

Auteur ou collectivité : Rondelet, Jean

Auteur : Rondelet, Jean (1743-1829)

Titre : Addition au Commentaire de S. J. Frontin sur les aqueducs de Rome, contenant la description des principaux monuments de ce genre construits par les anciens et les modernes

Adresse : Paris : chez l'auteur, 1821

Collation : 1 vol. (88-[2] p.) : tabl. ; in-4

Cote : CNAM-BIB 4 Le 12 (2)

Sujet(s) : Aqueducs -- Italie -- Rome (Italie) ; Rome (Italie) -- Approvisionnement en eau

Langue : Français

Date de mise en ligne : 18/07/2018

Date de génération du document : 18/7/2018

Permalink : <http://cnum.cnam.fr/redir?4LE12.2>

4 Le 12 (P.2)

ADDITION

AU

COMMENTAIRE DE S. J. FRONTIN,

SUR

LES AQUEDUCS DE ROME.

DE L'IMPRIMERIE DE FIRMIN DIDOT,

IMPRIMEUR DU ROI ET DE L'INSTITUT, RUE JACOB, N° 24.

4° Le 12

ADDITION

AU

COMMENTAIRE DE S. J. FRONTIN

SUR

LES AQUEDUCS DE ROME,

CONTENANT

LA DESCRIPTION DES PRINCIPAUX MONUMENTS DE CE GENRE
CONSTRUITS PAR LES ANCIENS ET LES MODERNES.

PAR J. RONDELET,

Architecte, membre de la Légion d'honneur et de l'Institut de France, de l'Académie des Sciences, Belles-Lettres et Arts de Lyon, et de plusieurs autres sociétés savantes, etc.



A PARIS,
CHEZ L'AUTEUR, ENCLOS DU PANTHÉON.

.....
M. DCCC. XXI.

ADDITION

AU

COMMENTAIRE DE S. J. FRONTIN

SUR

LES AQUEDUCS DE ROME,

CONTENANT

LA DESCRIPTION DES PRINCIPAUX MONUMENTS DE
CE GENRE CONSTRUITS PAR LES ANCIENS ET LES
MODERNES.

Des trois Aqueducs de Rome restaurés par les papes, qui fournissent actuellement dans cette ville les eaux désignées sous les noms d'AQUA VERGINE, d'AQUA FELICE, et d'AQUA PAOLA.

DE L'AQUA VERGINE.

CETTE eau est celle désignée dans l'ouvrage de Frontin sous le nom d'*aqua Virgo*. Ses conduits ayant été endommagés, la restauration en fut commencée sous les pontificats de Nicolas V et Sixte IV, et achevée sous celui de Pie IV en 1568.

A cette époque, les trois bouches par lesquelles l'*aqua Vergine*

Add. au Comm.

I

ADDITION

arrivait à Rome, étaient disposées sans ornements. Clément XII voulant décorer cette fontaine, fit commencer sur l'un des côtés du palais Conti et sur les dessins de Nicolas Salvi, architecte, le beau monument qui existe, et qui a été terminé sous Benoît XIV.

Le nom de Trévi que porte cette fontaine lui vient, ou des trois bouches par lesquelles l'eau arrivait, ou parce qu'elle était placée dans un carrefour de trois rues. Cette fontaine est représentée dans la planche XI, fig. A.

D'après les relevés faits en 1809 par M. Vici, directeur des eaux de Rome, cette fontaine fournit moyennement 4100 palmes cubes par minute, ou 1617 onces d'eau coulante. La masse d'eau qui coule dans le canal de cet aqueduc, prise dans la cour d'entrée du jardin Borghèse, a de largeur 66 onces $\frac{11}{100}$ sur 89 onces $\frac{57}{100}$ de hauteur, produisant une section dont la superficie est de 5930 onces $\frac{3}{10}$ carrées.

Le produit moyen de cet aqueduc étant, selon M. Vici, de 4100 palmes cubes, de chacun 1728 onces cubes par minute, répond à 7084800 onces cubes, qui donnent pour une seconde 118080 onces cubes. Ce produit étant divisé par la superficie de la section, donne 20 onces par seconde, pour la vitesse moyenne de cette masse d'eau.

La vitesse de l'eau qui sort par des orifices de différentes grandeurs, étant sous une même charge, en raison inverse de la superficie de ces orifices, les 1617 onces d'eau coulante (dont la superficie pour chacune est de $\frac{11}{14}$ d'once carrée) formeraient ensemble une superficie de 1270 onces $\frac{1}{2}$ carrées, qui donne la proportion $1270 \frac{1}{2} : 5930 :: 20 : 93$, qui indique la vitesse de l'eau coulante sous une charge de 15 onces.

M. Mallet, qui n'évalue le produit de cet aqueduc qu'à 1418 onces d'eau coulante, ne trouve un résultat moindre que parce qu'il n'évalue la vitesse moyenne de l'eau dans le canal qu'à $\frac{1}{3}$ au-dessous de celle de la surface, c'est-à-dire à 12 pouces $\frac{1}{4}$ par seconde; tandis qu'elle est réellement de 13 pouces $\frac{3}{4}$, équivalant à 20 onces du palme romain.

Dans les Commentaires de Frontin, le produit de l'eau Vierge était porté à 2504 quinaires, lesquels, évalués comme nous avons fait, à 1 pied $\frac{1}{2}$ cube romain par minute, donneraient 8903 palmes cubes $\frac{11}{100}$, au lieu de 4100 trouvés par M. Vici, c'est-à-dire plus du double, ou 3513 onces $\frac{13}{50}$, au lieu de 1617.

Les 1617 onces d'eau coulante que produit actuellement l'eau Vierge, fournissent en vingt-quatre heures 5904000 palmes cubiques, ou 65782 mètres cubes, ou 3289 $\frac{1}{10}$ pouces-d'eau, mesure de Paris. Ces eaux se distribuent, par sept conduites principales, à treize fontaines publiques, et à trente-sept autres semi-publiques.

DE L'AQUA FELICE.

Cette eau est une partie des anciennes eaux *Claudia* et *Marcia*, réunie avec plusieurs autres, recueillies sous le pontificat de Sixte V, sur le territoire de *Pantano*, à environ 9 lieues ou 27 milles de Rome. Toutes ces eaux ont été réunies, sous le pontificat d'Urbain VIII, dans un immense réservoir et dans plusieurs autres plus petits, d'où elles coulent dans le canal de l'aqueduc rétabli, par une ouverture nommée *fistola urbana*, pratiquée dans un bloc de marbre. Selon Fontana, cette ouverture jauge 100 onces d'eau, qui arrivent à Rome à la porte Majeure, par l'ancien aqueduc de la *Claudia*.

La masse d'eau mesurée dans la partie du canal où elle coule, au lieu dit *Vigna di Catalaneo*, a 2 pieds 9 pouces 6 lignes de large, ou 48 onces $\frac{2}{3}$ du palme romain, sur 3 pieds 3 lignes de hauteur, ou 52 onces $\frac{1}{3}$, produisant une superficie de 2563 onces carrées. Le produit moyen en une minute est, selon M. Vici, de 1280 palmes cubiques, ou 2211840 onces; ce qui donne, pour une seconde, 36864 onces cubiques. Cette quantité, étant divisée par la superficie de la section d'eau, qui est de 2563 onces carrées, donne, pour la vitesse moyenne, 14 onces $\frac{9}{50}$, répondant à 9 pouces 10 lignes $\frac{1}{2}$ du

pied de Paris. Une expérience faite à Rome a donné, pour la vitesse de la superficie de l'eau coulante, 13 pouces par seconde, dont les $\frac{4}{5}$ sont 10 pouces $\frac{4}{10}$, répondant à une pente d'environ 1 ligne $\frac{1}{2}$ par toise.

Le produit de ces eaux en vingt-quatre heures a été trouvé de 1843200 palmes cubiques, ou 727344 onces, équivalant à 20537 mètres cubes, ou 1027 pouces-d'eau de fontainier. Ces eaux se distribuent dans seize fontaines publiques et onze semi-publiques.

