois branches sont traversées elles-mêmes par les trois tirants qui relient les plaques entre elles et qui sont munis d'écrous *ee*, Fig. 3.

On fait arriver de l'eau dans le tuyau, en le mettant en communication avec le réservoir ou récipient à ce destiné, et l'on enlève la cheville qui fermait le trou pratiqué dans la plaque mobile pour l'échappement de l'air. Le tuyau étant plein d'eau on ferme le trou de la plaque mobile et la communication avec le réservoir d'eau, et l'on ouvre le robinet du tuyau communiquant avec la pompe de compression que l'on met en mouvement en injectant de l'eau forcée dans le tuyau. On lui fait supporter ainsi une pression cinq fois plus grande que celle à laquelle il devra être soumis plus tard. Quand l'appareil est disposé comme nous venons de le décrire la pression n'agit que par intervalles, lorsque l'on enfonce le piston de la pompe à compression. Or il est tel défaut qui ne se manifestent pas sous une pression agissant pendant un instant très-court, et qui se manifesteraient si la même pression subsistait pendant quelque temps. Pour obtenir une pression

durable, quand on a fait agir la pompe de pression, on la fait communiquer avec un réservoir d'air comprimé qui maintient la charge aussi longtemps qu'on le veut et d'une manière constante.

Quand les tuyaux ont des soufflures, elles sont accusées par un jet d'eau qui se produit au point où elles se trouvent; dans ce cas, on rejette les tuyaux. Quand ces tuyaux ont des défauts moins considérables, de simples suintements, on ne les rejette qu'autant que ces suintements persistent à un second essai. Quand ils ne sont dûs qu'à la porosité de la fonte, l'oxydation qui suit la première épreuve suffit pour les éteindre.

À Toulouse, à Grenoble, à Versailles et ailleurs, on a remarqué dans l'intérieur des conduites anciennes, des tubercules d'oxyde de fer hydraté; ces tubercules atteignent quelquefois des dimensions considérables; on en a vu, à Paris, qui obstruaient complètement des conduites de 0^m 04 de diamètre, à Versailles, on a même trouvé des tubercules plus gros, il y en avait quelquefois cinq ou six pour une longueur de un mètre. On peut supposer que ces tubercules se produisent aux points où se trouvent des soufflures et où commence une oxydation qui se continue ensuite par une action galvanique; il paraît cependant que cette action s'arrête après quelques années comme on a pu l'observer à Grenoble où le volume fourni par les conduites avait diminué notablement pendant les huit ou dix premières années et où, depuis, les tubercules avaient augmenté plus lentement.

Art. 3. - Moyens de préserver les tuyaux de fonte de l'oxydation.

M^r Junker ayant à établir des tuyaux en fonte pour une machine à colonne d'eau alimentée par des eaux acides, a eu l'idée pour s'opposer à la destruction rapide des tuyaux, de les essayer avec de l'huile de lin. Cette huile s'introduisant dans les pores de la fonte sous l'influence de la pression, jouait le rôle d'un vernis. Ce moyen a complètement réussi; malheureusement, il est fort cher à cause des pertes produites par les projections d'huile au moment de l'essai. À Amiens, pour mettre l'idée de M^r Junker à profit en s'affranchissant d'une partie des dépenses qu'elle occasionne, on a fait immerger à chaud les tuyaux après leur essai à l'eau, dans un bain d'huile rendue siccatif par de la litharge, et dans laquelle on introduisait $\frac{1}{20}$ de son poids de cire; ce procédé a été employé en 1846, et jusqu'ici on n'a remarqué aucune trace d'oxydation dans les tuyaux. Mais il a le grave

inconveniem d'infecter l'air aux abords de la chaudière, on se fait l'immersion et on a dû y renoncer. Maintenant, au lieu d'huile, on emploie le coltar, et comme cette matière est moins fluide que l'huile, on se sert d'une chaudière cylindrique verticale au lieu d'une chaudière horizontale, l'immersion devient plus coûteuse, puisqu'il faut élever les tuyaux au dessus de la cuve verticale, au lieu de les rouler dans la chaudière horizontale.

Il résulte de cette opération un vernis qui recouvre la paroi extérieure, comme la paroi intérieure, et il y a avantage à cette double préservation parceque les tuyaux de fonte s'altèrent quelquefois par la paroi extérieure, lorsque le sol contient des matières qui peuvent se combiner avec le fer.

Art. 3. — Pose des Tuyaux.

Les conduites sont posées dans des tranchées à une profondeur suffisante pour qu'elles ne soient jamais atteinte par la gelée, c'est-à-dire à 1^m environ au dessous du sol.

Le fond des tranchées doit être bien dressé pour éviter les ondulations accidentelles. Il convient même, quand il n'en résulte pas une trop grande dépense, d'approfondir les fouilles, de manière que les conduites n'éprouvent pas dans le sens vertical les ondulations que présente la surface du sol.

Si le terrain sur lequel doit reposer la conduite est formé de remblais, ou exposé, par une cause quelconque, à éprouver des tassements, il convient de consolider le fond de la tranchée en y enfonçant un pieu cônica de 1^m.20 à 1^m.50, de l'enlever en le faisant tourner au moyen d'un levier en fer qui le traverse à la partie supérieure et de remplir l'alvéole qu'a formée le pieu enlevé avec du sable mouillé, avec du lait de chaux hydraulique.

Les grosses conduites dont la rupture sous le sol des rues pourrait causer des dommages sont placées dans des galeries souterraines servant ordinairement d'égouts. Elles y sont soutenues contre les culées au moyen de consoles en fonte qui sont scellées dans les piédroits et ont la forme indiquée Pl. XII.

Quand une conduite est établie, il faut, avant de fermer la tranchée qui la renferme, la soumettre à la pression qu'elle devra supporter pour voir si les joints sont bien étanchés; pour cela, si le réservoir est déjà construit, on met la conduite en charge et l'on en examine tous les joints. Si l'on ne peut encore introduire les eaux de la distribution, il faut produire la pression au moyen d'une pompe foulante. Il est alors indispensable de se servir d'un

réservoir d'air, car il faut que la pression se maintienne pendant le temps nécessaire pour aller examiner les joints. Quand cette épreuve fait reconnaître des fuites, on met le plomb du joint jusqu'à ce qu'il soit bien étanche.

Chapitre 5.

Forme et Construction des Robinets, Regards et Ventouses.

Art. 1^{er}. — Robinets.

Les robinets ont différentes formes suivant leur diamètre et leur destination. Lorsqu'ils sont placés sur les conduites pour en isoler les différentes parties, on leur donne le nom de robinets d'arrêt : ils ont alors le diamètre des tuyaux, ou n'en diffèrent que très-peu. — Quand ils servent à vider les conduites, on les désigne sous le nom de robinets de décharge, et leur diamètre dépend de la rapidité avec laquelle on veut opérer la vidange. Enfin, il y a des robinets de service placés aux points où l'eau s'écoule à l'air libre pour les besoins de la distribution.

Les robinets d'arrêt sont établis sur une portion de tuyau droit terminée, soit par des bouts préparés pour recevoir des soudures, quand ils doivent être soudés sur des tuyaux en plomb, soit par deux brides quand le raccordement doit se faire sur des tuyaux en fonte terminés par des brides.

Ils peuvent être à boisseau ou à vanne. On ne fait plus de robinets à boisseau que pour les diamètres de 0^m.08 à 0^m.108 au maximum. Ces robinets sont fabriqués par des fontainiers : ils ont la forme indiquée dans le dessin du robinet de 0^m.06 sous bouche à clef, Pl. VII, Fig. 4. Pour que la clef ne se serre pas dans le boisseau quand on descend la clef destinée à les manœuvrer, on recouvre cette clef par un chapeau en fonte qui s'appuie sur le boisseau et ne peut pas peser sur la clef.

Les robinets à vanne sont formés, comme l'indiquent les figures 1, 2 et 3 de la Pl. VIII, de deux parties qui s'emboîtent l'une dans l'autre, et sont solidement reliées par des brides. Le joint serré par des boulons est fait d'une couche de minium interposée entre des faces tournées.

Les deux parties des robinets sont terminées extérieurement par

des brides. La boîte contenant la vanne est de forme cylindrique. Elle est recouverte par une calotte sphérique et porte à sa partie inférieure arrondie comme le robinet une tubulure masquée par une bride pleine que l'on enlève de temps en temps pour retirer les ordures que les eaux entraînent dans la tubulure.

La vanne, fig. 1 et 2, est formée de deux disques fondus d'un même morceau et reliés tant par leurs faces latérales qu'à la partie supérieure par une sorte de tête creuse destinée à recevoir par ses orifices latéraux un écrou en bronze. Les disques, qui font avec la verticale un angle d'environ deux degrés, portent extérieurement une saillie de 0^m.01 à 0^m.05 de largeur destinée à correspondre à la paroi cylindrique du tuyau lorsque la vanne sera fermée. Sur ces saillies, parfaitement dressées, on fixe avec des vis en cuivre à tête fraisée des cercles en cuivre de 8 à 10 millimètres d'épaisseur que l'on dresse également avec un très-grand soin suivant l'inclinaison ci-dessus indiquée. Les deux parois de la boîte reçoivent également deux cercles disposés de la même manière autour de l'orifice des tuyaux.

Pour que la vanne ne ballote pas et se meuve verticalement sans frottement sur les cercles en cuivre, elle est dirigée dans son mouvement par deux guides saillant sur ses faces latérales et engagés dans une sorte de coulisse formée par deux rebords saillants, venus à la fonte, de part et d'autre sur les parois de la boîte.

Au sommet de la calotte sphérique est adaptée une boîte à étoupe dans laquelle passe une vis en cuivre (fig. 1 et 2) qui traverse l'écrou en cuivre fixé à la vanne et se trouve arrêtée dans le sens vertical par un filet carré pris entre la calotte et la boîte à étoupe. De sorte que quand on tourne la vis on fait monter ou descendre la vanne.

Lorsque, dans un système de distribution d'eau, on a plusieurs conduites principales qui doivent se suppléer, quand le service est interrompu sur une fraction de l'une d'elles, il convient de les mettre en communication par une ou plusieurs conduites transversales, et afin que celles-ci puissent alimenter l'artère principale d'un côté ou de l'autre du robinet d'arrêt qui intercepte l'arrivée directe de l'eau sur la partie qui doit être mise en décharge, on doit raccorder la conduite de secours à la conduite principale par deux embranchements munis chacun d'un robinet comme l'indique la fig. 5. Pl. IX.

Art. 2. — Bouches à clef.

Les robinets dont le diamètre n'excède pas $0^m.06$ à $0^m.08$ peuvent être posés dans un petit espace vide pratiqué autour du robinet et que l'on désigne sous le nom de tabernacle: Pl. 7, fig. 4 et 5.

Le tabernacle est formé de quatre petits murs construits en briques posées sans mortier, de $0^m.22$ en carré, et environ $0^m.30$ de hauteur, recouverts par une planche en chêne goudronnée ou en bois blanc injecté de sulfate de cuivre. Cette planche est percée d'un trou rond de 6 à 7 centimètres de diamètre, au-dessus duquel s'élève un bout de tuyau creux en bois ou en fonte arrasé au niveau du pavé et frotté à ses deux extrémités. Le vide du tuyau est fermé par un tampon en fonte dont le chassis est incrusté dans le bois. On enchaîne le tampon pour qu'il ne soit pas volé. L'ensemble de ce petit travail porte le nom de bouche à clef parce que l'on peut avec une longue clef en fer, terminée par une douille carrée, atteindre la tête de la clef du robinet et le manoeuvrer.

Pour les robinets au-dessus de $0^m.08$ à boisseau et à vanne, il faut les placer dans des regards où ils soient toujours accessibles. Ces regards, descendus à $0^m.40$ ou $0^m.50$ au-dessous des robinets, doivent avoir au moins 1^m de diamètre s'ils sont ronds et $0^m.90$ s'ils sont carrés. On adopte ordinairement la forme carrée, parce qu'elle donne plus de dégagement dans le regard.

Les murs sont maçonnés et élevés verticalement jusqu'à $0^m.70$ environ au-dessous du pavé. A cette hauteur, on resserre les parements de manière à former une espèce de voûte en arc de cloître, au sommet de laquelle on laisse une lunette de $0^m.65$ de diamètre sur laquelle on place un chassis en bois destiné à recevoir la trappe en fonte nécessaire pour fermer le regard.

Quelquesfois on place dans un regard plusieurs robinets d'arrêt et autant de robinets de décharge. Cela arrive particulièrement lorsqu'une conduite secondaire importante vient s'embrancher sur la conduite maîtresse au point où elle porte un robinet d'arrêt. Alors la conduite secondaire a deux embranchements courbes qui viennent se raccorder avec la conduite principale de part et d'autre du robinet d'arrêt; des robinets d'arrêt sont établis sur chacun des embranchements, entre les brides des huitièmes de cercle

qui forment ces coudes, et l'on a alors trois robinets. Par cette disposition, la conduite secondaire peut ou recevoir ou fournir de l'eau; quoique le service soit interrompu sur l'une des parties de la conduite principale. Dans ce cas, les regards sont très-vastes Pl. IX, fig. 5.

Art. 3. — Ventouses.

Il est nécessaire que l'air puisse entrer dans une conduite que l'on met en décharge et qu'il puisse en sortir lorsqu'on la met en charge. Pour produire cette entrée et cette sortie de l'air, on place aux points culminants des conduites, des appareils particuliers nommés ventouses. Les ventouses se composent ou d'un simple robinet que l'on manœuvre chaque fois que cela est nécessaire, ou d'un cylindre en fonte de 0^m 14 ou 0^m 15 de diamètre, terminé à sa partie inférieure par une bride venant se fixer sur une tubulure de la conduite, Pl. VIII, fig. 6 et 7; la partie supérieure de ce tuyau est fermée par un disque en fonte, au centre duquel est rivée une bague en cuivre portant un trou conique dont l'ouverture la plus faible est en haut; ce trou conique peut être bouché par une soupape également conique portant à sa partie inférieure une tige fixée à un grand ballon de cuivre se mouvant dans le cylindre en fonte; la tige de la soupape est d'ailleurs guidée. Quand il n'y a pas d'eau dans la conduite, la soupape est naturellement ouverte; elle reste ouverte quand on met la conduite en charge et permet à l'air de s'échapper jusqu'au moment où la conduite se trouve entièrement vide d'air.

Art. 4. — Écoulement de l'eau fournie par une distribution.

Comme on l'a vu précédemment, les conduites sont destinées à porter les eaux non-seulement dans toutes les habitations et les édifices, mais encore vers les différents points d'une ville où doivent être établies les fontaines monumentales, les fontaines de puisage et les bornes fontaines ou les orifices d'écoulement à fleur du sol, destinés à laver les ruisseaux pour prévenir la corruption des matières animales et végétales qui y sont nécessairement projetées.

Les fontaines publiques servant à la décoration des villes sont ou de simples gerbes jaillissantes dont l'eau retombe dans un bassin circulaire, ou des constructions monumentales en pierre, en marbre ou en fonte plus ou moins décorées. On n'en donnera comme exemple que la gerbe du Palais-Royal

fig. 1 et 2, Pl. X, dont on fait varier l'amplitude des jets en faisant varier la longueur des ajustages.

Les fontaines de puisage destinées à fournir gratuitement de l'eau aux habitants qui ne prennent pas de concession à domicile, sont, comme à Paris plus ou moins ornées; elles rentrent, quant à leurs formes extérieures, dans le domaine de l'architecture.

Les orifices à écoulement périodique, destinés à verser sur la voie publique les eaux nécessaires à l'assainissement, ont la forme indiquée; fig. 1, 2, et 3, Pl. VII; elles sont en fonte et posées sur un massif en béton.

Le tuyau en plomb ab qui les alimente, est soudé au pied de la borne sur un bout de tuyau en cuivre portant sur sa longueur une bride tournée avec deux oreilles C qui sert à le fixer, par deux boulons à vis, à la face latérale de la borne dans laquelle pénètre le tuyau. Un cuir est interposé entre le collet de ce tuyau et le renfort que porte la borne autour du trou pour faire un joint étanche.

À son extrémité, dans l'intérieur de la borne, le tuyau porte un pas de vis d, à l'aide duquel on peut, au moyen d'un raccord mobile à doubles parcontraariés, le fixer, comme les boyaux à incendie, à un moignon en cuivre également taraudé à un bout et soudé de l'autre en e à un tube en cuivre qui monte dans la borne pour recevoir le robinet destiné à verser l'eau.

Quant au mode de fermeture à l'extrémité du tuyau, destiné à donner écoulement à l'eau, il consiste en une soupape renversée (fig. 1 et 2 Pl. VII et fig. 8, Pl. VIII) ou dans un robinet cônica à clef également renversé (fig. 5, Pl. VIII). La soupape est formée d'une rondelle métallique garnie de cuir, ou d'un disque en bronze cônica; elle est tenue fermée au moyen d'un ressort à boudin ou par la vis qui la manœuvre.

Les orifices des fontaines à puisage gratuit, ou ceux des fontaines monumentales sont toujours fermés au moyen de robinets ordinaires ajustés sur les conduites, soit dans les caveaux établis sous les fontaines mêmes, soit, à défaut de caveaux, dans des regards construits au pied de ces fontaines.

Pour la facilité de la manœuvre, il convient de placer l'entrée de ces regards sous les trottoirs, en dehors de la circulation des voitures. On peut alors les fermer au moyen de plaques rectangulaires en fonte montées sur un axe qui passe sous la plaque très-près de son centre de gravité, lequel est loin de son centre de figure parce que la plaque porte un contre-poids du

côté opposé à l'entrée du caveau. Dans le mouvement d'ouverture, la bascule s'enfoncé, au-dessous du sol, dans un encuvement arrondi, Pl. IX, fig. 6, 7 et 8.

Lorsque je dirigeais le service municipal de la Ville de Paris, j'ai fait établir quelques poteaux en fonte destinés à faciliter le remplissage des tonneaux employés à l'arrosement des voies publiques. Ce service s'est généralisé dans tous les quartiers de cette ville et s'est étendu dans la plupart des villes où existent des distributions d'eau. J'ai même envoyé quelques-uns de ces poteaux à l'étranger. Les figures 8, 9, 10 et 11 de la planche VII font connaître la forme et la disposition de ces poteaux. On remarquera qu'un tuyau descend depuis le robinet placé dans la boîte qui le surmonte, dans l'intérieur de la colonne. — C'est par ce tuyau que l'eau arrive au robinet, tandis que l'air reste enfermé. Les figures 8, 9, 10 et 11 de la planche VII font connaître la forme et la disposition de ces poteaux. On remarquera qu'un tuyau descend depuis le robinet placé dans la boîte qui le surmonte, dans l'intérieur de la colonne. C'est par ce tuyau que l'eau arrive au robinet, tandis que l'air reste enfermé entre ce tuyau, la plaque supérieure et la paroi de la colonne. Cet air comprimé par la pression de l'eau, sert de ressort pour prévenir les coups de bélier, qui, sans cela, se produiraient lorsque l'on ferme rapidement le robinet de gros diamètre quand le tonneau est plein. Les bancs placés au bas du poteau servent au charrotier à monter pour manœuvrer le robinet ou à s'asseoir pendant le remplissage du tonneau.

La fig. 6 de la planche VII représente la coupe d'une bouche d'incendie de la forme la plus simple et la plus économique. Le siège A de la soupape B est fixé par un pas de vis sur un moignon C, rattaché à la conduite alimentaire en plomb par un nœud de soudure ou par des brides boulonnées. La soupape, son siège et le moignon sont en cuivre ou bronze.

La soupape est maintenue sur son siège par la pression de l'eau et par le ressort à boudin qui presse sous sa face inférieure. Elle est surmontée de quatre tiges, a, a, &c qui la maintiennent dans la position verticale. Un chapeau à vis portant deux trous à sa partie supérieure peut être manœuvré avec une clé portant deux pointes disposées de manière à s'engager dans les trous.

Lorsque l'on veut puiser de l'eau au moyen d'un boyau d'incendie, on enlève le chapeau et l'on visse à sa place un raccord en cuivre adapté à l'extrémité du boyau et portant un filet taraudé plus long que celui du

chapeau. De sorte que quand on vissera le rapport, celui-ci forcera la soupape à descendre et, par conséquent, à laisser échapper l'eau en charge dans la conduite.

Chapitre 7.

Application des principes précédents à une distribution.

Pour donner une idée plus précise des circonstances qui peuvent se présenter dans l'étude d'un projet de distribution d'eau, je crois ne pouvoir mieux faire que de donner un exemple de l'application des principes exposés précédemment. Je prendrai pour cet exemple la distribution de la ville de Besançon, parce qu'elle présente réunies des questions de principe et des difficultés d'exécution, et que je trouverai là l'occasion de développer quelques considérations sur lesquelles j'ai passé légèrement.

La ville de Besançon (Pl. XI) est à cheval sur le Doubs. La partie la plus considérable est située dans une presqu'île dont l'isthme, élevé à plus de 80^m au-dessus de la ville, est occupé par la citadelle bâtie au haut d'un rocher taillé à pic sur ses faces latérales, et à pente rapide vers la ville établie dans la presqu'île sur un sol presque horizontal, à 7 ou 8^m au-dessus de l'étiage du Doubs. Quelques maisons seulement se trouvent au bas de la croupe descendant de la citadelle, et la rue où elles se trouvent domine le Doubs d'environ 30^m.

La seconde partie de la ville est établie sur la rive droite du Doubs qui s'élève en amphithéâtre vis-à-vis de la citadelle. Ces deux parties sont réunies par un pont construit à l'époque de la domination romaine.

La ville entière est entourée de fortifications continues sur tout son pourtour excepté au pied des flancs de la citadelle.

Lorsqu'il a été question de doter Besançon d'une distribution d'eau abondante, plusieurs projets ont été présentés. Dans l'un, on élevait les eaux du Doubs au moyen d'une machine hydraulique, empruntant sa force motrice à une chute artificielle créée en A pour rendre cette rivière navigable. Dans l'autre, on élevait, soit avec la même chute, soit avec une machine à vapeur, les eaux de deux sources qui sortent de la berge droite du Doubs, l'une en B, l'autre en C. Enfin, dans le dernier, on proposait d'amener à Besançon au moyen d'une conduite, une certaine fraction d'une source acquise par

la ville à Arcier à 10 kilomètres en amont de la ville sur la rive gauche du Doubs, et sortant du flanc du coteau à une hauteur suffisante pour desservir les rues les plus élevées.

Appelé à Besançon, en 1845, par l'administration municipale, pour examiner ces différentes propositions, j'ai été d'avis d'écarter les eaux du Doubs, parce que, peu abondantes en été et retenues dans un lit très-large par des barrages échelonnés à peu de distance les uns des autres, elles ont une vitesse presque nulle, s'échauffent et finissent par perdre leur pureté; 2^o parce que, chargées de matières en suspension pendant les crues, elles ne seraient pas facilement acceptées par les habitants pour les besoins domestiques, et que, dès lors, il faudrait, ou que l'on continuât à aller aux anciennes fontaines attendre son tour pour remplir une cruche d'eau de la source qui fournit à la Ville son eau potable, ou que l'on exécutât un filtrage qui serait ruineux appliqué à un volume d'eau considérable.

J'ai repoussé l'idée d'élever les sources de la rive droite du Doubs, parce que, fournissant un volume d'eau très-faible après les étés très-secs, elles avaient le grave inconvénient de se troubler immédiatement après les grandes pluies et de s'infecter d'une odeur de fumier à leur passage au travers des couches supérieures du sol cultivé des jardins qui avoisinent la ville.

Il restait donc la source d'Arcier fournissant au minimum 8000^{m.c} en 24 heures, et dans les temps ordinaires 16,000^{m.c}. On avait proposé de dériver les eaux par une conduite en fonte de 0^m.32 de diamètre, coûtant environ 400,000 francs, un volume de 3,000^{m.c}, ou seulement 1260^{m.c} en employant une conduite de 0^m.23 revenant à 300,000 francs. Mais une seule conduite était inadmissible parce que la Ville aurait été privée d'eau à la moindre avarie, ainsi il aurait fallu compter sur une dépense de 800,000 francs pour avoir un volume de 6,000^{m.c}.

J'ai pensé que la Ville devait faire immédiatement la dépense nécessaire pour amener à Besançon le volume total dont elle peut disposer, parce que l'eau a certainement plus de valeur à Besançon à 30^m au-dessus du Doubs que dans la gorge d'Arcier où elle était mal utilisée et j'ai en conséquence proposé de dériver le produit de la source dans un aqueduc. Mais là se présentait une difficulté; il fallait exécuter un aqueduc solide et autant que possible indestructible, et malheureusement on aperçoit de Besançon à Arcier de nombreux vestiges d'un aqueduc construit par les Romains pour

dériver une autre source qui débouche également dans la gorge d'Arrier, à 10^m plus bas que la source haute. Il ne reste intact de cet aqueduc que la partie d'amont, laquelle fonctionne encore pour amener les eaux de cette source sur la roue d'un moulin appartenant à la ville. Dans le surplus de son parcours, l'aqueduc a été détruit sur beaucoup de points parce que le sol détritique dans lequel les Romains avaient établi leur construction, a coulé dans la vallée, ou a été attaqué par les propriétaires des terrains traversés.

Pour éviter ces inconvénients, j'ai proposé d'établir le nouvel aqueduc dans toute sa longueur sur le rocher, excepté en un seul point de son parcours, et pour cela de le placer, soit sur le flanc du côté du coteau lorsque le talus du rocher permettrait d'y creuser une fouille assez profonde pour recevoir l'aqueduc entièrement encasté dans le sol vierge, soit en souterrain dans les parties où la montagne serait trop à pic pour permettre de loger l'aqueduc dans le talus.

Cette proposition a été accueillie, et l'aqueduc est maintenant terminé et fournit à la ville des eaux abondantes.

Mais, comme je viens de le dire, il y a un point du parcours où l'aqueduc n'a pu être établi : c'est à la traversée d'un vallon qui se prolongeait trop loin pour que l'on pût songer à le contourner. Deux partis se présentaient pour faire passer les eaux d'un côté à l'autre de cette vallée, ou construire un pont aqueduc sur lequel on aurait continué la cumette voûtée, ou établir entre les deux parties de l'aqueduc deux conduites qui, après être descendues sur un des flancs de la dépression remonteraient sur l'autre.

Le premier moyen nécessitant la construction d'un pont aqueduc de 24^m de hauteur et 280 de longueur, offrait à l'ingénieur une occasion de construire un de ces ouvrages qui, encore fort rares à cette époque, étaient considérés comme des merveilles de l'art et font la réputation de ceux qui les ont exécutés. J'ai cru devoir résister à cette séduction et même repousser les encouragements qui m'ont été donnés dans ce sens, parce que j'ai considéré qu'un ouvrage de ce genre ne pourrait pas coûter moins de 1,200^{fr} le mètre, soit pour 280^m environ 340,000^{fr}.

J'ai donc projeté une galerie souterraine qui réunit les deux parties de l'aqueduc et dans laquelle sont placées deux conduites de 0^m.40 de diamètre. Le tout a coûté environ 70,000^{fr} c'est-à-dire 270,000^{fr} de moins qu'un pont aqueduc et cependant le service est au moins aussi bien assuré dans ce système.

que si l'on avait fait passer les eaux au sommet d'un pont d'un entretien dispendieux. Car les conduites munies de décharge à leur partie inférieure et de clapets à leurs orifices supérieurs, peuvent être visitées, entretenues et réparées quand on voudra, dans une galerie où la circulation est facile.

L'aqueduc dont la cunette est rectangulaire a une pente uniforme de $0^m.2985$ par kilomètre, sa largeur, de $0^m.70$, est également constante; la profondeur normale de l'eau est de $0^m.65$ pour un débit de $0^m^e.177$ par seconde, ou de 800 pouces. La forme de l'aqueduc et son mode de construction ont dû varier au-dessus du niveau de l'eau suivant la nature du terrain. Dans le rocher résistant, on s'est contenté de régulariser le fond par une couche de béton de $0^m.10$ à $0^m.25$ d'épaisseur, et de rocailler et enduire les parois verticales sur $0^m.75$ de hauteur. Dans ce même terrain on a voûté dans les parties en tranchées et on a conservé le ciel de roche dans les parties souterraines.

Dans les roches marneuses, on a construit des piedroits et voûté sur $0^m.30$ d'épaisseur.

La hauteur entre le ciel et le radier n'est jamais au-dessous de $1^m.00$.

Les eaux, à leur arrivée à Besançon, sont reçues dans deux bassins placés aux points culminants de la ville (Pl. X), l'un sur la place du palais à la descente de la citadelle (Pl. II), l'autre à l'extrémité opposée de la ville sous l'esplanade du fort Griffon.

Ces deux réservoirs sont mis en communication au moyen de deux conduites qui, partant du réservoir du Palais, se séparent immédiatement pour parcourir dans leur longueur deux des principales rues de la Ville, à l'extrémité desquelles elles se réunissent pour traverser le Doubs et remonter jusqu'au réservoir Griffon.

Ces conduites principales sont placées sur tout leur parcours dans des égouts qui servent à la fois à assurer l'assainissement de la ville, à recevoir le trop plein des réservoirs, et à rendre faciles et rapides l'entretien et la réparation de ces artères de la distribution.

Les tuyaux sont supportés dans les égouts au moyen de consoles en fonte scellées dans les piedroits: ces consoles, dont la section a la forme d'un T, sont calculées de manière à offrir une égale résistance sur toute leur longueur. Elles se terminent dans le mur en queue de carpe évadée, tandis qu'à leur partie antérieure elles sont relevées suivant la courbure des tuyaux et sont amincies de manière à présenter une pointe arrondie à leur extrémité. La partie inférieure est munie

d'un patin horizontal au point où elle pénètre dans le mur, afin de donner aux consoles une assiette convenable. Pl. XII, fig. 1.