La fontaine de Moïse, exécutée sur les dessins de Charles Fontana, est représentée par la figure B de la planche XI.

DE L'AQUA PAOLA.

L'aqua Paola se compose des eaux recueillies sur les territoires d'*Arcolo* et de *Bassano*, conduites dans l'ancien aqueduc de l'*Al-sietina*, sous le pontificat de Paul V, et sous la direction de Jean Fontana, architecte hydraulicien, qui a fait construire la grande fontaine de *S. Pietro-in-Montorio*, représentée par la figure C de la planche XI; et des nouvelles eaux tirées depuis du lac *Bracciano*, sous le pontificat de Clément X, et sous la direction de Charles Fontana en 1694.

Cet architecte, qui a composé un traité sur les eaux courantes imprimé à Rome en 1696, employait, pour évaluer la quantité d'onces d'eau que fournissait cet aqueduc, une méthode qui paraît être fondée sur un ancien usage, et qui consistait à retenir l'eau, à la sortie du réservoir, à la hauteur de la charge sous laquelle se débiterent les eaux par les tuyaux de jauge, et qui à Rome est de 15 onces au-dessous de la superficie de l'eau du réservoir, ainsi qu'on le voit exprimé par la figure 1^{re} de la planche XII.

Fontana, ayant mesuré séparément, par sa méthode, les deux parties d'eau que fournit l'aqueduc *Paola*, trouva, pour l'ancienne eau amenée par Paul V, 750 onces, et pour la nouvelle eau amenée

sous le pontificat de Clément X, 675 onces; ce qui fait, pour les deux, 1425 onces. Ayant mesuré ensuite par la même méthode ces deux parties d'eaux à l'endroit où elles sont réunies, il ne trouva que 1350 onces.

Cette différence vient de ce que Fontana ne compte la charge de l'eau que du dessus de l'ouverture rectangulaire par où s'écoule le fluide, tandis que, d'après les principes d'hydrodynamique, elle doit se compter du centre; d'où il résulte que plus elle a de hauteur, plus l'eau qui en sort a de vitesse; en sorte que souvent, à surface égale, elle produit une plus grande quantité d'eau. Ainsi la vanne au moyen de laquelle ces eaux ont été mesurées, avait 25 onces de largeur; mais, pour la mesure de la nouvelle eau, la hauteur de l'ouverture n'était que de 13 onces $\frac{1}{2}$ (fig. 2, pl. XII), tandis que pour les anciennes elle était de 15 (fig. 3), et de 27 pour les deux eaux réunies (fig. 4); d'où il résulte que la charge de l'eau jusqu'au centre de l'ouverture devait être de 21 onces $\frac{3}{4}$ pour la première expérience, de 22 $\frac{1}{2}$ pour la seconde, et de 28 $\frac{1}{2}$ pour la troisième, et que les produits devraient être entre eux comme les racines de $21\frac{3}{4}$, $22\frac{1}{2}$ et $28\frac{1}{2}$; c'est-à-dire, comme 4,66, 4,75, et 5,34. Ainsi, prenant pour produit celui de la seconde expérience, qui est de 675, celui de la première aurait dû être de 765, au lieu de 750 trouvé par Fontana; en sorte que le total de ces deux produits partiels aurait été de 1440, au lieu de 1425 trouvé par Fontana; et le produit de ces deux eaux réunies dans un même canal aurait dû être de 1545, au lieu de 1350.

Dans la fig. 1 qui représente, comme nous l'avons dit, le moyen employé par Charles Fontana pour la mesure des eaux qui coulent dans les aqueducs, les lettres LH indiquent la vanne ou porte mobile, dans des coulisses, qui sert à varier à volonté l'ouverture par laquelle on fait couler les eaux. K indique le devant de la caisse dans laquelle l'ouverture est pratiquée; I le volume d'eau coulante.

Dans la fig. 2 la lettre Q indique le bâtis dans lequel la vanne

ADDITION

T se meut à volonté pour augmenter ou diminuer l'ouverture V qui, dans cette figure, est supposée avoir 15 onces de haut.

La ligne R indique la hauteur ou charge de l'eau.

Dans les fig. 3 et 4, les lettres AB indiquent le châssis ou partie fixe; DD la vanne mobile; F la charge de l'eau.

L'ouverture C, dans la fig. 3, est supposée de 15 onces de hauteur, et celle I, fig. 4, de 27.

La largeur commune des trois ouvertures est de 25 onces.

Observation.

Le produit de l'eau *Paola* mesurée en 1809 par M. Vici, ingénieur et directeur des eaux de Rome, a été trouvé de 2315 onces.

Lorsque Fontana a fait son expérience, la hauteur de l'eau dans le canal était de 42 onces, sur la largeur de ce canal qui était de 44 onces $\frac{4}{11}$, dont le produit donnait une section de 1863 onces carrées $\frac{3}{11}$. Les vitesses étant entre elles comme les racines carrées des hauteurs, on trouvera, pour la vitesse de l'eau mesurée par Fontana, 86,08 onces, au lieu de 87 onces $\frac{4}{10}$ que donne l'expérience de M. Vici; ce qui donne, pour le produit d'une minute, 5568 palmes cubiques, au lieu de 5870 trouvés par M. Vici, et 2197 onces d'eau coulante, au lieu de 2315.

D'après ces évaluations, l'aqueduc de l'eau *Pauline* doit fournir moyennement 8,452800 palmes cubiques en vingt-quatre heures, équivalant à 94181 mètres cubes, ou 4709,05 pouces-d'eau.

Environ le tiers de ces eaux est dirigé sur le mont Vatican, où il alimente les fontaines de la place de Saint-Pierre et celles du palais pontifical; le surplus se distribue dans huit fontaines publiques, vingt-trois fontaines semi-publiques, et pour vingt une usines dans la rue Saint-Pancrace.

Ces trois aqueducs de Rome fournissent ensemble, en vingt-quatre heures, d'après les dernières expériences, ce qui suit :

	EN				
	PALMES cubiques.	ONCES d'eau.	QUINATRES.	METRES cubes.	POUCES d'eau.
Eau Pauline.....	8452800	3332600	1569	94181	4709
Eau de Trévi.....	5904000	2328480	1100	65782	3289
Eau Félice.....	1843200	727344	309	20537	1027
TOTAUX.....	16200000	6388424	2978	180500	9025

Les fig. 5, 6, 7, 8 et 9 de la pl. XII sont relatives aux travaux faits par la maison Orsini, pour conduire les eaux du lac Braceiano (autrefois *Alsietinus*) dans l'ancien aqueduc de l'*Alsietina*. Cette opération fut entreprise en 1694, sur la demande du cardinal Virginio Orsino. Il fut nommé, pour en examiner la possibilité, une commission composée du cavalier Agostino Martinelli ; de M. Auzout, français, de l'académie des sciences ; de Corneille Major ; du frère Joseph Paglia, dominicain, et de Dominique Rainaldy.

Le frère Paglia, comme architecte de la maison Orsini, fut chargé d'examiner la quantité d'eau qu'on pouvait extraire du lac ; et, sans avoir égard à la vitesse, il conclut qu'il était possible d'en tirer 1000 onces et plus. D'après ce rapport, le pape Clément X autorisa la maison Orsini à tirer cette quantité d'eau pour la conduire dans l'aqueduc de l'*Alsietina*, sous la condition que 300 onces de cette eau serviraient pour alimenter la seconde fontaine qui était à construire sur la place de Saint-Pierre à Rome, et que le surplus de l'eau qui arriverait serait partagé entre la chambre apostolique et la maison Orsini.