Les deux réservoirs sont disposés pour recevoir les eaux à la même hauteur afin qu'elles puissent se niveler dans les moments où le service sera suspendu. Mais ils sont construits dans des conditions tout-à-fait différentes. Celui de la place du Palais (Pl. VI) a dû être élevé au-dessus du sol, pour utiliser toute la chute disponible. Il occupe une partie de la place que l'on a dû sacrifier, parce qu'il ne se trouvait pas d'autre emplacement à une hauteur convenable au pied de la citadelle. L'emplacement était du reste assez défavorable, car le sol résistant n'a été trouvé qu'à 3^m. de profondeur vers le haut de la place et à 7^m dans le bas, de sorte qu'il a fallu aller chercher ce terrain solide au moyen de piliers sur lesquels reposent les voûtes d'arêtes qui forment le radier supporté en outre par le sol de remblai.

Pour faire reposer ce radier sur un sol déjà raffermi et en même temps pour accroître autant que possible la capacité du réservoir dans un espace restreint, je lui ai donné 5^m. de profondeur.

Comme on l'a vu précédemment, le réservoir de l'esplanade du fort Griffon, au lieu de faire saillie sur le sol est au contraire enterré assez profondément au-dessous.

La distribution ainsi assurée par les réservoirs placés sur les points les plus élevés de la ville et par deux grosses conduites qui se partagent le service à peu près également, la répartition des eaux dans toutes les rues a pu se faire très-facilement et très-économiquement au moyen de conduites d'un faible diamètre, puisque chacune d'elles n'a eu à desservir qu'une circonscription très-peu étendue.

Je crois devoir arrêter ici les détails relatifs à la distribution d'eau de la ville de Besançon, espérant qu'ils suffiront pour donner une idée assez complète des difficultés que l'on rencontre lorsque l'on traite des questions analogues, et pour guider un Ingénieur dans le choix de la solution à leur donner.

Je ne suis entré dans aucun détail théorique sur l'écoulement de l'eau dans les canaux découverts et dans les tuyaux de conduites, parce que ces connaissances ne sont pas rigoureusement nécessaires et que d'ailleurs elles sont l'objet de traités spéciaux.

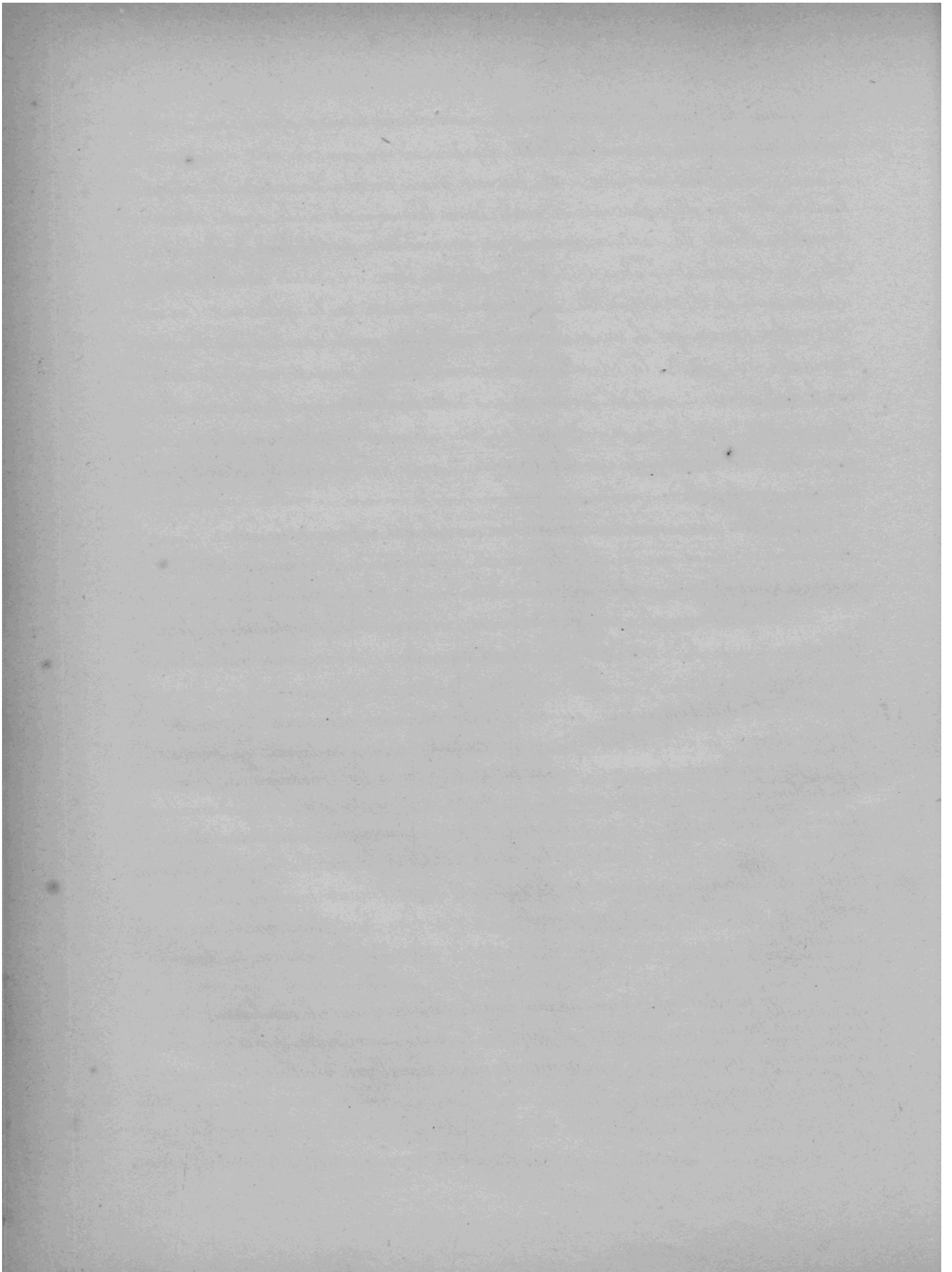


Table du Mouvement de l'eau dans les Conduites de divers diamètres Etablissant les relations entre les volumes écoulés, la charge par mètre linéaire et la vitesse.

Charges employées et vitesses produites dans les Tuyaux des diamètres de :

Volumen à écoulés expirés	Diamètre 0 ^m 06		Diamètre 0 ^m 08		Diamètre 0 ^m 10		Diamètre 0 ^m 125		Diamètre 0 ^m 15		Diamètre 0 ^m 16		Diamètre 0 ^m 18		Diamètre 0 ^m 20		Diamètre 0 ^m 225		Diamètre 0 ^m 26		Diamètre 0 ^m 30		Diamètre 0 ^m 32	
	Charge	Vitesse	Charge	Vitesse	Charge	Vitesse	Charge	Vitesse	Charge	Vitesse	Charge	Vitesse	Charge	Vitesse	Charge	Vitesse	Charge	Vitesse	Charge	Vitesse	Charge	Vitesse	Charge	Vitesse
0,001333	0,0001033	0,04709	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
0,001666	0,0001333	0,05194	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
0,001774	0,0001653	0,05279	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
0,002000	0,0001980	0,07007	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
0,002227	0,002306	0,07855	0,000065	0,0444	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
0,003336	0,0001600	0,11779	0,000110	0,0662	0,0001	0,0696	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
0,0004434	0,0007540	0,15703	0,000210	0,0854	0,000284	0,08661	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
0,0005503	0,0011300	0,16277	0,000305	0,113	0,0003254	0,0820	0,000116	0,07972	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
0,0006651	0,0015333	0,23551	0,000425	0,132	0,0004000	0,12391	0,000316	0,0818	0,00011518	0,07776	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
0,0007760	0,0020700	0,27475	0,00055	0,151	0,0003641	0,15166	0,00025	0,0900	0,0003539	0,08434	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
0,0008868	0,0026600	0,31300	0,000685	0,175	0,0006271	0,17321	0,000374	0,0917	0,0003390	0,09702	0,00035	0,0777	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
0,0009977	0,0033000	0,35323	0,000855	0,198	0,0008222	0,19486	0,000312	0,126	0,0002560	0,10015	0,000118	0,0814	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
0,0011035	0,0040000	0,39377	0,001045	0,223	0,0009703	0,21651	0,000376	0,141	0,0003666	0,12128	0,00011	0,0900	0,000351	0,0792	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
0,0012194	0,0048500	0,45177	0,00125	0,249	0,0011728	0,23816	0,000412	0,155	0,0003789	0,13341	0,000166	0,0900	0,0001851	0,08530	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
0,0013332	0,0059666	0,47105	0,001465	0,2652	0,0013291	0,25674	0,00052	0,1697	0,0003681	0,14653	0,00018	0,1086	0,0001574	0,08315	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
0,0014441	0,0065666	0,50970	0,00168	0,2873	0,0015000	0,28119	0,000596	0,1833	0,0003270	0,15765	0,00022	0,1176	0,0001674	0,10091	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
0,0015529	0,0070666	0,54853	0,00197	0,3023	0,0016659	0,30374	0,000684	0,1980	0,0003816	0,16579	0,00024	0,1267	0,0001567	0,10869	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"

Chargés employés et viticoleux produisant dans les tuyaures des diamètres de :

Viticulteurs adonnés expirés	Chargés employés et viticoleux produisant dans les tuyaures des diamètres de :											
	0 ^m 08	0 ^m 081	0 ^m 10	0 ^m 108	0 ^m 125	0 ^m 135	0 ^m 16	0 ^m 20	0 ^m 26	0 ^m 26	0 ^m 30	0 ^m 35
0.05997	2.785	2.785	0.06508	0.010977	0.01526	0.0107331	0.0071400	0.0042660	0.003667	0.00335	0.002280	0.00115
0.0144019	2.829	0.34324	0.06538	0.032066	0.01544	0.0107331	0.0071400	0.0042660	0.003667	0.00335	0.002280	0.00115
0.014441	2.873	0.34324	0.06568	0.032066	0.01562	0.0107331	0.0071400	0.0042660	0.003667	0.00335	0.002280	0.00115
0.014663	2.918	0.34324	0.06598	0.032066	0.01580	0.0107331	0.0071400	0.0042660	0.003667	0.00335	0.002280	0.00115
0.014885	2.963	0.34324	0.06628	0.032066	0.01598	0.0107331	0.0071400	0.0042660	0.003667	0.00335	0.002280	0.00115
0.015108	3.008	0.34324	0.06658	0.032066	0.01616	0.0107331	0.0071400	0.0042660	0.003667	0.00335	0.002280	0.00115
0.015330	3.053	0.34324	0.06688	0.032066	0.01634	0.0107331	0.0071400	0.0042660	0.003667	0.00335	0.002280	0.00115
0.015552	3.098	0.34324	0.06718	0.032066	0.01652	0.0107331	0.0071400	0.0042660	0.003667	0.00335	0.002280	0.00115
0.015774	3.143	0.34324	0.06748	0.032066	0.01670	0.0107331	0.0071400	0.0042660	0.003667	0.00335	0.002280	0.00115
0.015996	3.188	0.34324	0.06778	0.032066	0.01688	0.0107331	0.0071400	0.0042660	0.003667	0.00335	0.002280	0.00115
0.016218	3.233	0.34324	0.06808	0.032066	0.01706	0.0107331	0.0071400	0.0042660	0.003667	0.00335	0.002280	0.00115
0.016441	3.278	0.34324	0.06838	0.032066	0.01724	0.0107331	0.0071400	0.0042660	0.003667	0.00335	0.002280	0.00115
0.016663	3.323	0.34324	0.06868	0.032066	0.01742	0.0107331	0.0071400	0.0042660	0.003667	0.00335	0.002280	0.00115
0.016885	3.368	0.34324	0.06898	0.032066	0.01760	0.0107331	0.0071400	0.0042660	0.003667	0.00335	0.002280	0.00115
0.017107	3.413	0.34324	0.06928	0.032066	0.01778	0.0107331	0.0071400	0.0042660	0.003667	0.00335	0.002280	0.00115
0.017329	3.458	0.34324	0.06958	0.032066	0.01796	0.0107331	0.0071400	0.0042660	0.003667	0.00335	0.002280	0.00115
0.017551	3.503	0.34324	0.06988	0.032066	0.01814	0.0107331	0.0071400	0.0042660	0.003667	0.00335	0.002280	0.00115
0.017774	3.548	0.34324	0.07018	0.032066	0.01832	0.0107331	0.0071400	0.0042660	0.003667	0.00335	0.002280	0.00115
0.017996	3.593	0.34324	0.07048	0.032066	0.01850	0.0107331	0.0071400	0.0042660	0.003667	0.00335	0.002280	0.00115
0.018218	3.638	0.34324	0.07078	0.032066	0.01868	0.0107331	0.0071400	0.0042660	0.003667	0.00335	0.002280	0.00115
0.018440	3.683	0.34324	0.07108	0.032066	0.01886	0.0107331	0.0071400	0.0042660	0.003667	0.00335	0.002280	0.00115
0.018662	3.728	0.34324	0.07138	0.032066	0.01904	0.0107331	0.0071400	0.0042660	0.003667	0.00335	0.002280	0.00115
0.018884	3.773	0.34324	0.07168	0.032066	0.01922	0.0107331	0.0071400	0.0042660	0.003667	0.00335	0.002280	0.00115
0.019107	3.818	0.34324	0.07198	0.032066	0.01940	0.0107331	0.0071400	0.0042660	0.003667	0.00335	0.002280	0.00115
0.019329	3.863	0.34324	0.07228	0.032066	0.01958	0.0107331	0.0071400	0.0042660	0.003667	0.00335	0.002280	0.00115
0.019551	3.908	0.34324	0.07258	0.032066	0.01976	0.0107331	0.0071400	0.0042660	0.003667	0.00335	0.002280	0.00115
0.019773	3.953	0.34324	0.07288	0.032066	0.01994	0.0107331	0.0071400	0.0042660	0.003667	0.00335	0.002280	0.00115
0.019995	4.000	0.34324	0.07318	0.032066	0.02012	0.0107331	0.0071400	0.0042660	0.003667	0.00335	0.002280	0.00115
0.020217	4.045	0.34324	0.07348	0.032066	0.02030	0.0107331	0.0071400	0.0042660	0.003667	0.00335	0.002280	0.00115
0.020439	4.090	0.34324	0.07378	0.032066	0.02048	0.0107331	0.0071400	0.0042660	0.003667	0.00335	0.002280	0.00115
0.020661	4.135	0.34324	0.07408	0.032066	0.02066	0.0107331	0.0071400	0.0042660	0.003667	0.00335	0.002280	0.00115
0.020883	4.180	0.34324	0.07438	0.032066	0.02084	0.0107331	0.0071400	0.0042660	0.003667	0.00335	0.002280	0.00115
0.021105	4.225	0.34324	0.07468	0.032066	0.02102	0.0107331	0.0071400	0.0042660	0.003667	0.00335	0.002280	0.00115
0.021327	4.270	0.34324	0.07498	0.032066	0.02120	0.0107331	0.0071400	0.0042660	0.003667	0.00335	0.002280	0.00115
0.021549	4.315	0.34324	0.07528	0.032066	0.02138	0.0107331	0.0071400	0.0042660	0.003667	0.00335	0.002280	0.00115
0.021771	4.360	0.34324	0.07558	0.032066	0.02156	0.0107331	0.0071400	0.0042660	0.003667	0.00335	0.002280	0.00115
0.021993	4.405	0.34324	0.07588	0.032066	0.02174	0.0107331	0.0071400	0.0042660	0.003667	0.00335	0.002280	0.00115
0.022215	4.450	0.34324	0.07618	0.032066	0.02192	0.0107331	0.0071400	0.0042660	0.003667	0.00335	0.002280	0.00115
0.022437	4.495	0.34324	0.07648	0.032066	0.02210	0.0107331	0.0071400	0.0042660	0.003667	0.00335	0.002280	0.00115
0.022659	4.540	0.34324	0.07678	0.032066	0.02228	0.0107331	0.0071400	0.0042660	0.003667	0.00335	0.002280	0.00115
0.022881	4.585	0.34324	0.07708	0.032066	0.02246	0.0107331	0.0071400	0.0042660	0.003667	0.00335	0.002280	0.00115
0.023103	4.630	0.34324	0.07738	0.032066	0.02264	0.0107331	0.0071400	0.0042660	0.003667	0.00335	0.002280	0.00115
0.023325	4.675	0.34324	0.07768	0.032066	0.02282	0.0107331	0.0071400	0.0042660	0.003667	0.00335	0.002280	0.00115
0.023547	4.720	0.34324	0.07798	0.032066	0.02300	0.0107331	0.0071400	0.0042660	0.003667	0.00335	0.002280	0.00115
0.023769	4.765	0.34324	0.07828	0.032066	0.02318	0.0107331	0.0071400	0.0042660	0.003667	0.00335	0.002280	0.00115
0.023991	4.810	0.34324	0.07858	0.032066	0.02336	0.0107331	0.0071400	0.0042660	0.003667	0.00335	0.002280	0.00115
0.024213	4.855	0.34324	0.07888	0.032066	0.02354	0.0107331	0.0071400	0.0042660	0.003667	0.00335	0.002280	0.00115
0.024435	4.900	0.34324	0.07918	0.032066	0.02372	0.0107331	0.0071400	0.0042660	0.003667	0.00335	0.002280	0.00115
0.024657	4.945	0.34324	0.07948	0.032066	0.02390	0.0107331	0.0071400	0.0042660	0.003667	0.00335	0.002280	0.00115
0.024879	4.990	0.34324	0.07978	0.032066	0.02408	0.0107331	0.0071400	0.0042660	0.003667	0.00335	0.002280	0.00115
0.025101	5.035	0.34324	0.08008	0.032066	0.02426	0.0107331	0.0071400	0.0042660	0.003667	0.00335	0.002280	0.00115
0.025323	5.080	0.34324	0.08038	0.032066	0.02444	0.0107331	0.0071400	0.0042660	0.003667	0.00335	0.002280	0.00115
0.025545	5.125	0.34324	0.08068	0.032066	0.02462	0.0107331	0.0071400	0.0042660	0.003667	0.00335	0.002280	0.00115
0.025767	5.170	0.34324	0.08098	0.032066	0.02480	0.0107331	0.0071400	0.0042660	0.003667	0.00335	0.002280	0.00115
0.025989	5.215	0.34324	0.08128	0.032066	0.02498	0.0107331	0.0071400	0.0042660	0.003667	0.00335	0.002280	0.00115
0.026211	5.260	0.34324	0.08158	0.032066	0.02516	0.0107331	0.0071400	0.0042660	0.003667	0.00335	0.002280	0.00115
0.026433	5.305	0.34324	0.08188	0.032066	0.02534	0.0107331	0.0071400	0.0042660	0.003667	0.00335	0.002280	0.00115
0.026655	5.350	0.34324	0.08218	0.032066	0.02552	0.0107331	0.0071400	0.0042660	0.003667	0.00335	0.002280	0.00115
0.026877	5.395	0.34324	0.08248	0.032066	0.02570	0.0107331	0.0071400	0.0042660	0.003667	0.00335	0.002280	0.00115
0.027099	5.440	0.34324	0.08278	0.032066	0.02588	0.0107331	0.0071400	0.0042660	0.003667	0.00335	0.002280	0.00115
0.027321	5.485	0.34324	0.08308	0.032066	0.02606	0.0107331	0.0071400	0.0042660	0.003667	0.00335	0.002280	0.00115
0.027543	5.530	0.34324	0.08338	0.032066	0.02624	0.0107331	0.0071400	0.0042660	0.003667	0.00335	0.002280	0.00115
0.027765	5.575	0.34324	0.08368	0.032066	0.02642	0.0107331	0.0071400	0.0042660	0.003667	0.00335	0.002280	0.00115
0.027987	5.620	0.34324	0.08398	0.032066	0.02660	0.0107331	0.0071400	0.0042660	0.003667	0.00335	0.002280	0.00115
0.028209	5.665	0.34324	0.08428	0.032066	0.02678	0.0107331	0.0071400	0.0042660	0.003667	0.00335	0.002280	0.00115
0.028431	5.710	0.34324	0.08458	0.0320								

Charges employées et vitesses produites dans les tuyaux des diamètres de :

Vitesses à contrôler expériences	Charges employées et vitesses produites dans les tuyaux des diamètres de :											
	0 ^m .25	0 ^m .35	0 ^m .45	0 ^m .55	0 ^m .65	0 ^m .75	0 ^m .85	0 ^m .95	1 ^m .05	1 ^m .15	1 ^m .25	1 ^m .35
0.31548 442	0.07503 2.571	0.07503 2.571	0.07503 2.571	0.07503 2.571	0.07503 2.571	0.07503 2.571	0.07503 2.571	0.07503 2.571	0.07503 2.571	0.07503 2.571	0.07503 2.571	0.07503 2.571
0.31992 444	0.07681 6	0.07681 6	0.07681 6	0.07681 6	0.07681 6	0.07681 6	0.07681 6	0.07681 6	0.07681 6	0.07681 6	0.07681 6	0.07681 6
0.32327 446	0.07918 2.643	0.07918 2.643	0.07918 2.643	0.07918 2.643	0.07918 2.643	0.07918 2.643	0.07918 2.643	0.07918 2.643	0.07918 2.643	0.07918 2.643	0.07918 2.643	0.07918 2.643
0.32881 448	0.08153 2.616	0.08153 2.616	0.08153 2.616	0.08153 2.616	0.08153 2.616	0.08153 2.616	0.08153 2.616	0.08153 2.616	0.08153 2.616	0.08153 2.616	0.08153 2.616	0.08153 2.616
0.33326 450	0.08337 6	0.08337 6	0.08337 6	0.08337 6	0.08337 6	0.08337 6	0.08337 6	0.08337 6	0.08337 6	0.08337 6	0.08337 6	0.08337 6
0.33770 452	0.08514 2.752	0.08514 2.752	0.08514 2.752	0.08514 2.752	0.08514 2.752	0.08514 2.752	0.08514 2.752	0.08514 2.752	0.08514 2.752	0.08514 2.752	0.08514 2.752	0.08514 2.752
0.34214 454	0.08771 8	0.08771 8	0.08771 8	0.08771 8	0.08771 8	0.08771 8	0.08771 8	0.08771 8	0.08771 8	0.08771 8	0.08771 8	0.08771 8
0.34659 456	0.09021 7	0.09021 7	0.09021 7	0.09021 7	0.09021 7	0.09021 7	0.09021 7	0.09021 7	0.09021 7	0.09021 7	0.09021 7	0.09021 7
0.35103 458	0.09274 8	0.09274 8	0.09274 8	0.09274 8	0.09274 8	0.09274 8	0.09274 8	0.09274 8	0.09274 8	0.09274 8	0.09274 8	0.09274 8
0.35547 460	0.09514 2.816	0.09514 2.816	0.09514 2.816	0.09514 2.816	0.09514 2.816	0.09514 2.816	0.09514 2.816	0.09514 2.816	0.09514 2.816	0.09514 2.816	0.09514 2.816	0.09514 2.816
0.35992 462	0.09731 5	0.09731 5	0.09731 5	0.09731 5	0.09731 5	0.09731 5	0.09731 5	0.09731 5	0.09731 5	0.09731 5	0.09731 5	0.09731 5
0.36436 464	0.09931 0	0.09931 0	0.09931 0	0.09931 0	0.09931 0	0.09931 0	0.09931 0	0.09931 0	0.09931 0	0.09931 0	0.09931 0	0.09931 0
0.36880 466	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
0.37325 468	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
0.37769 470	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
0.38213 472	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
0.38658 474	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
0.39102 476	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
0.39546 478	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
0.39991 480	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
0.40435 482	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
0.40879 484	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
0.41324 486	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
0.41768 488	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
0.42212 490	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
0.42657 492	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
0.43101 494	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
0.43545 496	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
0.43990 498	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"

Charges employées et vitesses percutées dans les tuyaux des diamètres de :

Vitesses et angles expérimentés	Charges employées et vitesses percutées dans les tuyaux des diamètres de :													
	0 ^m 15	0 ^m 20	0 ^m 25	0 ^m 30	0 ^m 35	0 ^m 40	0 ^m 45	0 ^m 50	0 ^m 60					
0,04434 2,00	0,071600 2,514	0,081197 2,702	0,085507 1,5681	0,089792 1,227	0,094166 0,9032	0,098599 0,5523	0,103087 0,2794	0,107634 0,0144	0,112241 0,0000	0,116908 0,0000	0,121636 0,0000	0,126421 0,0000	0,131265 0,0000	0,136158 0,0000
0,04545 2,5	0,073560 2,571	0,083157 2,760	0,087566 1,6060	0,091996 1,246	0,096446 0,8811	0,100916 0,5562	0,105406 0,2813	0,109916 0,0064	0,114446 0,0000	0,119006 0,0000	0,123586 0,0000	0,128186 0,0000	0,132806 0,0000	0,137446 0,0000
0,04656 2,10	0,075420 2,640	0,085017 2,830	0,089426 1,6811	0,093846 1,326	0,098276 0,9562	0,102726 0,6313	0,107196 0,3564	0,111686 0,0815	0,116196 0,0000	0,120726 0,0000	0,125276 0,0000	0,129846 0,0000	0,134436 0,0000	0,139046 0,0000
0,04767 2,15	0,077280 2,709	0,086877 2,899	0,091286 1,7562	0,095706 1,4013	0,100136 0,9764	0,104576 0,6515	0,109026 0,3766	0,113486 0,1017	0,117956 0,0000	0,122436 0,0000	0,126926 0,0000	0,131426 0,0000	0,135936 0,0000	0,140456 0,0000
0,04877 2,20	0,079140 2,778	0,088737 2,968	0,093146 1,8313	0,097566 1,4764	0,101986 1,0515	0,106416 0,7266	0,110856 0,4517	0,115306 0,1768	0,119766 0,0000	0,124236 0,0000	0,128716 0,0000	0,133206 0,0000	0,137706 0,0000	0,142216 0,0000
0,04988 2,25	0,081000 2,847	0,090597 3,037	0,094906 1,9064	0,099326 1,5515	0,103746 1,1266	0,108166 0,7967	0,112586 0,5268	0,117016 0,2569	0,121446 0,0000	0,125876 0,0000	0,130316 0,0000	0,134756 0,0000	0,139206 0,0000	0,143656 0,0000
0,05099 2,30	0,082860 2,916	0,092457 3,106	0,096766 1,9814	0,101186 1,626	0,105606 1,2017	0,110026 0,8718	0,114446 0,6019	0,118866 0,3320	0,123286 0,0000	0,127706 0,0000	0,132126 0,0000	0,136546 0,0000	0,140966 0,0000	0,145386 0,0000
0,05210 2,35	0,084720 2,985	0,094317 3,175	0,098626 2,0564	0,103046 1,7017	0,107466 1,2768	0,111886 0,9519	0,116306 0,6820	0,120726 0,4121	0,125146 0,0000	0,129566 0,0000	0,133986 0,0000	0,138406 0,0000	0,142826 0,0000	0,147246 0,0000
0,05331 2,40	0,086580 3,054	0,096177 3,244	0,100486 2,1314	0,104906 1,7817	0,109326 1,3568	0,113746 1,0319	0,118166 0,7620	0,122586 0,4921	0,127006 0,0000	0,131426 0,0000	0,135846 0,0000	0,140266 0,0000	0,144686 0,0000	0,149106 0,0000
0,05442 2,45	0,088440 3,123	0,098037 3,313	0,102346 2,2064	0,106766 1,8617	0,111186 1,4418	0,115606 1,0819	0,120026 0,8120	0,124446 0,5421	0,128866 0,0000	0,133286 0,0000	0,137706 0,0000	0,142126 0,0000	0,146546 0,0000	0,150966 0,0000
0,05553 2,50	0,090300 3,192	0,099897 3,382	0,104206 2,2814	0,108626 1,9417	0,113046 1,5218	0,117466 1,1619	0,121886 0,8920	0,126306 0,6221	0,130726 0,0000	0,135146 0,0000	0,139566 0,0000	0,143986 0,0000	0,148406 0,0000	0,152826 0,0000
0,05664 2,55	0,092160 3,261	0,101757 3,451	0,105666 2,3564	0,110086 2,0217	0,114506 1,6018	0,118926 1,2419	0,123346 0,9720	0,127766 0,7021	0,132186 0,0000	0,136606 0,0000	0,141026 0,0000	0,145446 0,0000	0,149866 0,0000	0,154286 0,0000
0,05776 2,60	0,094020 3,330	0,103617 3,520	0,107526 2,4314	0,111946 2,1017	0,116366 1,6818	0,120786 1,3219	0,125206 1,0520	0,129626 0,7821	0,134046 0,0000	0,138466 0,0000	0,142886 0,0000	0,147306 0,0000	0,151726 0,0000	0,156146 0,0000
0,05887 2,65	0,095880 3,400	0,105477 3,589	0,109386 2,5064	0,113806 2,1817	0,118226 1,7618	0,122646 1,4019	0,127066 1,1320	0,131486 0,8621	0,135906 0,0000	0,140326 0,0000	0,144746 0,0000	0,149166 0,0000	0,153586 0,0000	0,158006 0,0000
0,05998 2,70	0,097740 3,469	0,107337 3,658	0,111246 2,5814	0,115666 2,2617	0,120086 1,8418	0,124506 1,4819	0,128926 1,2120	0,133346 0,9421	0,137766 0,0000	0,142186 0,0000	0,146606 0,0000	0,151026 0,0000	0,155446 0,0000	0,159866 0,0000
0,06109 2,75	0,099600 3,538	0,109197 3,727	0,113106 2,6564	0,117526 2,3417	0,121946 1,9218	0,126366 1,5619	0,130786 1,2920	0,135206 1,0221	0,139626 0,0000	0,144046 0,0000	0,148466 0,0000	0,152886 0,0000	0,157306 0,0000	0,161726 0,0000
0,06220 2,80	0,101460 3,607	0,111097 3,796	0,115006 2,7314	0,119426 2,4217	0,123846 2,0018	0,128266 1,6419	0,132686 1,3720	0,137106 1,1021	0,141526 0,0000	0,145946 0,0000	0,150366 0,0000	0,154786 0,0000	0,159206 0,0000	0,163626 0,0000
0,06331 2,85	0,103320 3,676	0,112957 3,865	0,116866 2,8064	0,121286 2,5017	0,125706 2,0818	0,130126 1,7219	0,134546 1,4520	0,138966 1,1821	0,143386 0,0000	0,147806 0,0000	0,152226 0,0000	0,156646 0,0000	0,161066 0,0000	0,165486 0,0000
0,06442 2,90	0,105180 3,745	0,114817 3,934	0,118726 2,8814	0,123146 2,5817	0,127566 2,1618	0,131986 1,8019	0,136406 1,5320	0,140826 1,2621	0,145246 0,0000	0,149666 0,0000	0,154086 0,0000	0,158506 0,0000	0,162926 0,0000	0,167346 0,0000
0,06553 2,95	0,107040 3,814	0,116677 4,003	0,120586 2,9564	0,124906 2,6617	0,129326 2,2418	0,133746 1,8819	0,138166 1,6120	0,142586 1,3421	0,147006 0,0000	0,151426 0,0000	0,155846 0,0000	0,160266 0,0000	0,164686 0,0000	0,169106 0,0000
0,06664 3,00	0,108900 3,883	0,118537 4,072	0,122446 3,0314	0,126766 2,7417	0,131186 2,3218	0,135606 1,9619	0,140026 1,6920	0,144446 1,4121	0,148866 0,0000	0,153286 0,0000	0,157706 0,0000	0,162126 0,0000	0,166546 0,0000	0,170966 0,0000
0,06776 3,05	0,110760 3,952	0,120397 4,141	0,124306 3,1064	0,128626 2,8217	0,133046 2,4018	0,137466 2,0419	0,141886 1,7720	0,146306 1,5021	0,150726 0,0000	0,155146 0,0000	0,159566 0,0000	0,163986 0,0000	0,168406 0,0000	0,172826 0,0000
0,06887 3,10	0,112620 4,021	0,122257 4,210	0,126166 3,1814	0,130486 2,9017	0,134906 2,4818	0,139326 2,1219	0,143746 1,8520	0,148166 1,5821	0,152586 0,0000	0,157006 0,0000	0,161426 0,0000	0,165846 0,0000	0,170266 0,0000	0,174706 0,0000
0,06998 3,15	0,114480 4,090	0,124117 4,279	0,128026 3,2564	0,132346 3,0017	0,136766 2,5618	0,141186 2,2019	0,145606 1,9320	0,150026 1,6621	0,154446 0,0000	0,158866 0,0000	0,163286 0,0000	0,167706 0,0000	0,172126 0,0000	0,176546 0,0000
0,07109 3,20	0,116340 4,159	0,125977 4,348	0,129886 3,3314	0,134206 3,0817	0,138626 2,6418	0,143046 2,2819	0,147466 1,9920	0,151886 1,7121	0,156306 0,0000	0,160726 0,0000	0,165146 0,0000	0,169566 0,0000	0,173986 0,0000	0,178406 0,0000
0,07220 3,25	0,118200 4,228	0,127837 4,417	0,131746 3,4064	0,136066 3,1617	0,140486 2,7218	0,144906 2,3619	0,149326 2,0520	0,153746 1,7921	0,158166 0,0000	0,162586 0,0000	0,167006 0,0000	0,171426 0,0000	0,175846 0,0000	0,180266 0,0000
0,07331 3,30	0,120060 4,297	0,129697 4,486	0,133606 3,4814	0,137926 3,2417	0,142346 2,8018	0,146766 2,4419	0,151186 2,1320	0,155606 1,8621	0,160026 0,0000	0,164446 0,0000	0,168866 0,0000	0,173286 0,0000	0,177706 0,0000	0,182126 0,0000
0,07442 3,35	0,121920 4,366	0,131557 4,555	0,135506 3,5564	0,139826 3,3217	0,144246 2,8818	0,148666 2,5219	0,153086 2,2120	0,157506 1,9421	0,161926 0,0000	0,166346 0,0000	0,170766 0,0000	0,175206 0,0000	0,179646 0,0000	0,184086 0,0000
0,07553 3,40	0,123780 4,435	0,133417 4,624	0,137406 3,6314	0,141726 3,4017	0,146146 2,9618	0,150566 2,6019	0,154986 2,2920	0,159406 2,0221	0,163826 0,0000	0,168246 0,0000	0,172666 0,0000	0,177086 0,0000	0,181506 0,0000	0,185926 0,0000