Le cavalier Bernin eut ordre de s'occuper de l'érection de la fontaine. Mais, avant d'y procéder, il voulut s'assurer de la possibilité

ADDITION

d'obtenir une quantité d'eau suffisante : il envoya sur les lieux son frère Louis Bernin , qui trouva qu'en raison du peu de pente du lac au conduit , et de la variation des niveaux, on n'aurait pas assez d'eau. Cette différence d'opinion entre les ingénieurs fit reconnaître les difficultés de l'entreprise , et suspendre l'établissement de la seconde fontaine.

Enfin le pape ayant ordonné de nouvelles expériences et de nouveaux nivelllements , il fut reconnu que l'eau du lac était plus élevée d'un palme et demi que la superficie de l'ancienne eau *Paola* , mais que cette hauteur était insuffisante pour procurer à l'eau une vitesse capable de fournir 1000 onces. Pour obtenir cette vitesse , on convint qu'il fallait construire , en travers de l'émissaire de l'Arrone , un mur pour maintenir les eaux du lac à une plus grande hauteur , en y pratiquant des ouvertures pour régler cette hauteur et laisser couler le superflu.

Dans la fig. 5 , qui représente le plan d'une partie du lac de Bracciano , de l'Arrone et des conduits de l'*Alsietina* , la lettre A indique le mur construit par la maison Orsini , à travers l'émissaire , pour éléver les eaux du lac.

B , château-d'eau , construit aussi par la maison Orsini , ayant trois ouvertures par lesquelles l'eau du lac passe pour entrer dans le nouveau canal.

C , nouveau canal qui reçoit l'eau , et dans lequel elle coule jusqu'à l'ouverture par où elle est transmise dans l'ancien canal.

D , lieu où est située l'ouverture qui règle l'introduction de la nouvelle eau dans le conduit antique , et qui contient cette eau à la hauteur convenable , pour lui donner la vitesse nécessaire en raison de la quantité concédée.

EE , conduit antique de l'*Alsietina* , plus bas que celui de la nouvelle eau.

F , fig. 9 , vide ou profil du nouveau conduit , à l'endroit où est située la jauge par laquelle l'eau se décharge dans l'ancien canal.

G, fig. 8, profil du conduit antique, à l'endroit où il reçoit la nouvelle eau.

H, fig. 5, conduit fait également par la maison Orsini, pour introduire l'eau de l'Arrone dans le conduit antique ; et qui a été bouché à cause du dommage qu'occasionnaient les eaux qui y coulaient.

I, emplacement d'un mur traversant le fleuve pour arrêter l'eau, et qui a été démoli pour rétablir le cours du fleuve.

K, puits de la Torreta ;

L, pont de la Torreta.

Les fig. 6 et 7 représentent, sur une plus grande échelle, l élévation et le plan des murs élevés en travers de l'émissaire de l'Arrone, marqué A.

Lorsqu'on introduisit l'eau du lac Bracciano dans le conduit antique de l'*Alsietina*, de toutes les expériences qui furent faites, la plus remarquable est celle qui eut lieu le 13 octobre 1693, à l'occasion du nouveau conduit, duquel l'eau du lac s'introduisait dans le conduit antique par une ouverture ABCD (fig. 10), sous une charge d'un palme $\frac{1}{4}$, indiquée par la lettre R. Cette ouverture a 75 onces de longueur sur $7\frac{1}{3}$ de hauteur, produisant une section de 550 onces carrées, et un produit de 1100 onces, à raison de 2 onces d'eau coulante par once carrée, comme l'évalue Fontana.

Le prisme d'eau qui sortit par cette ouverture étant transmis dans le conduit antique, arriva à Rome sans diminution, et passa, sans charge, dans le réservoir de distribution par une ouverture IEHG (fig. 11), égale à celle ABCD, qui lui avait servi de mesure à la sortie du lac, de manière qu'il se maintint par la vitesse acquise.

Ce même volume d'eau, sous une charge d'un palme $\frac{1}{4}$, obliga de restreindre l'ouverture en bouchant la partie KMNO (fig. 12), qui est d'environ un tiers, de manière que tout ce prisme d'eau passa par le surplus de l'ouverture INLO, de 45 onces de longueur sur $7\frac{1}{3}$ de hauteur, produisant une section de 330 onces carrées, et un produit de 660 onces.

Add. au Comm.

De quelques-uns des principaux Aqueducs construits hors de Rome par les anciens Romains.

AQUEDUC DE NÎMES.

Il est probable que c'est un des plus anciens aqueducs construits hors de Rome par les Romains. On peut l'attribuer à Agrippa, gendre d'Auguste, à qui cet empereur, en revenant d'Egypte, avait confié le gouvernement du pays, devenu colonie romaine (1). Agrippa, flatté des honneurs qu'il recevait des habitants de Nîmes, y fixa son séjour; fit enclorre la ville de nouveaux murs, construire des bains, et probablement l'aqueduc du pont du Gard, pour y amener des eaux.

Ceux qui prétendent que l'objet de cet aqueduc était de conduire les eaux dans l'amphithéâtre bâti sous le règne d'Antonin, n'ont pas fait attention que le genre de construction de l'aqueduc n'a aucun rapport avec celui de l'amphithéâtre, et prouve par sa simplicité une époque plus ancienne. L'empereur Antonin a pu dans la suite, après la destruction des bains, se servir de l'aqueduc du pont du Gard, déjà construit, pour en tirer les eaux nécessaires aux jeux de l'amphithéâtre.

Cet aqueduc, dont le développement est d'environ dix lieues de poste, forme dans son cours la figure d'un fer à cheval. Il tirait ses eaux des fontaines d'Eure et d'Airan, situées au levant et au bas de la ville d'Uzès, où il commence. Le pont du Gard en est le milieu, et la fontaine de Nîmes l'extrémité. (*Voyez le cours de cet aqueduc, pl. XIII.*)

Depuis le lieu où, dans le territoire d'Uzès, l'aqueduc se dérobe à

(1) On fixe à l'an 735 de Rome, dix-sept ans avant J. C., l'époque à laquelle Agrippa vint à Nîmes pour apaiser les troubles des Gaules.

la vue, l'ouvrage est très-bien conservé jusqu'à l'endroit où il devient visible de nouveau, à un quart de lieue au levant du village de Saint-Maximin. M. Delon, qui a fait en 1787 des recherches exactes sur cet aqueduc, qu'il proposait de rétablir pour former un canal d'arrosement et de dérivation pour la ville de Nîmes, dit qu'ayant pénétré très-avant dans cet aqueduc, à la faveur d'une ouverture pratiquée dans la voûte, il a admiré la beauté de la construction, si bien conservée, qu'elle lui paraissait toute récente. De Saint-Maximin l'aqueduc suit son cours toujours sous terre, en allant du couchant au levant; il traverse de la même manière les territoires des villages d'Argilliers et de Vers.

À l'extrémité du territoire du village de Vers, et sur les confins du territoire de Castillon-du-Gard, l'aqueduc cesse d'être enterré. Une suite d'arcades soutient son niveling depuis ce lieu jusqu'au pont du Gard. Ce quart de lieue, que l'aqueduc devait parcourir depuis le territoire de Castillon-du-Gard, est la partie la plus dégradée. En venant d'Uzès au pont du Gard, et avant d'arriver au chemin qui conduit de ce pont à Saint-Esprit, on voit à droite et à gauche du chemin un grand nombre d'arcades, dont quelques-unes sont conservées dans leur entier, et les piles de presque toutes les autres.

Après avoir passé sur le pont du Gard, l'aqueduc poursuit son cours dans les montagnes qui l'avoisinent.

Les étrangers qui visitent ce magnifique ouvrage seraient ravis d'admiration, dit M. Delon, s'il était permis de pénétrer dans le canal souterrain qui perce les montagnes qui sont au midi du pont du Gard, et dont l'ouverture près de la dernière arche a été bouchée pour enlever une retraite aux bêtes fauves et aux malfaiteurs.