Charges employées en vitesses produites dans les tuyaux de diamètres de :

Vitesse en mètres cubes aspirés	0 m. 162		0 m. 19		0 m. 20		0 m. 26		0 m. 25		0 m. 30		0 m. 32		0 m. 35		0 m. 40		0 m. 45		0 m. 50		0 m. 60	
	Charge	Vitesse	Charge	Vitesse	Charge	Vitesse	Charge	Vitesse	Charge	Vitesse	Charge	Vitesse	Charge	Vitesse	Charge	Vitesse	Charge	Vitesse	Charge	Vitesse	Charge	Vitesse	Charge	Vitesse
0,071649	3,45	"	0,058554	2,703	0,042000	2,439	0,028244	2,093	0,014011	1,564	0,005717	1,0474	0,004561	0,3280	0,002676	0,7960	0,01462	0,6698	0,000794	0,4119	0,000478	0,2909	0,000202	0,2710
0,077766	3,50	"	0,056125	2,742	0,043366	2,475	0,029719	2,123	0,014471	1,584	0,005873	1,0616	0,004216	0,3673	0,002758	0,8128	0,01442	0,6187	0,000815	0,4188	0,000492	0,2965	0,000208	0,2783
0,078870	3,55	"	0,055718	2,741	0,044750	2,510	0,030526	2,153	0,014922	1,606	0,006040	1,0618	0,004394	0,3683	0,002838	0,8196	0,01482	0,6276	0,000838	0,4257	0,000506	0,3011	0,000210	0,2806
0,079981	3,60	"	0,055335	2,880	0,045880	2,545	0,031442	2,184	0,015231	1,629	0,006212	1,0390	0,004577	0,3943	0,002933	0,8355	0,01519	0,6367	0,000860	0,4326	0,000528	0,3081	0,000212	0,2829
0,081092	3,65	"	0,056634	2,859	0,047240	2,587	0,032323	2,214	0,015664	1,6519	0,006385	1,0762	0,004642	0,4028	0,003025	0,8429	0,01556	0,6453	0,000883	0,4403	0,000550	0,3154	0,000214	0,2852
0,082203	3,70	"	0,063333	2,898	0,048370	2,616	0,033195	2,244	0,016078	1,6745	0,006559	1,1034	0,004788	0,4123	0,003116	0,8505	0,01593	0,6545	0,000907	0,4484	0,000571	0,3229	0,000216	0,2875
0,083314	3,75	"	0,064359	2,938	0,049480	2,651	0,034109	2,275	0,016517	1,6978	0,006737	1,1306	0,004897	0,4219	0,003209	0,8586	0,01634	0,6638	0,000930	0,4565	0,000593	0,3301	0,000218	0,2898
0,084425	3,80	"	0,066063	2,977	0,050980	2,687	0,035005	2,305	0,016961	1,7193	0,006917	1,1578	0,005027	0,4318	0,003302	0,8667	0,01679	0,6731	0,000954	0,4646	0,000615	0,3372	0,000220	0,2921
0,085536	3,85	"	"	"	0,052504	2,728	0,035912	2,335	0,017392	1,7424	0,007079	1,2150	0,005152	0,4418	0,003394	0,8746	0,01724	0,6824	0,000979	0,4727	0,000637	0,3443	0,000222	0,2944
0,086647	3,90	"	"	"	0,053661	2,768	0,036821	2,366	0,017848	1,7657	0,007262	1,2622	0,005282	0,4513	0,003482	0,8827	0,01770	0,6917	0,001003	0,4808	0,000660	0,3514	0,000224	0,2967
0,087758	3,95	"	"	"	0,054819	2,799	0,037793	2,396	0,018310	1,7870	0,007451	1,3094	0,005410	0,4608	0,003570	0,8908	0,01816	0,7008	0,001028	0,4893	0,000683	0,3585	0,000226	0,2990
0,088868	4,00	"	"	"	0,055930	2,828	0,038735	2,426	0,018756	1,8083	0,007638	1,3566	0,005535	0,4703	0,003658	0,8989	0,01862	0,7100	0,001053	0,4978	0,000706	0,3656	0,000228	0,3013
0,089979	4,05	"	"	"	0,057040	2,864	0,039722	2,457	0,019230	1,8296	0,007819	1,4038	0,005660	0,4798	0,003746	0,9070	0,01908	0,7192	0,001078	0,5063	0,000730	0,3727	0,000230	0,3036
0,091090	4,10	"	"	"	0,058150	2,893	0,040707	2,487	0,019688	1,8509	0,008003	1,4510	0,005784	0,4893	0,003834	0,9151	0,01954	0,7284	0,001103	0,5148	0,000754	0,3798	0,000232	0,3059
0,092201	4,15	"	"	"	0,060000	2,924	0,041666	2,517	0,020173	1,8722	0,008210	1,4982	0,005908	0,4988	0,003922	0,9232	0,02000	0,7376	0,001128	0,5233	0,000778	0,3869	0,000234	0,3082
0,093312	4,20	"	"	"	0,061880	2,954	0,042617	2,548	0,020663	1,8935	0,008396	1,5454	0,006032	0,5083	0,004010	0,9313	0,02046	0,7468	0,001153	0,5318	0,000802	0,3940	0,000236	0,3105
0,094423	4,25	"	"	"	0,063760	2,984	0,043568	2,578	0,021139	1,9148	0,008581	1,5926	0,006156	0,5178	0,004100	0,9394	0,02092	0,7560	0,001178	0,5403	0,000826	0,4011	0,000238	0,3128
0,095534	4,30	"	"	"	0,065640	2,997	0,044519	2,608	0,021624	1,9361	0,008766	1,6398	0,006280	0,5273	0,004190	0,9475	0,02138	0,7652	0,001203	0,5488	0,000850	0,4082	0,000240	0,3151
0,096645	4,35	"	"	"	0,067520	3,010	0,045470	2,638	0,022108	1,9574	0,008950	1,6870	0,006404	0,5368	0,004280	0,9556	0,02184	0,7744	0,001228	0,5573	0,000874	0,4153	0,000242	0,3174
0,097755	4,40	"	"	"	0,069400	3,023	0,046421	2,668	0,022593	1,9787	0,009135	1,7342	0,006528	0,5463	0,004370	0,9637	0,02230	0,7836	0,001253	0,5658	0,000898	0,4224	0,000244	0,3197
0,098866	4,45	"	"	"	0,071280	3,036	0,047372	2,698	0,023077	1,9994	0,009320	1,7814	0,006652	0,5558	0,004460	0,9718	0,02276	0,7928	0,001278	0,5743	0,000922	0,4295	0,000246	0,3220
0,099977	4,50	"	"	"	0,073160	3,049	0,048323	2,728	0,023562	2,0201	0,009505	1,8286	0,006776	0,5653	0,004550	0,9800	0,02322	0,8020	0,001303	0,5828	0,000946	0,4366	0,000248	0,3243
0,101088	4,55	"	"	"	0,075040	3,062	0,049274	2,758	0,024046	2,0408	0,009690	1,8758	0,006900	0,5748	0,004640	0,9881	0,02368	0,8112	0,001328	0,5913	0,000970	0,4437	0,000250	0,3266
0,102200	4,60	"	"	"	0,076920	3,075	0,050225	2,788	0,024530	2,0615	0,009875	1,9230	0,007024	0,5843	0,004730	0,9962	0,02414	0,8204	0,001353	0,6000	0,000994	0,4508	0,000252	0,3289
0,103311	4,65	"	"	"	0,078800	3,088	0,051176	2,818	0,025014	2,0822	0,010060	1,9702	0,007148	0,5938	0,004820	1,0043	0,02460	0,8296	0,001378	0,6085	0,001018	0,4579	0,000254	0,3312
0,104422	4,70	"	"	"	0,080680	3,101	0,052127	2,848	0,025498	2,1029	0,010245	2,0174	0,007272	0,6033	0,004910	1,0124	0,02506	0,8388	0,001403	0,6170	0,001042	0,4650	0,000256	0,3335
0,105533	4,75	"	"	"	0,082560	3,114	0,053078	2,878	0,025982	2,1236	0,010430	2,0646	0,007396	0,6128	0,005000	1,0205	0,02552	0,8480	0,001428	0,6255	0,001066	0,4721	0,000258	0,3358
0,106644	4,80	"	"	"	0,084440	3,127	0,054029	2,908	0,026466	2,1443	0,010615	2,1118	0,007520	0,6223	0,005090	1,0286	0,02598	0,8572	0,001453	0,6340	0,001090	0,4792	0,000260	0,3381
0,107755	4,85	"	"	"	0,086320	3,140	0,054980	2,938	0,026950	2,1650	0,010800	2,1590	0,007644	0,6318	0,005180	1,0367	0,02644	0,8664	0,001478	0,6425	0,001114	0,4863	0,000262	0,3404

Chargos empleados en vitesses produites dans les tuyaux des diamètres de :