Toutes les collines qui se trouvent depuis le pont du Gard jusqu'au territoire de Saint-Bonnet, sont percées de part en part; et dans les vallons le canal est soutenu par de petits ponts à la manière de celui du Gard, pour conserver le niveling de l'aqueduc; et de là jus-

ADDITION

qu'au milieu du local qu'il désigne sous le nom d'*Auberge-de-Bouis*, on voit une suite d'arcades qui partent de la montagne de l'*Auberge-de-la-Foux*, qui pouvaient avoir 200 pas de longueur, et qui soutenaient l'aqueduc jusqu'à la montagne qui est au midi de la même auberge. Cette partie de l'aqueduc a été détruite par les moines de Saint-Basile, qui construisirent le monastère adossé à l'église de Saint-Bonnet.

Cette énorme montagne, qui est au midi de l'Auberge-de-la-Foux, reçoit l'aqueduc dans son sein. Après avoir traversé pendant l'espace d'un quart de lieue la chaîne de montagnes au nord de Sarnhac, l'aqueduc devient visible dans un vallon qui est au midi d'un rocher élevé, appelé *le Rocher-de-Delord*. M. Delon dit être entré plusieurs fois dans les deux gorges, qui sont à cinquante pas l'une de l'autre, dans la distance que forme en cet endroit la séparation de la montagne. De là on peut suivre l'aqueduc taillé dans le roc, jusqu'au village de Sarnhac, où il passe sous le quartier le plus élevé appelé *la Bourgade*.

Taillé toujours dans le roc vif, à environ douze pieds de profondeur sous terre, l'aqueduc, en partant du village de Sarnhac, suit son cours jusques à l'étang de Laugnac, dans le territoire de *Ledenon*, où il est encore visible, dit M. Delon, par un de ses murs latéraux qu'on découvrit en creusant un fossé. C'est le dernier endroit où cet auteur a vu l'aqueduc; mais il a jugé, par le niveling qu'il a observé dans ce lieu, que l'aqueduc devait traverser la plaine des villages de Bezousse, de Saint-Gervasi ou Saint-Gervaz, et de Marguerite, pour arriver par Courbessac à Nîmes.

A l'endroit où sur les bords de l'étang de Launac l'aqueduc est visible, il cesse d'être taillé dans le rocher, et ses murs latéraux sont construits de la même manière que la partie des murs de la ville de Nîmes dont on attribue la construction aux Romains.

Je me disposais à faire imprimer la description du pont du Gard d'après mes recherches particulières, lorsque j'ai eu connaissance de

l'ouvrage que MM. Grangent et Durand viennent de publier sur les antiquités du département du Gard. (1)

Quoique j'eusse visité moi-même cet antique monument et mesuré ses principales parties, et que j'eusse mis dans mes recherches toute l'exactitude possible, cependant, comme MM. Grangent et Durand ont eu sans doute beaucoup plus de facilité pour l'examiner dans tous ses détails, j'ai cru devoir rectifier la description que je me proposais de faire, d'après celle de ces messieurs, dont ce qui suit est en partie extrait, ayant d'ailleurs trouvé peu de différence entre le résultat de leurs recherches et celui des miennes.

PONT DU GARD.

Le pont du Gard est la partie de l'aqueduc de Nîmes qui traverse la vallée profonde dans laquelle coule le Gardon ou Gard, au milieu des montagnes qui sont entre Vers et Saint-Bonnet.

Cette partie, considérée seule, est un des plus grands monuments que les Romains aient bâti dans les Gaules. Le pont du Gard est composé de trois rangs d'arcades les uns sur les autres. (Pl. XIV, fig. 1.) Le premier rang, sous lequel passe le Gardon, est formé par six arches; le second en a onze, et le troisième trente-cinq. Tous les arcs sont en plein cintre, et portent sur des pieds-droits plus ou moins élevés. C'est au-dessus du troisième rang qu'était établi le canal dans lequel coulaient les eaux qui traversaient cette vallée, à plus de 48 mètres au-dessus des basses eaux de la rivière.

La longueur du monument, au niveau de la cymaise qui couronne le premier étage, est de 171 mètres 22 c., et de 269 mètres 10 c. au niveau de la seconde cymaise. Cette dernière longueur est à peu près la même au-dessus des dalles du couronnement de l'aqueduc, entre les deux extrémités rompues et détruites.

(1) *Description des Monuments antiques du midi de la France.*

La hauteur totale du pont du Gard est de 48 mètres 77 c. ; savoir : 20 mètres 12 c. pour le premier étage, depuis le niveau des basses eaux du Gardon jusqu'au-dessus de la première cymaise ; 20 m. 12 c. pour le second étage, jusqu'au-dessus de la seconde cymaise ; et 8 mètres 53 c. pour le troisième, jusqu'au-dessus des dalles du couronnement. L'épaisseur du pont, d'une tête à l'autre du parement antique, est de 6 mètres 36 c. au premier rang, 4 mètres 56 c. au second, et 3 mètres 6 c. au troisième ; ce qui forme pour chaque étage une retraite considérable, qui est de 90 centimètres de chaque côté pour le premier, et de 75 centimètres pour le second. (*Voy. le profil, fig. 2.*)

Les cinq piles du premier rang étaient fortifiées par des avant-becs pour rompre le courant des grandes eaux.

La division des arches et des pieds-droits du premier et du second rang est absolument semblable. La grande arche du premier étage, sous laquelle passe exclusivement la rivière lors des basses eaux, forme le centre de l'ordonnance générale du monument. Cette arche, au premier et au second étage, est accompagnée, de chaque côté, de trois arcs d'un plus petit diamètre, à la suite desquels on en trouve trois autres d'un diamètre encore plus petit ; en sorte que les naissances des arcs plus petits ont été placées à des niveaux successivement plus élevés, afin de faire arriver tous les extrados à la même hauteur, au-dessous de la cymaise du couronnement de chaque étage.

La grande arche du centre a 24 mètres 52 c. de diamètre. Les trois de chaque côté ont 19 mètres 20 c. ; et enfin les plus petites à la suite ont 15 mètres 55 c. d'ouverture.

Tous les arceaux du troisième étage sont égaux, et ont 4 mètres 80 c. de diamètre. Les pieds-droits du premier et du second rang ont tous 4 mètres 55 c. de largeur sur les faces du monument ; celle des pieds-droits du troisième rang varie suivant le diamètre des arcs de l'étage inférieur, au-dessus desquels ils sont établis. Quatre arcs du troisième rang correspondent au grand arc de l'étage inférieur.

Trois sont établis au-dessus de tous les autres , à l'exception du premier , à l'extrémité du monument sur la rive gauche , qui n'en porte que deux au troisième étage.

Tous les diamètres des arcs les plus élevés étant égaux , il s'ensuit que les différentes ouvertures des arcs inférieurs sont rachetées par les plus grandes ou les plus petites largeurs des pieds-droits du troisième rang.

Comme les deux montagnes qui forment la vallée du Gardon ne sont pas également hautes , celle de la rive gauche étant beaucoup plus basse que le niveau de l'aqueduc , tandis que celle opposée est beaucoup plus élevée ; l'aqueduc était soutenu , d'un côté , par une longue suite d'arceaux semblables à ceux du troisième rang ; et de l'autre , il était de suite engagé dans les flancs de la montagne.

Le pont du Gard est entièrement construit en pierres de taille , depuis les fondements jusques à la troisième assise de niveau au-dessus de la cymaise qui couronne les pieds-droits du troisième étage. Aucun moëllon n'est entré dans les remplissages intérieurs des pieds-droits et des reins des arcs du premier et du second étage. Toutes les pierres sont posées à sec , sans aucune espèce de ciment , et doivent leur stabilité à la masse de chaque bloc , et à la précision de la taille de leurs lits et de leurs joints.

Le canal , ou aqueduc proprement dit , est la seule partie qui ne soit pas en pierres de taille : elle est toute construite en moëllons ésmillés sur les deux faces du pont et de l'aqueduc , et en maçonnerie ordinaire dans l'intérieur. Cette maçonnerie , où l'on n'épargnait pas le ciment , formait une masse absolument imperméable , dans laquelle il ne pouvait se faire aucune infiltration.