Vitesses à l'entrée espécimen	Chargos empleados en vitesses produites dans les tuyaux des diamètres de :																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
	0 ^m 06	0 ^m 08	0 ^m 10	0 ^m 12	0 ^m 14	0 ^m 16	0 ^m 18	0 ^m 20	0 ^m 22	0 ^m 24	0 ^m 26	0 ^m 28	0 ^m 30	0 ^m 32	0 ^m 35	0 ^m 40	0 ^m 45	0 ^m 50	0 ^m 60																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
0,108864	0,109975	0,110885	0,113307	0,115829	0,117751	0,119473	0,122194	0,124416	0,126637	0,128859	0,131081	0,133302	0,135524	0,137745	0,139967	0,142189	0,144411	0,146633	0,148855	0,151076	0,153298	0,155519	0,157741	0,159963	0,162184	0,164406	0,166628	0,168849	0,171071	0,173293	0,175515	0,177737	0,179959	0,182181	0,184403	0,186625	0,188847	0,191069	0,193291	0,195513	0,197735	0,199957	0,202179	0,204401	0,206623	0,208845	0,211067	0,213289	0,215511	0,217733	0,219955	0,222177	0,224399	0,226621	0,228843	0,231065	0,233287	0,235509	0,237731	0,239953	0,242175	0,244397	0,246619	0,248841	0,251063	0,253285	0,255507	0,257729	0,259951	0,262173	0,264395	0,266617	0,268839	0,271061	0,273283	0,275505	0,277727	0,279949	0,282171	0,284393	0,286615	0,288837	0,291059	0,293281	0,295503	0,297725	0,299947	0,302169	0,304391	0,306613	0,308835	0,311057	0,313279	0,315501	0,317723	0,319945	0,322167	0,324389	0,326611	0,328833	0,331055	0,333277	0,335499	0,337721	0,339943	0,342165	0,344387	0,346609	0,348831	0,351053	0,353275	0,355497	0,357719	0,359941	0,362163	0,364385	0,366607	0,368829	0,371051	0,373273	0,375495	0,377717	0,379939	0,382161	0,384383	0,386605	0,388827	0,391049	0,393271	0,395493	0,397715	0,399937	0,402159	0,404381	0,406603	0,408825	0,411047	0,413269	0,415491	0,417713	0,419935	0,422157	0,424379	0,426601	0,428823	0,431045	0,433267	0,435489	0,437711	0,439933	0,442155	0,444377	0,446599	0,448821	0,451043	0,453265	0,455487	0,457709	0,459931	0,462153	0,464375	0,466597	0,468819	0,471041	0,473263	0,475485	0,477707	0,479929	0,482151	0,484373	0,486595	0,488817	0,491039	0,493261	0,495483	0,497705	0,499927	0,502149	0,504371	0,506593	0,508815	0,511037	0,513259	0,515481	0,517703	0,519925	0,522147	0,524369	0,526591	0,528813	0,531035	0,533257	0,535479	0,537701	0,539923	0,542145	0,544367	0,546589	0,548811	0,551033	0,553255	0,555477	0,557699	0,559921	0,562143	0,564365	0,566587	0,568809	0,571031	0,573253	0,575475	0,577697	0,579919	0,582141	0,584363	0,586585	0,588807	0,591029	0,593251	0,595473	0,597695	0,599917	0,602139	0,604361	0,606583	0,608805	0,611027	0,613249	0,615471	0,617693	0,619915	0,622137	0,624359	0,626581	0,628803	0,631025	0,633247	0,635469	0,637691	0,639913	0,642135	0,644357	0,646579	0,648801	0,651023	0,653245	0,655467	0,657689	0,659911	0,662133	0,664355	0,666577	0,668799	0,671021	0,673243	0,675465	0,677687	0,679909	0,682131	0,684353	0,686575	0,688797	0,691019	0,693241	0,695463	0,697685	0,699907	0,702129	0,704351	0,706573	0,708795	0,711017	0,713239	0,715461	0,717683	0,719905	0,722127	0,724349	0,726571	0,728793	0,731015	0,733237	0,735459	0,737681	0,739903	0,742125	0,744347	0,746569	0,748791	0,751013	0,753235	0,755457	0,757679	0,759901	0,762123	0,764345	0,766567	0,768789	0,771011	0,773233	0,775455	0,777677	0,779899	0,782121	0,784343	0,786565	0,788787	0,791009	0,793231	0,795453	0,797675	0,799897	0,802119	0,804341	0,806563	0,808785	0,811007	0,813229	0,815451	0,817673	0,819895	0,822117	0,824339	0,826561	0,828783	0,831005	0,833227	0,835449	0,837671	0,839893	0,842115	0,844337	0,846559	0,848781	0,851003	0,853225	0,855447	0,857669	0,859891	0,862113	0,864335	0,866557	0,868779	0,871001	0,873223	0,875445	0,877667	0,879889	0,882111	0,884333	0,886555	0,888777	0,891000	0,893222	0,895444	0,897666	0,899888	0,902110	0,904332	0,906554	0,908776	0,911000	0,913222	0,915444	0,917666	0,919888	0,922110	0,924332	0,926554	0,928776	0,931000	0,933222	0,935444	0,937666	0,939888	0,942110	0,944332	0,946554	0,948776	0,951000	0,953222	0,955444	0,957666	0,959888	0,962110	0,964332	0,966554	0,968776	0,971000	0,973222	0,975444	0,977666	0,979888	0,982110	0,984332	0,986554	0,988776	0,991000	0,993222	0,995444	0,997666	1,000000

Charges employées et vitesses produites dans les tuyaux des diamètres de :

Volumen (cubic meters)	0 ^m 06		0 ^m 08		0 ^m 108		0 ^m 135		0 ^m 162		0 ^m 19		0 ^m 216		0 ^m 25		0 ^m 30		0 ^m 32		0 ^m 35		0 ^m 40		0 ^m 45		0 ^m 50		0 ^m 60	
	Charges	Vitesse	Charges	Vitesse	Charges	Vitesse	Charges	Vitesse	Charges	Vitesse	Charges	Vitesse	Charges	Vitesse	Charges	Vitesse	Charges	Vitesse	Charges	Vitesse	Charges	Vitesse	Charges	Vitesse	Charges	Vitesse	Charges	Vitesse	Charges	Vitesse
0,171 770	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
0,173 293	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
0,175 575	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
0,177 36	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
0,182 179	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
0,186 623	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
0,191 066	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
0,195 509	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
0,199 953	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
0,204 396	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
0,208 839	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
0,213 283	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
0,217 726	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
0,222 170	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
0,226 613	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
0,231 056	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
0,235 500	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
0,239 943	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
0,244 386	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
0,248 830	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
0,253 273	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
0,257 716	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
0,262 160	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
0,266 604	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"

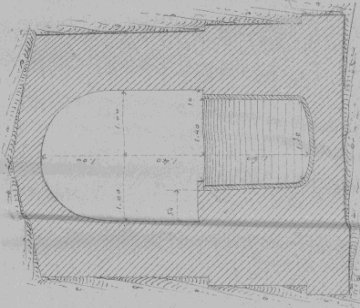
Prix du mètre linéaire des conduites posées en terre depuis 0^m 06 de diamètre jusqu'à 0^m 60.

Quantités et prix des ouvrages auxquels donne lieu l'établissement des conduites des diamètres de :

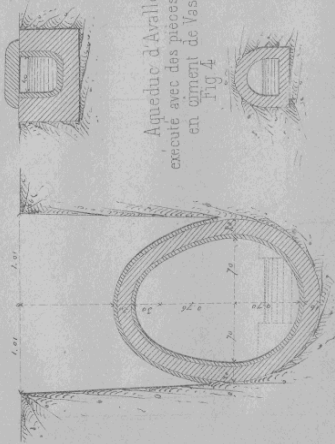
Indication des Ouvrages	Quantités et prix des ouvrages auxquels donne lieu l'établissement des conduites des diamètres de :																																			
	0 ^m 06	0 ^m 08	0 ^m 10	0 ^m 108	0 ^m 125	0 ^m 135	0 ^m 15	0 ^m 16	0 ^m 25	0 ^m 30	0 ^m 32	0 ^m 35	0 ^m 40	0 ^m 45	0 ^m 50	0 ^m 60																				
Montage et refaction de conduite	1.50	1.80	2.30	3.45	2.35	3.52	2.37	3.55	2.45	3.67	2.47	3.70	2.50	3.75	2.82	3.78	2.70	4.05	3.36	5.04	3.57	5.35	3.66	5.49	3.75	5.62	3.87	5.60	4.14	6.21	4.23	6.35	6.28	9.42		
Pour ouverture de la tranchée	1.20	0.72	1.74	0.84	1.42	1.09	1.87	1.12	1.98	1.19	2.05	1.23	2.11	1.27	2.16	1.30	2.29	1.37	2.34	1.40	3.42	3.42	2.05	3.81	2.29	4.02	2.41	4.59	2.75	4.95	2.97	7.92	4.75			
Remplir du fond	0.20	0.36	0.19	0.13	0.13	0.13	0.26	0.13	0.14	0.27	0.14	0.28	0.16	0.17	0.29	0.16	0.29	0.18	0.22	0.22	0.38	0.22	0.25	0.27	0.27	0.32	0.35	0.35	0.45	0.35	0.38	0.45	0.45	0.45		
Des niches	1.50	0.12	0.18	0.27	0.21	0.31	0.22	0.33	0.24	0.36	0.26	0.39	0.27	0.40	0.29	0.40	0.32	0.48	0.33	0.54	0.48	0.39	0.52	0.38	0.52	0.38	0.52	0.38	0.52	0.38	0.52	0.38	0.52	0.38	0.52	
Remplir des terres excavées	0.10	0.15	0.10	0.15	0.20	0.20	0.22	0.22	0.25	0.25	0.28	0.28	0.30	0.30	0.32	0.30	0.32	0.39	0.31	0.50	0.48	0.38	0.52	0.38	0.52	0.38	0.52	0.38	0.52	0.38	0.52	0.38	0.52	0.38	0.52	
Des tuyaux	0.20	0.06	0.19	0.06	0.32	1.92	0.38	0.22	0.42	0.38	0.48	0.50	2.80	0.56	2.96	0.59	3.44	0.69	3.64	0.73	4.48	0.90	5.30	1.06	5.62	0.12	6.18	1.24	7.18	1.44	7.86	1.58	9.08	1.82	16.00	3.20
Tranchée	0.18	0.20	0.18	0.20	0.22	0.22	0.22	0.26	0.24	0.24	0.25	0.25	0.26	0.27	0.27	0.26	0.29	0.29	0.30	0.33	0.38	0.45	0.46	0.52	0.58	0.65	0.75	0.65	0.75	0.65	0.75	0.65	0.75	0.65	0.75	
Pour les tuyaux en terre	1.00	0.06	0.07	0.07	0.09	0.09	0.10	0.10	0.11	0.11	0.12	0.12	0.13	0.13	0.14	0.14	0.16	0.17	0.17	0.18	0.18	0.18	0.19	0.19	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Des joints	0.75	1.12	0.84	1.41	1.06	1.49	1.42	2.01	1.51	2.26	1.69	1.87	2.53	1.89	2.81	2.11	3.24	2.43	3.38	2.54	4.07	3.09	5.43	4.07	5.74	4.30	6.23	4.67	6.98	5.24	7.88	5.91	8.72	6.54	10.39	7.89
Des joints	0.50	0.60	0.70	0.74	0.83	0.88	0.95	1.02	1.02	1.15	1.15	1.20	1.28	1.28	1.45	1.45	1.55	1.55	1.60	1.60	1.70	1.70	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80
Des joints	0.40	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
Des joints	7.46	9.37	10.50	10.83	11.36	11.99	12.44	12.95	14.05	14.46	15.29	17.22	21.18	25.31	29.95	34.60	39.70	44.46	48.85	53.80	58.40	62.60	66.40	70.00	73.40	76.60	79.60	82.40	85.00	87.50	90.00	92.50	95.00	97.50	100.00	
Des joints	13.26	19.77	24.90	26.03	28.95	31.79	34.41	35.95	42.05	44.06	46.60	48.85	50.85	52.60	54.15	55.60	57.00	58.35	59.65	60.90	62.15	63.40	64.60	65.80	67.00	68.20	69.40	70.60	71.80	73.00	74.20	75.40	76.60	77.80	79.00	
Des joints	6.63	7.90	9.96	10.41	11.38	12.72	13.60	14.38	16.82	17.62	18.36	20.94	26.64	32.64	39.51	46.40	53.30	60.20	67.10	74.00	80.90	87.80	94.70	101.60	108.50	115.40	122.30	129.20	136.10	143.00	149.90	156.80	163.70	170.60	177.50	

Distribution d'eau - Aqueducs - Regard - Cheminées

Aqueduc de Venette pour les Eaux de l'Ourcq à Paris Fig. 1

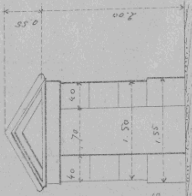


Aqueduc pour amener les Eaux de la Dhuis à Paris recouvert en dalles Fig. 3.



Aqueduc d'Avallon exécuté avec des pièces moulées en ciment de Vassy Fig. 4

Elevation Fig. 7



Regard avec descente dans l'Aqueduc Bordeaux Coupe AB Fig. 8

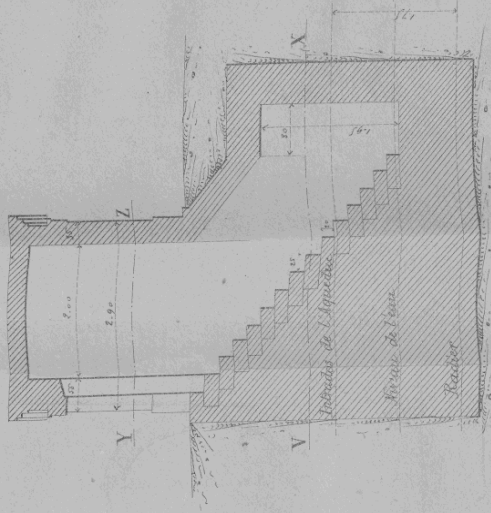
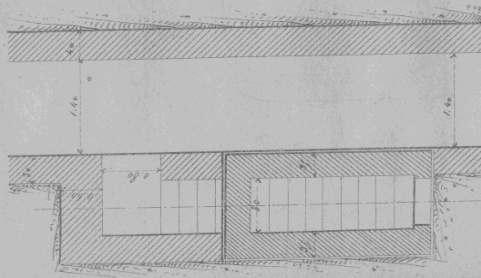


Fig. 9. Plan Coupe XV



Coupe YL

Fig. 13 Coupe de cheminée latérale à l'aqueduc de Bordeaux

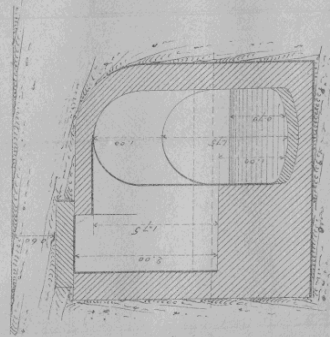
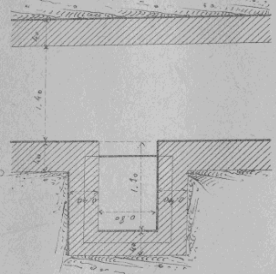


Fig. 14 Plan



Aqueduc pour amener les eaux à Arcueil à Paris Fig. 2

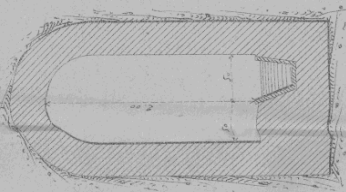
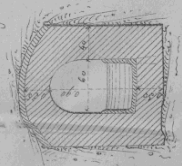
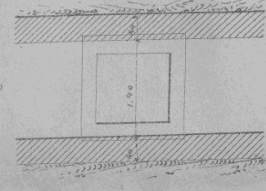


Fig. 5. Aqueduc de Dijon



Cheminée sur l'Aqueduc (Bordeaux) Plan Fig. 12



Coupe Fig. 11

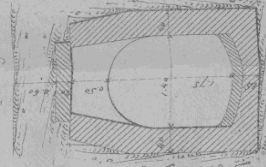
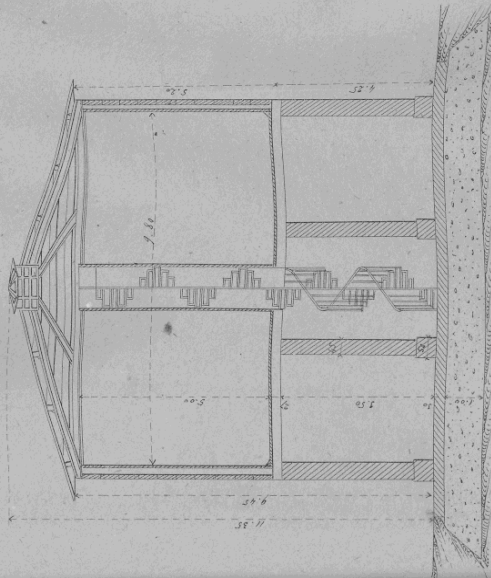


Fig. 10 Pierre pour recueillir des sources sur l'angle



Distribution d'Eau — Réservoir

Fig 1 Réservoir en tôle
B. Coupe sur AB



Réservoir en maçonnerie
de la ville d'Amiens
Fig 3 A. Elevation



Fig 4 A Plan

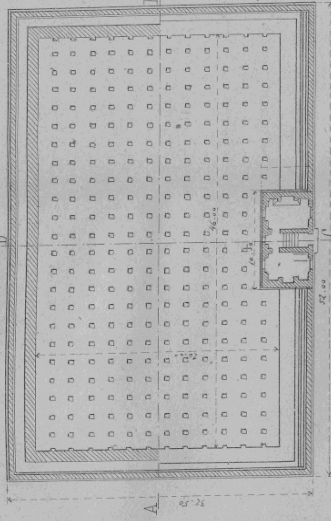


Fig 2 B Plan

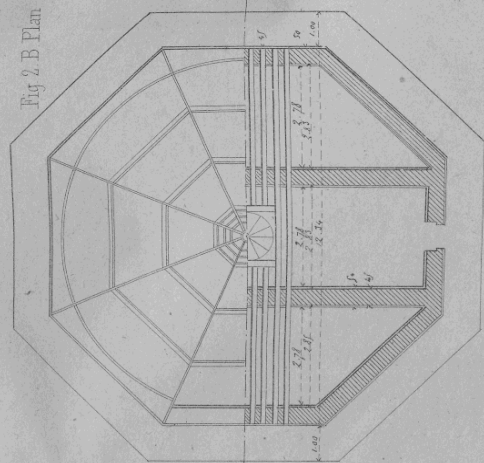


Fig 5 A Coupe longitudinale AB

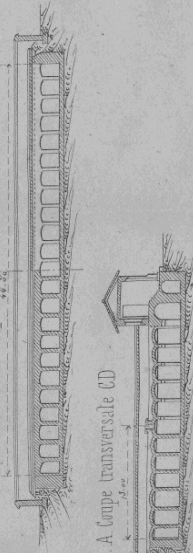


Fig 6 A Coupe transversale CD



Fig 7 B Détail de la coupe CD

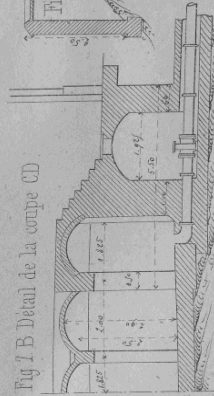
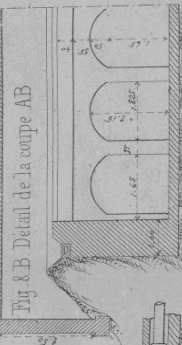


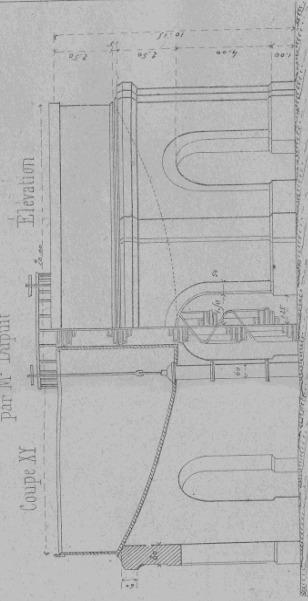
Fig 8 B Détail de la coupe AB



Echelles



C Réservoir en tôle
Nouvelle cuve de Chaillot
par M Dupuit



A Plan de la maçonnerie des fondations
B Plan de la maçonnerie à 1' au dessous de sol.
C Plan de la cuve
D Plan de la couronne

Fig 10 C Plan

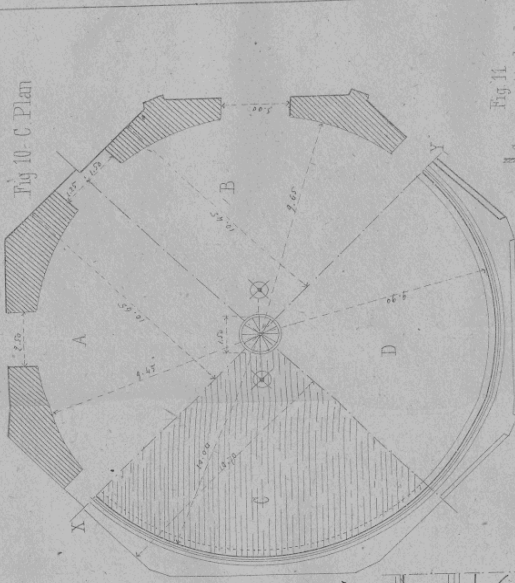


Fig 11
Coupe verticale de
la couronne

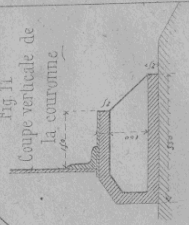
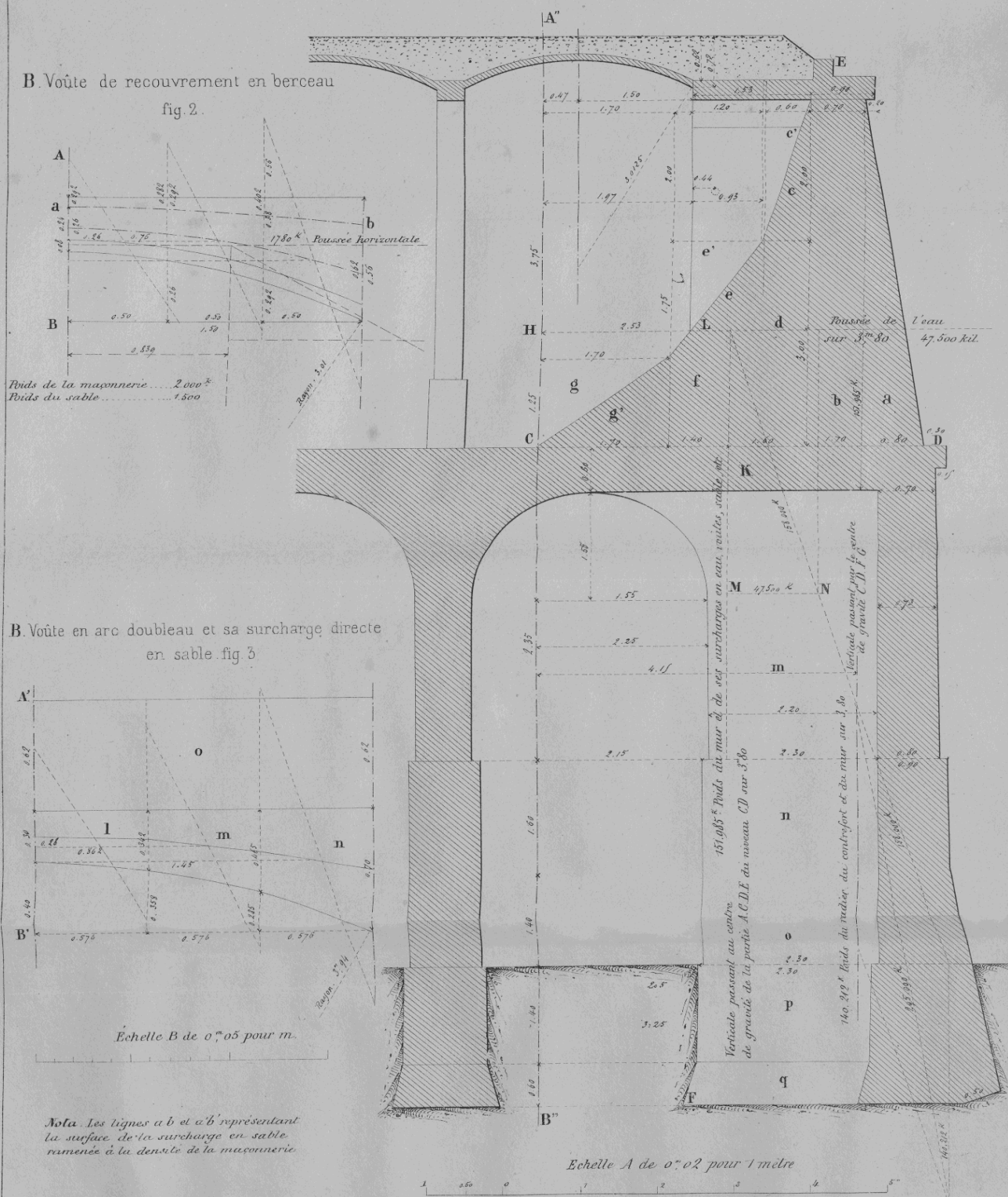


Fig 12



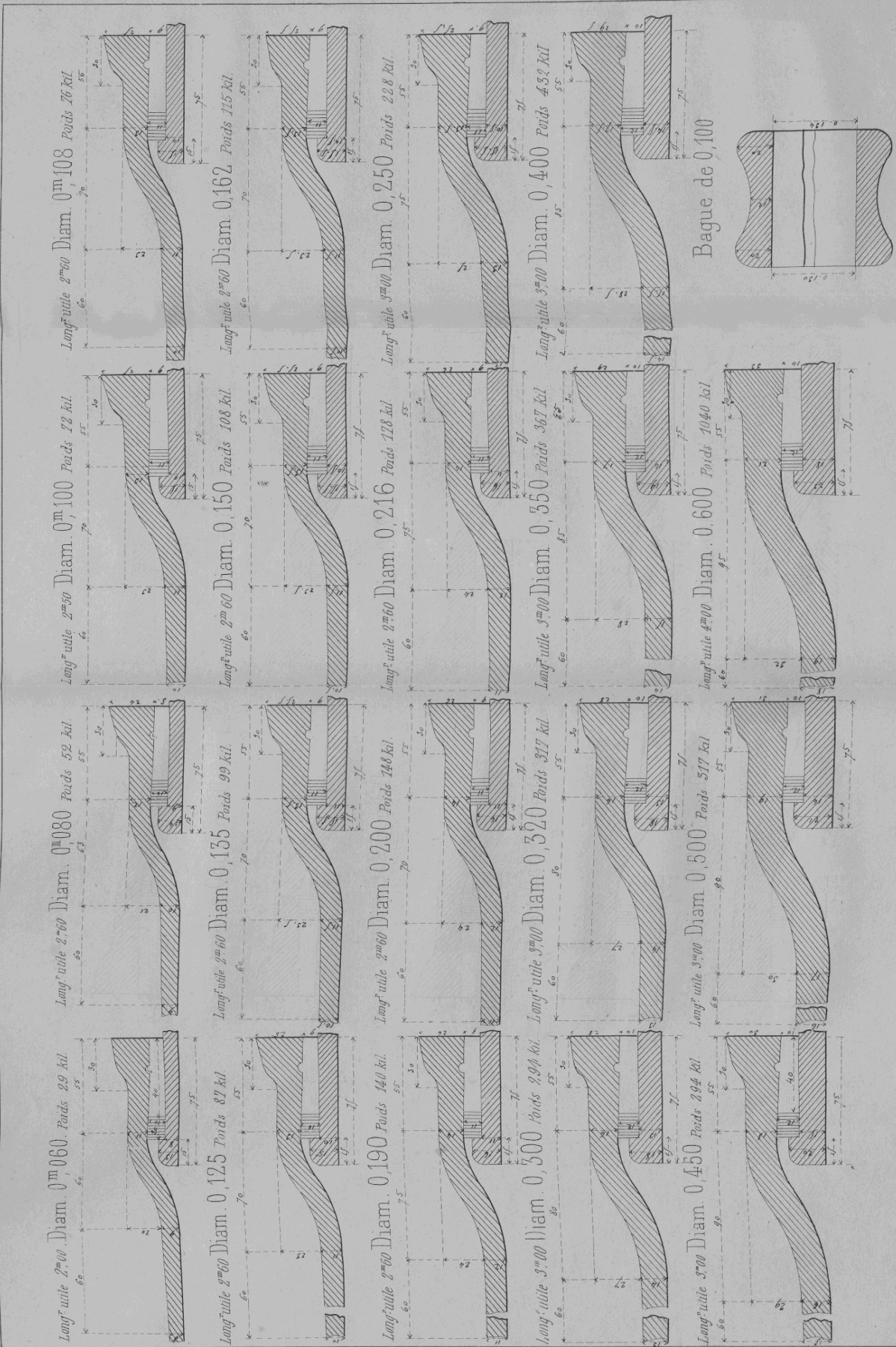
Réservoir très-élevé au-dessus du sol

A. Épure servant à déterminer la stabilité des murs. Fig. 1



Forme, Dimensions et Poids des Tuyaux

Pl. 8



J. Peley et Co

Imp. de l'Etat Genevois

Fig. 1 Plan général du filtre
Échelle de 0.003 p. m.

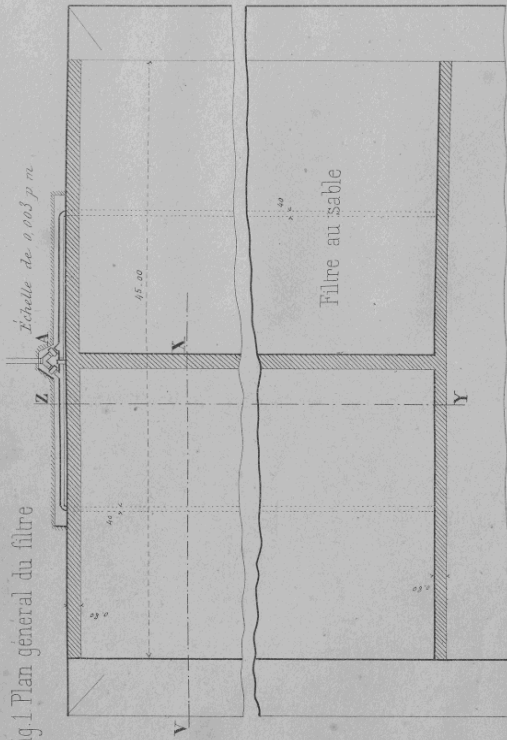


Fig. 2
Bassin d'Épuration

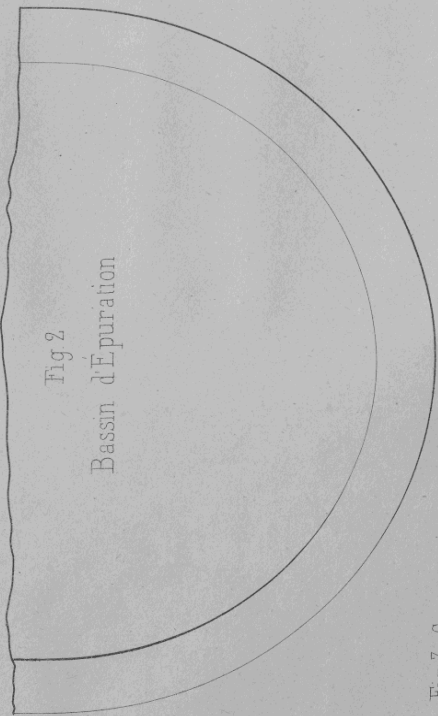


Fig. 3 Coupe suivant V-X
Échelle de 0.005 p. m.

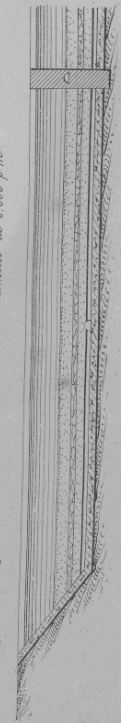


Fig. 4 Coupe suivant Z-Y
Échelle de 0.010 p. m.