Le parement intérieur des murs et le fond , qui était creusé en arc de cercle , étaient recouverts d'une couche de ciment de 5 centimètres d'épaisseur , composé de chaux vive , de sable fin et de briques presque pulvérisées. Ce ciment est encore d'une ténacité et d'une consistance égales à celles de la pierre la plus dure ; on n'y trouve

encore aucune gerçure, ni aucune altération. Cette première couche de ciment était recouverte d'une seconde couche d'un mastic très-fin, d'un millimètre au plus d'épaisseur, et d'une couleur rouge très-foncée.

La largeur du canal entre ces deux dernières couches était de 1 mètre 22 c., et sa hauteur était de 1 mètre 62 c.

La pente générale de l'aqueduc était réglée à 4 centimètres pour 100 mètres.

Les murs en maçonnerie étaient surmontés d'une plinthe de 75 centimètres de hauteur, formée de deux assises de pierres de taille, ayant une saillie de 5 centimètres sur le parement (*voyez le profil, fig. 3*); et l'aqueduc était recouvert par des dalles en pierres de taille ayant 3 mètres 64 c. de longueur, environ 1 mètre de largeur, et 35 centimètres d'épaisseur, formant de chaque côté une saillie de 24 centimètres sur la plinthe inférieure.

L'aqueduc est construit avec les mêmes soins dans toute sa longueur, depuis les sources d'Eure et d'Airan jusques à Nîmes; soit qu'il fût établi sur des arcs, comme le pont du Gard, soit qu'il fût souterrain et caché dans les montagnes.

La seule différence, c'est que, dans les parties à découvert, l'aqueduc était terminé par des dalles, comme nous venons de le voir, et que, dans les parties souterraines, il était recouvert par une voûte en plein cintre, en moëllons ésmillés, de 60 centimètres d'épaisseur; ce qui donnait à cette dernière partie une hauteur de 66 centimètres de plus en dedans, parce que les naissances de la voûte étaient toujours établies à 1 mètre 60 c. au-dessus du radier.

On reconnaît dans l'aqueduc une pétrification ou concrétion considérable formée de chaque côté contre la seconde couche du ciment antique. Cette pétrification a une épaisseur à peu près égale, de 29 centimètres, sur la hauteur d'un mètre; au-dessus du fond. A ce point elle diminue sensiblement, pour disparaître au point le plus élevé auquel les eaux pouvaient parvenir. Cette concrétion pierreuse,

sans doute formée par les dépôts successifs des eaux qui ont coulé dans l'aqueduc, paraît prouver que leur hauteur était subordonnée à l'abondance des sources alimentaires d'Eure et d'Airan ; que leur hauteur la plus constante était de 1 mètre au-dessus de la base, et qu'elle s'élevait rarement à 1 mètre 40 c., parce que, à cette hauteur, on ne trouve qu'une légère trace de ce sédiment (fig. 3).

Le pont du Gard ayant été rompu à ses deux extrémités, à une époque incertaine et très-reculée, on croit que cette dégradation doit être attribuée aux barbares qui s'emparèrent du pays de Nîmes peu de temps après leur première invasion, que l'on fixe au commencement du cinquième siècle, vers l'an 406, et qui, par ce moyen, voulurent forcer les habitants de Nîmes en les privant des eaux que leur fournissait l'aqueduc.

Ainsi, dans cette supposition qui paraît très-probable, les eaux auraient coulé dans l'aqueduc pendant plus de quatre siècles ; et ce monument, devenu inutile depuis quatorze siècles, est encore dans un état de conservation tel qu'il serait possible de le rendre, peut-être sans de très-grandes dépenses, à sa destination. Il serait à désirer que l'on examinât le projet qu'avait fait à ce sujet M. Delon, que nous avons déjà cité.

Au commencement du dix-huitième siècle, le duc de Rohan, pour faciliter le passage de son artillerie lors des guerres de religion en Languedoc, fit couper du côté d'amont, tous les pieds-droits des arcs du second rang sur un tiers de leur épaisseur et une hauteur de 3 mètres environ : on démolit en même temps une partie du massif du premier rang, pour y engager des constructions en encorbellement, et donner par ce moyen un passage plus facile à l'artillerie et aux gens de guerre du duc de Rohan.

Cette mutilation devait entraîner la ruine du pont du Gard, qui se trouvait privé de tous ses appuis sur un tiers de leur surface, et il est évident que sa conservation n'est due qu'aux grandes dimen-

Add. au Comm.

3

sions des blocs de pierres employés à sa construction ; il se manifesta cependant des lézardes, et un surplomb considérable.

Au commencement du dix-huitième siècle, les états du Languedoc s'occupèrent du soin de prévenir la ruine inévitable du pont du Gard ; et M. de Baville, intendant de cette province, envoya en 1699 l'architecte Daviler et l'abbé de Lannoy pour examiner l'état du pont du Gard, et déterminer les réparations nécessaires pour sa conservation. Ces commissaires ayant fait leur rapport aux états en 1700, il y fut décidé qu'on réparerait de suite les dégradations ordonnées par le duc de Rohan, en remplaçant le plus exactement possible, avec des pierres de la même carrière et des mêmes dimensions, les coupures faites à chaque pied-droit des arcs du second rang. Cette opération faite avec soin eut les plus heureux résultats, et restitua à cette partie de l'édifice l'appui dont il était privé depuis près d'un siècle.

Cependant le commerce sollicitait depuis long-temps l'établissement d'un pont sur la rivière du Gardon, pour maintenir la communication du Bas-Languedoc avec Lyon et Paris. M. Pitot, directeur des travaux publics du Languedoc et membre de l'Académie des sciences, proposa aux états de cette province d'adosser un pont, pour le passage des voitures, contre la face orientale du pont du Gard, en suivant rigoureusement, dans les dimensions des piles et des arcs, celles du monument antique. Ce projet, qui présentait les avantages de faciliter le passage du Gardon sans être arrêté par les inondations ; de consolider le monument antique, de lui donner un appui plus considérable à sa base, et de procurer aux voyageurs le plaisir de contempler facilement ce bel aqueduc, fut approuvé par les états le 22 janvier 1743 ; et la première pierre du nouveau pont fut posée solennellement le 18 juin suivant. M. Pitot profita de cette circonstance pour faire exécuter quelques réparations importantes pour la restauration du pont antique ; il fit remplacer plusieurs voussoirs

des arcs du premier rang et du second, qui, ruinés par le temps, la gelée et l'humidité, menaçaient d'une chute prochaine.

Les constructions de M. Pitot sont indiquées sur le profil (fig. 2) par la lettre A.

La figure 4 représente l'élévation géométrale d'une partie du pont du Gard, prise au droit de la grande arche sous laquelle passe le Gardon.

La figure 5 représente le plan de la même partie. La lettre A y indique, comme sur le profil fig. 2, le pont moderne construit par M. Pitot pour le passage du Gardon et pour fortifier le monument antique.

La figure 6 offre, sur une échelle plus petite, le plan figuratif de l'ensemble du monument et de la vallée qu'il traverse. Sur la droite le canal de l'aqueduc devient immédiatement souterrain, et s'enfonce dans la montagne. Sur la gauche, il est soutenu par une suite d'arceaux en prolongement de ceux du troisième rang. Le profil fig. 3 représente, sur une plus grande échelle, le détail de la construction du troisième rang et du canal dans lequel les eaux coulaient. On y voit les parements en moëllon esmillé (a); les deux assises en pierre de taille formant plinthe (b); le milieu de la construction en maçonnerie de petits moëllons et mortier (c); le canal (d), dont le fonds est creusé en portion de cercle, et qui est en partie obstrué par les dépôts ou concréctions pierreuses (e); enfin les grandes dalles de recouvrement (f).

DES ANCIENS AQUEDUCS DE LYON.

Rien n'est plus propre à donner une idée de la splendeur de la ville de Lyon sous le règne des premiers empereurs romains, que les restes de ses anciens monuments. On y voit encore les vestiges de temples, de palais, d'amphithéâtres, de naumachies, de bains et de plusieurs aqueducs, dont trois ont été construits sous les règnes

ADDITION

d'Auguste, de Tibère et de Claude, pour porter l'eau dans la partie de cette ancienne ville située sur la montagne.

Le premier et le plus ancien de ces aqueducs, construit par les troupes de Marc-Antoine, tirait ses eaux du Mont-d'Or, au moyen de deux branches qui embrassaient ce groupe de montagnes.

Les eaux fournies par ce premier aqueduc ayant été trouvées insuffisantes pour la partie de la ville située où est actuellement le faubourg Saint-Irénée, ils construisirent un second aqueduc pour amener les eaux de la Loire prises près de Feurs.

Le troisième aqueduc, qui est celui que nous nous proposons de décrire, fut construit sous l'empereur Claude, qui était né à Lyon, pour porter les eaux sur la partie la plus élevée de la montagne, où était situé le palais des empereurs. D'ailleurs ces aqueducs, bâtis dans le même siècle, sont de même construction; c'est-à-dire, pour les arcs et parties apparentes, en maçonnerie désignée par les Romains, et dans Vitruve, sous le nom d'*opus reticulatum*.

Dans la suite, il fut construit un quatrième aqueduc le long du Rhône, dont les eaux étaient tirées de Montluel et de Miribel, et qui se terminait vers l'endroit où se trouve actuellement l'angle des rues du Puits-Gaillot et du Griffon. Ce dernier aqueduc paraît avoir été destiné pour les usages de la ville basse, et il est même douteux qu'il ait été construit par les Romains.

DESCRIPTION DE L'AQUEDUC DU MONT PILA,

Extraite d'un Mémoire de M. DELORME.

Les Romains recueillirent au pied du mont Pila les eaux qui descendaient à l'occident de cette haute montagne pour les conduire à Fourvières. La rivière de Furand coule, vers le midi, jusqu'à Saint-Étienne, d'où elle va à l'occident se rendre dans la Loire. Le ruisseau de Janon a sa direction vers l'occident, et vient déboucher au-

dessous de Roche-taillée, dans un lieu appelé *la Crase du Janon* (1), d'où il va au nord se jeter dans le Gier à Saint-Chamond. (*Voyez, pl. XV, la direction de l'aqueduc depuis Roche-taillée au-dessous de Saint-Étienne-en-Forez jusqu'à Lyon.*)

La direction du Gier, en descendant de la montagne, tend au septentrion, et passe à Saint-Chamond, après avoir reçu le Janon et le Langoneau, d'où il porte ses eaux à l'orient dans le Rhône. Le cours du Furand est plus long pour parvenir au bas de la montagne que celui du Gier, et ses eaux sont aussi plus abondantes après la réunion d'un ruisseau qu'il reçoit au-dessus de Saint-Étienne; de même que le Gier en fournit plus que le Janon.

Il est certain que les eaux du Janon, de même que celles du Gier, furent conduites à Fourvières; et il est très-probable que les eaux du Furand eurent la même destination. Les eaux du Janon furent prises dans *la crase de Janon*, à plus d'une lieue au midi de Saint-Chamond, et conduites par un aqueduc souterrain, sur la droite de ce ruisseau, jusqu'au pont-aqueduc dont on voit les ruines près de la petite Varizelle.

La prise des eaux du Gier, quoique en partie ruinée, se voit encore dans le hameau de la Martinière, à demi-lieu de Saint-Chamond. L'eau entrait dans un aqueduc souterrain sur la gauche du Gier, passant sous le village, et suivant son cours jusqu'à sa jonction avec le Janon; d'où cet aqueduc retourne sur la droite, et le long du Janon, jusqu'au pont-aqueduc de la petite Varizelle, où les eaux du Gier et du Janon se réunissaient dans un seul aqueduc, sur un pont de 100 toises de longueur élevé à cet effet au travers du vallon. M. Delorme fit percer l'aqueduc du Gier entre la Martinière et le village d'Izieux, et il y entra pour en reconnaître la construction et les dimensions.

Quant aux eaux du Furand, elles étaient prises à Saint-Étienne. Du

(1) Le mot *crase* est usité dans le pays pour désigner un vallon, un endroit creux.

ADDITION

pont-aqueduc de la petite Varizelle , le cours de l'aqueduc se dirige vers Saint-Chamond , au-dessous du grand chemin , jusqu'à la rencontre du vallon de Langoneau dans lequel il entre , et d'où il suit le coteau de ce vallon , qu'il remonte jusqu'à un autre pont-aqueduc sur lequel il est porté au coteau opposé. C'est dans ce lieu que les eaux du ruisseau de Langoneau se réunissent à celles de Pila dans le même aqueduc ; ce ruisseau vient des hauteurs qui sont à l'occident de Saint-Jean-de-Bonnefont , et son aqueduc ne vient pas de fort loin. Toutes ces eaux étaient renfermées dans cet aqueduc commun et souterrain sur la colline de Saint-Chamond , au-dessous du château , en suivant cette colline dans les circuits jusqu'au vallon du Fay , dans lequel l'aqueduc entre et remonte pour le traverser sur un troisième pont , d'où il revient gagner la colline.

Après le vallon du Fay , l'aqueduc entre assez avant dans celui de Chaignon , et assez haut pour le traverser sans pont au-delà du village , sous les eaux du ruisseau de ce vallon qui coulent par-dessus. C'est dans ce lieu qu'une branche d'aqueduc y introduit les eaux d'un ruisseau de la plaine qui est à l'occident ; ce n'est peut-être pas la seule branche qui soit ainsi entrée sur la principale tige d'aqueduc. Le quatrième pont-aqueduc est à Saint-Genis-Terre-noire ; le cinquième , à Saint-Maurice-sur-Dargoire ; le sixième , à Mornant. Il n'y en a point à Saint-Laurent-d'Agny. L'aqueduc souterrain passe à l'orient du village. Le septième pont sur le ruisseau d'Armenville , de même que le huitième , près l'un de l'autre , sont situés sur les confins de la paroisse d'Orliénas et de Soucieux. Tous ces ponts sont placés dans des vallons.

Le neuvième pont est dans un renforcement fort étendu sur la hauteur de Soucieux. Il est terminé par un réservoir sur le haut de la colline méridionale du vallon de la rivière de Garon. Pour passer ce profond vallon , les eaux du réservoir coulaient dans des tuyaux de plomb en forme de siphons , couchés sur le penchant de la colline et sur le pont construit au travers du vallon , qui peut être nommé *Pont-*

à-siphon, d'où les tuyaux, également couchés sur la colline opposée, versaient leurs eaux dans le réservoir de Chaponost.

De ce réservoir les eaux entraient dans un aqueduc porté par le dixième pont dans la partie méridionale de Chaponost, et qui est souterrain dans son circuit à l'occident du village. Il vient reparaître au nord sur le onzième pont, qui était composé de quatre-vingt-dix arcades, dont il reste encore plus de soixante. Celui-ci était aussi terminé par un autre réservoir, d'où l'eau descendait par des tuyaux dans le vallon de Bonan, plus profond que le précédent, et passait sur le second pont-à-siphon, d'où elle remontait jusqu'à un autre réservoir à Sainte-Foy. Elle coulait ensuite sur un pont-aqueduc, le douzième de cette espèce. Cet aqueduc est ensuite souterrain, et continue de l'être sous la hauteur de Sainte-Foy, jusqu'au treizième pont-aqueduc que l'on voit hors la porte de Saint-Irénée. Là est encore un réservoir dont l'eau descendait dans des tuyaux de plomb qui passaient dans les fossés de Saint-Irénée, et remontaient jusque dans un autre réservoir construit sur la pile que l'on voit dans les murs de la ville, au mail de Fourvières, au-dessus de la porte de Trion, à côté d'une tour. Les tuyaux n'étaient point portés dans ce vallon sur un pont-à-siphon ; il n'y en a aucun vestige. Ils étaient posés sur un massif de maçonnerie.