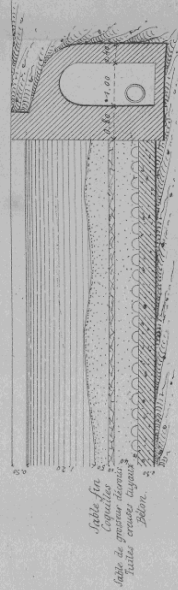
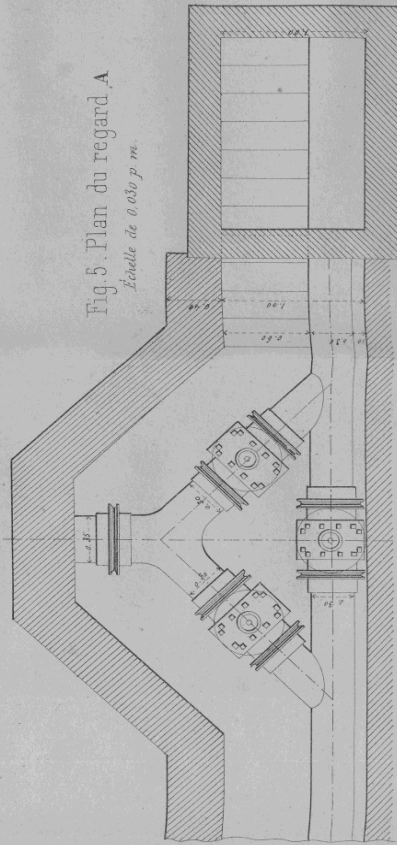


Fig. 5 Plan du regard, A
Échelle de 0.030 p. m.



Trappe du regard.

Fig. 6 Plan

Fig. 7 Dessous de la trappe

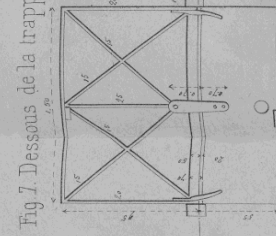
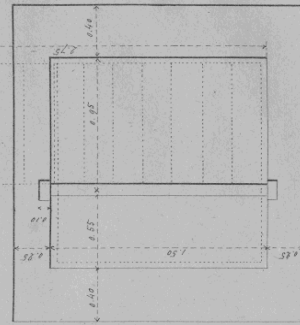
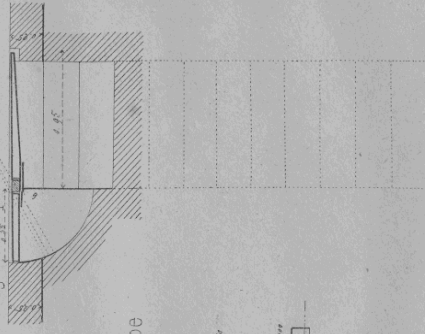
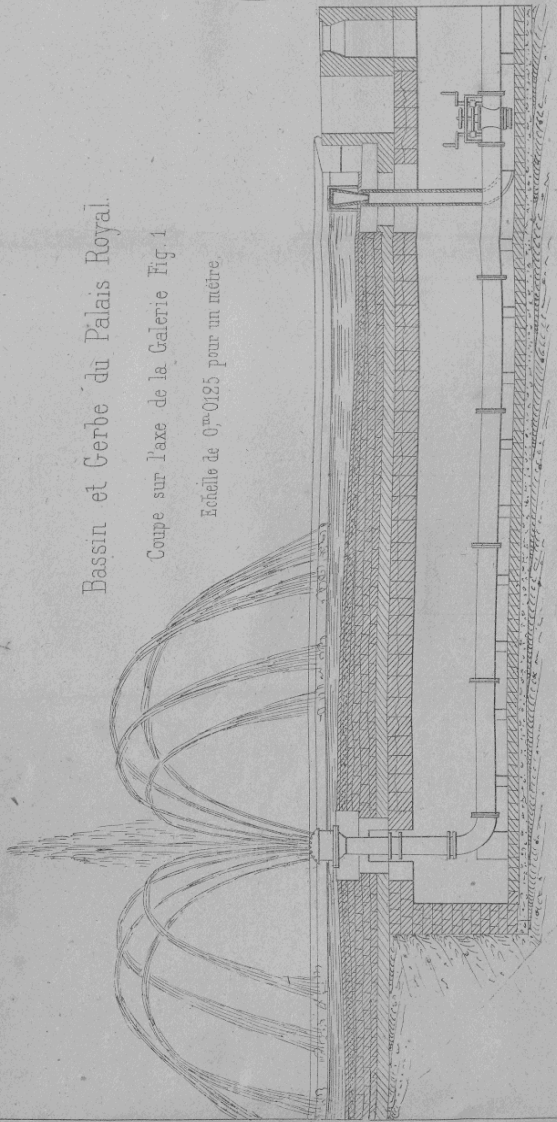


Fig. 8 Coupe suivant M-N



Échelle de 0.030 p. m.

Distribution d'Eau Jet d'Eau Machine à essayer les Tuyaux Collier à Lunette.



Bassin et Gerbe du Palais Royal.

Coupe sur l'axe de la Galerie Fig. 1

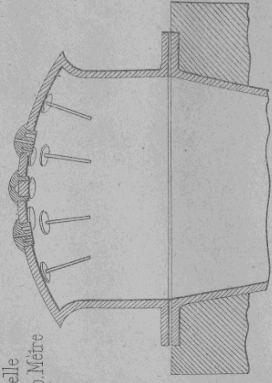
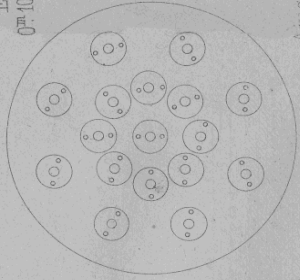
Echelle de 0^m.0125 pour un mètre.

Champignon Fig. 2

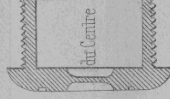
Coupe dans l'axe.

Echelle 0^m.100 p. Mètre

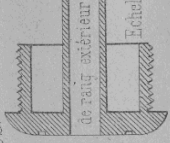
Plan.



Ajustages



du Centre



de l'axe extérieur

Echelle de 0^m.500 p. Mètre.

Machine à essayer les Tuyaux

Elevation latérale Fig. 3

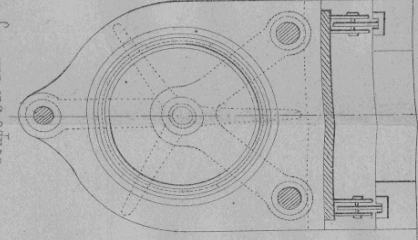
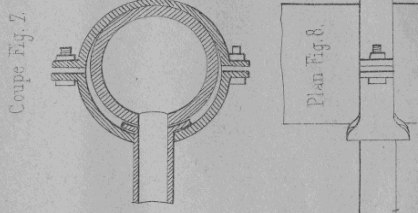
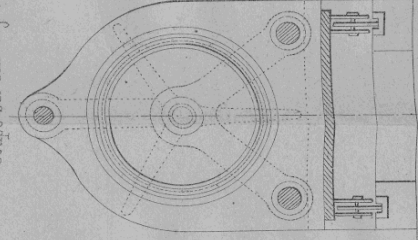
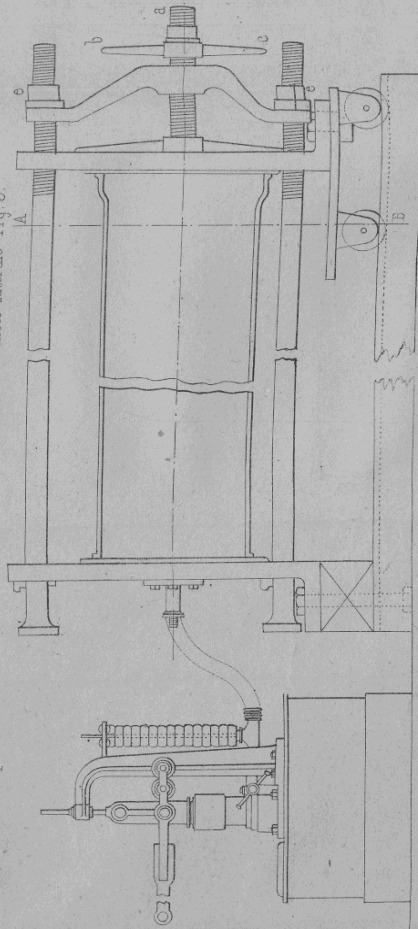
Elevation de Face Fig. 4

Collier à Lunette

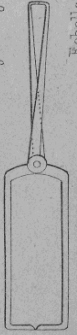
Coupe sur AB Fig. 5

Coupe Fig. 7

Pressa hydraulique



Compas pour vérifier l'épaisseur des Tuyaux Fig. 9.

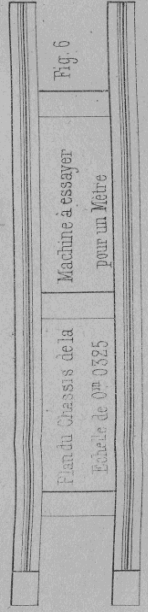


Echelle de 0^m.065 pour un Mètre

Fig. 6

Machine à essayer pour un Mètre

Plan du Chassis de la Echelle de 0^m.0325



Distribution d'Eau, Tracé des Conduites. Ville de Besançon

Pl. 11



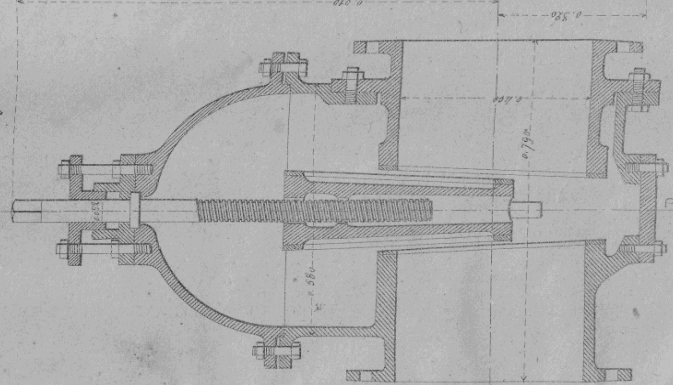
J. Moy et C^{ie}

Imp. de l'Écho Central

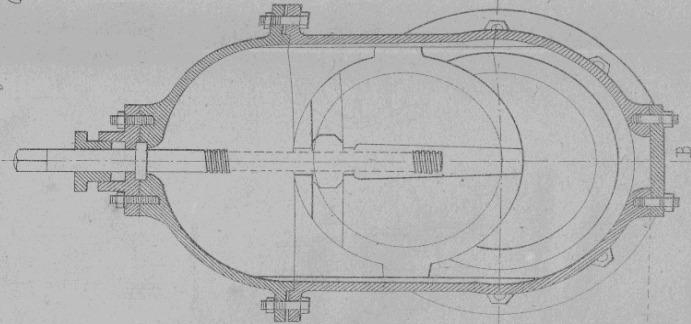
Distribution d'Eau, Robinet, Soupape, Ventouse.

Robinet Vanne de 0^m400 de diamètre

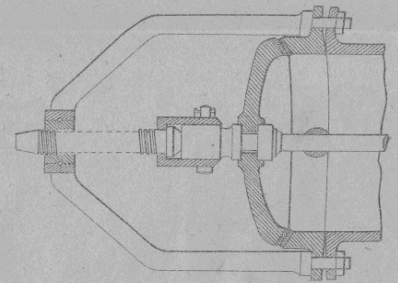
Coupe suivant A.B. fig. 1.



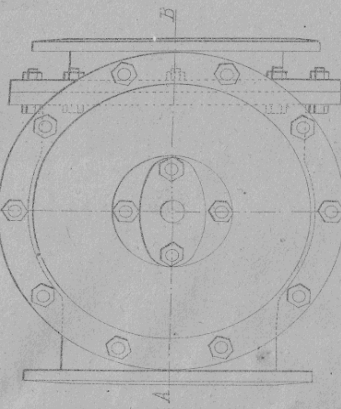
Coupe suivant C.D. fig. 2



Soupape de Réservoir



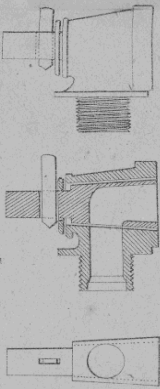
Plan fig. 3



Échelle de 0^m100 par un mètre

Robinet à Cône Renversé

Coupe Verticale



Coupe en Elevation

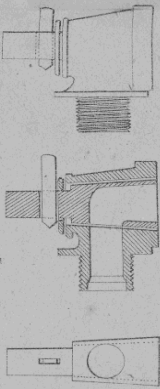
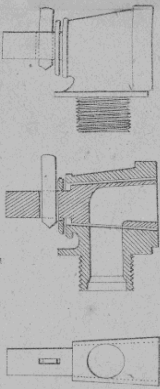
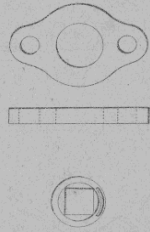


fig. 5

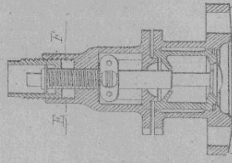
Plan du Robinet



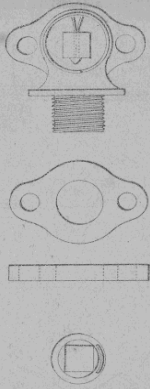
Plan de la clé



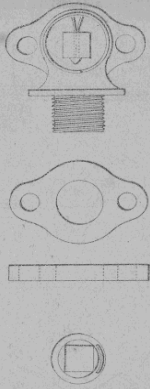
Coupe G.H.



Bras mobile

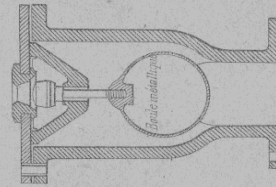


Plan du Robinet

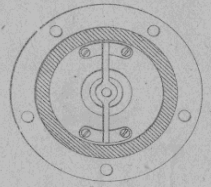


Ventouse à Soupape

Coupe Verticale fig. 6



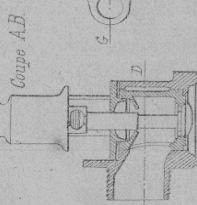
Coupe horizontale fig. 7



Échelle de 2/3 pour la Ventouse

Robinet à Soupape

fig. 8



Coupe A.B.

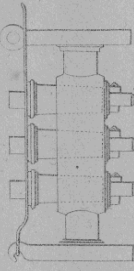


Coupe E.F.

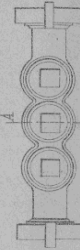


Robinet de Jauge à 3 Boisseaux

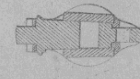
Elevation



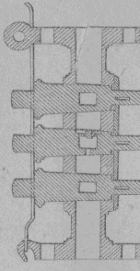
Plan



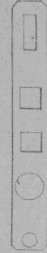
Coupe A.B.



Coupe C.D.

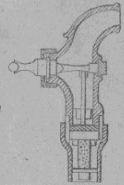


Plan de la bride



Robinet Repoussoir

Coupe Verticale



Échelle de 1/2 pour tous les Robinets.