Les eaux, rendues dans ce réservoir, passaient dans un aqueduc dirigé du midi au nord de Fourvières, terminé par le grand réservoir de la maison Angélique, où il amenait les eaux portées sur un quatorzième pont dont on voit les restes au mail. Il est le dernier de cette suite, sans y comprendre les deux ponts-à-siphon. Il y a même apparence que de cet aqueduc on distribuait une partie de l'eau à l'amphithéâtre des Minimes, et au palais des empereurs, qui était sur l'emplacement où se trouvent à-présent les bâtiments des religieuses *Antiquailles*, et à une maison de plaisance dont on voit les ruines souterraines dans les fonds de la maison de *la Serra*. Deux

aqueducs souterrains, qui se croisent sous la maison Bourgeat, indiquent leur direction.

Cet aqueduc a plus de treize lieues d'étendue, à cause de ses circuits, quoique la distance droite ne soit que de huit lieues; et sa pente est de 360 pieds, depuis le pont de la petite Varizelle jusqu'à Fourvières; mais si l'on ajoute à cette étendue les différentes branches de prises d'eau, la longueur de ces constructions peut être portée à quinze lieues.

CONSTRUCTION.

Pour construire ces aqueducs, on a commencé par faire une tranchée de 5 pieds de largeur et de 10 pieds de profondeur, en suivant la pente uniforme de 1 pied pour 100 toises. Dans cette tranchée, on construisait l'aqueduc en maçonnerie, en observant la même largeur dans les rochers que dans le terrain, ainsi qu'on le voit auprès du village de Chaignon.

Sur le fond de cette tranchée on a fait un massif de maçonnerie de 1 pied d'épaisseur, sur lequel on a érigé deux murs de chacun 1 pied $\frac{1}{2}$ d'épaisseur et 5 pieds de hauteur, à 2 pieds de distance l'un de l'autre, formant le canal pour le passage de l'eau. Ces deux murs étaient surmontés d'une voûte en plein cintre, de 1 pied d'épaisseur, et couverte ordinairement de 2 pieds de terre. L'intérieur du canal est revêtu d'une couche de ciment de 6 pouces d'épaisseur par le bas, et de 1 pouce $\frac{1}{2}$ sur les murs; ce qui réduisait l'intervalle entre les enduits de ciment des murs à 21 pouces. Le raccordement des murs sur le fond était fortifié par un arrondissement.

Les murs étaient construits en petits moellons de roche ayant depuis 3 jusqu'à 6 pouces d'épaisseur, posés à bain de mortier, de manière qu'il ne se trouve absolument aucun vide entre les pierres. On a évité de faire usage de moellons plus gros que 6 pouces, parce que les murs en petites pierres, bien garnis de mortier, forment un massif plus solide qu'avec de grosses pierres, à cause de la plus

grande quantité de mortier qui y entre. Il n'est point entré de briques dans ces constructions.

Les Romains préféraient le gros sable graveleux pour cette espèce de maçonnerie, au sable fin, qui n'est guère propre que pour les enduits; et lorsqu'ils étaient obligés de s'en servir, ils avaient soin de le mêler avec de la brique pulvérisée. Ils en faisaient de même pour le sable trop gros. La chaux faite avec de bonnes pierres n'était pas épargnée.

Le ciment employé pour les enduits des aqueducs était composé de parties de briques grosses comme des pois pour les premières couches, et plus fines pour la dernière. Dans l'enduit sur le fond les morceaux sont gros comme des noix et comme des œufs; le mélange en était fait avec de la chaux nouvellement éteinte, sans autre composition. Ce qui contribue à faire le bon ciment, comme le bon mortier, c'est que l'un et l'autre soient bien corroyés et que le mélange en soit exactement fait avant que de le détremper; ce qui se connaît quand la couleur du mélange est égale dans toute la masse.

Dans les aqueducs hors de terre, les murs ont depuis 22 jusqu'à 24 pouces d'épaisseur; les parements extérieurs sont en maçonnerie réticulée, dont chaque losange a 3 pouces 6 lignes en carré, sans aucune assise de briques.

La couverture de la voûte de l'aqueduc hors de terre était un peu bombée, pour l'écoulement des eaux pluviales, et assez plate cependant pour servir de chemin pour aller aux réservoirs et dans l'aqueduc, où l'on entrait par des portes de fer en forme de trappes de 2 pieds en carré, pratiquées dans la voûte du réservoir et dans celle de l'aqueduc. Les aqueducs souterrains avaient de semblables portes en forme de puits carrés, élevés de 2 ou 3 pieds au-dessus de terre; il s'en trouve encore deux entre Mornant et Saint-Laurent-d'Agny.

Pour ménager l'entrée de l'eau dans l'aqueduc, il devait y avoir une vanne ou une porte à coulisse, à chaque prise d'eau, pour n'en

laisser entrer qu'une quantité réglée pour chaque branche. Elles ne devaient fournir ensemble que 21 pouces d'élévation, qui suffisaient pour remplir les siphons : sans cette précaution, le volume d'eau, qui aurait été de plus de 4 pieds, serait devenu trop considérable. On levait ou baissait probablement les vannes, en raison de l'augmentation ou de la diminution des rivières ; on pouvait encore obvier à la trop grande quantité d'eau par des déversoirs.

L'aqueduc hors de terre était soutenu sur un massif de maçonnerie de 6 pieds d'épaisseur, lorsque l'élévation au-dessus du sol n'était que de 6 à 7 pieds. Mais, lorsqu'elle était plus grande, on a construit des arcs, et enfin des piles à ces arcs, à mesure que l'élévation augmente. C'est de cette élévation que dépend la largeur des arcades, la grosseur des piles et leur hauteur. Pour une ouverture de 18 pieds de hauteur, la largeur est de 12 pieds; et les pieds-droits, de 6 pieds sur 12 avec un arc en plein cintre. Lorsque l'inégalité du terrain ne permettait pas de donner par-tout également 18 pieds de hauteur à l'ouverture des arcades d'un même pont, on abaissait les piles sans rien changer aux autres dimensions. Les piles des arcs de la petite Varizelle ont 5 pieds 9 p° d'épaisseur; celles de Chaponost, 5 pieds 10 p°; et à Fourvières, 6 pieds. Mais cette épaisseur des piles, de même que celle de leur face, augmentait pour de plus grandes élévations, comme on le voit à Chaponost et à Saint-Irénée. L'arcade qui précède le réservoir de Saint-Irénée a 31 pieds sous clef; sa largeur est de 15 pieds 6 p°; et les faces des piles ont la moitié de la largeur des arcades, ou 7 pieds 9 pouces. Comme la partie supérieure, dans laquelle se trouve le canal, n'a que 6 pieds d'épaisseur, pour la raccorder avec les arcades on a fait au-dessus de l'imposte une retraite de 10 pouces en glacis sur chaque face, qui réduit la pile et l'arc à 6 pieds d'épaisseur. (Pl. XVII, fig. 1^{re}.) Néanmoins on a élevé sur cette retraite un dosseret ou pilastre B, de 10 pouces de saillie sur environ 3 pieds de face, pour fortifier l'aqueduc.

Les fondements des piles de moyenne élévation sont de 3 à 4 pieds

de profondeur, selon la nature du terrain, et de 6 à 8 pieds pour les plus élevées, avec une retraite de 6 pouces au moins au niveau du terrain.

Tous ces différents supports d'aqueduc sont d'une même construction, en petits moëllons posés par assises et à bain de mortier, et les faces apparentes en maçonnerie réticulée. Cette maçonnerie réticulée était reliée de 4 pieds en 4 pieds par deux rangs de grandes briques de 22 pouces en carré sur 2 pouces d'épaisseur; les angles en petites pierres plates, qui ne formaient pas liaison suffisante avec celles posées en losange, ont contribué à la ruine de ces angles et des piles, parce qu'elles ont été arrachées pour des constructions particulières.

Ces piles n'ont pu être construites que par des encassemens de 4 pieds en 4 pieds, serrés par deux cours de clefs ou de bandes, comme un moule.

Les arcs sont en plein cintre, formés par des voussoirs de pierres plates, d'environ 3 pouces d'épaisseur, et alternativement d'une grande brique. Ils sont extradossés et terminés par un rang de briques qui forme un filet autour. Au-dessus de la clef règne un double rang de briques dans toute la longueur de l'aqueduc, sans former saillie. C'est sur ce double rang qu'est formé l'évier ou fond de l'aqueduc. Il n'y a que les arcades du pont ou aqueduc de Langoneau, dont il ne reste plus que sept piles, qui ne soient pas en maçonnerie réticulée, mais en pierres plates de 3 à 4 pouces pour les parements.

Le vallon qui est entre Soucieux et Chaponost a 200 pieds environ de profondeur. Cinq ponts l'un sur l'autre auraient été à peine suffisamment élevés pour porter l'aqueduc d'un coteau à l'autre, et le dernier de ces ponts aurait eu environ 400 toises de longueur.

Le vallon entre Chaponost et Sainte-Foy, d'environ 300 pieds de profondeur, et dans lequel passe la rivière d'Izeron, aurait exigé huit rangs d'arcades les uns sur les autres, tous très-longs.

Le troisième vallon, entre la colline du petit Sainte-Foy et celle de Fourvières, aurait exigé trois rangs d'arcades.

Toutes ces constructions auraient occasionné des travaux prodigieux et une dépense énorme, capables d'arrêter l'exécution du projet ; mais l'intelligence des architectes qui en furent chargés leur fit imaginer de substituer à ces constructions des tuyaux en plomb formant siphons, d'un travail et d'une dépense bien moins considérables.

Ainsi, pour le passage du vallon du Garon, l'aqueduc parvenu sur la hauteur de la colline, répandait ses eaux dans un réservoir ou cuvette, placé sur une tour carrée. (Pl. XVI, fig. 1.)

Ce réservoir a 14 pieds de long sur $4\frac{1}{2}$ de largeur et 7 d'élévation (fig. 3 et 4), jusque sous la clef. Les murs ont 4 pieds $\frac{1}{2}$ de haut jusque sous la naissance de la voûte, et 2 pieds 3 pouces d'épaisseur. La voûte est percée au milieu, d'une ouverture de 2 pieds en carré, qui servait d'entrée dans le réservoir. Le fond est revêtu d'une couche de ciment de 6 pouces d'épaisseur, avec un raccordement de 3 pouces, pour effacer l'angle des murs avec le fond, ainsi que les angles montants formés par les murs. Il y avait deux rangs de tringles de fer de 3 lignes en carré, pour entretenir les murs ou servir à mettre les pieds lorsqu'on entrait dans le réservoir.

Le mur du côté du vallon était percé à 9 pouces au-dessus du fond, de neuf ouvertures ovales de 12 pouces de hauteur sur 10 de largeur, à 7 pouces d'intervalle les unes des autres. C'est par ces ouvertures que l'eau sortait du réservoir de chasse, par autant de tuyaux de plomb qui descendaient dans le vallon, couchés d'abord sur des arcs rampants et ensuite sur un massif de maçonnerie dont la pente était réglée, jusques au-dessus des arcades sur lesquelles ils traversaient le fond du vallon.

De là ces tuyaux remontaient le côté opposé, également couchés sur un autre massif de maçonnerie, terminé par des arcs rampants qui leur donnaient l'entrée dans un autre réservoir qui est de niveau

avec l'aqueduc de Chaponost. On a trouvé sur le côté du Garon un reste de ces massifs de maçonnerie d'un pied d'épaisseur, sur lesquels étaient couchés les siphons. Ce réservoir diffère du premier en ce que les tuyaux prenaient à celui-ci, les eaux par le bas du réservoir, et qu'à celui-là il les versait par le haut; c'est-à-dire à 3 pieds environ au-dessus de l'évier, afin que le réservoir et l'aqueduc de fuite pussent contenir 2 pieds de hauteur d'eau. L'eau pouvait s'élever de 3 à 4 pieds dans celui de chasse, à cause de la résistance que l'air opposait à son entrée dans les siphons.

Le pont-à-siphon sur lequel les tuyaux traversaient le vallon, est construit et disposé dans les mêmes proportions que les ponts-aqueducs; ses piles ayant 9 pieds de face, l'ouverture des baies 18, et la hauteur de l'arcade 36. Mais cette partie diffère des autres par sa largeur, qui est quadruple, ou de 24 pieds, et par ses piles élégies d'arcades qui formaient une enfilade très-agréable et un passage couvert sous le pont. (*Voy. pl. XVI, fig. 1 et 2.*) Les arcades percées dans les piles ont 14 pieds de largeur sur 21 pieds de hauteur. Leurs arcs sont formés en voussoirs de pierres plates et briques posées alternativement. Les faces sont en maçonnerie réticulée de pierres grises et noires, en forme d'échiquier. Cependant, comme ces percées affaiblissaient les piles les plus élevées, on fut obligé de les murer en plein en maçonnerie du même genre. Deux arcades du pont-aqueduc de Baunan tombèrent en 1757, parce que les retombées n'avaient pas été murées. Un jambage ou pied-droit était renversé depuis long-temps, et cette double retombée formait une clef pendante entre les deux arcs sur une portée de 45 pieds. Le dessous de la clef pendante était formé, dans toute son étendue, de grandes briques de 22 pouces. Les cintres des arcades sont divisés en sept voussoirs par de doubles rangs qui se prolongent dans toute l'épaisseur du pont.

Selon M. Delorme, les neuf siphons qui sortaient du réservoir par autant d'orifices, avaient chacun 8 pouces de diamètre intérieur, qui

s'évasaient dans ces ouvertures sur 11 pouces de haut, pour faciliter l'entrée de l'eau. Ces tuyaux, d'environ 1 pouce d'épaisseur, descendaient jusqu'à moitié de la pente du réservoir au pont, à-peu-près de 75 pieds, où ils se divisaient en deux branches d'un peu moins de 6 pouces de diamètre, qui passaient sur le pont et remontaient le côté du vallon opposé jusqu'à 70 pieds, où les deux branches se réunissaient, comme de l'autre côté, en un seul tuyau de 8 pouces qui allait jusqu'au réservoir.

M. Delorme explique cette hypothèse en disant que si chacun des tuyaux de 8 pouces n'eût pas répondu à deux branches de 6 pouces, on n'aurait pas eu besoin de donner 24 pieds de largeur au pont, tandis que les deux arcs rampants des extrémités n'ont que 15 pieds. Comme ces doubles branches ne pouvaient occuper que 18 pieds $\frac{1}{2}$, en laissant entre elles une distance de 6 pouces, il resterait encore 5 pieds $\frac{1}{2}$ pour un sentier et deux parapets. Les tuyaux et les branches devaient être supportés par des tasseaux ou supports de pierre placés de 3 pieds en 3 pieds, pour en faciliter la visite et les réparations.

Quant à moi, je crois que les neuf tuyaux partant du réservoir de chasse et allant au réservoir de fuite étaient les mêmes dans toute leur étendue, et qu'ils passaient sur les arcades, auxquelles, par cette raison, on avait donné une largeur d'environ 14 pieds, suffisante pour le passage des neuf tuyaux espacés, de milieu en milieu, de 17 pouces.

PRODUIT PRÉSUMÉ DE CET AQUEDUC.

Quant à la quantité d'eau que devait fournir l'aqueduc du mont Pila, la largeur du canal de cet aqueduc étant de 21 pouces, et la hauteur de la masse d'eau coulante étant aussi de 21 pouces, la section devait être de 441 pouces; et, en supposant la vitesse de 5 pieds par seconde, M. Delorme trouve, sans avoir égard à la diminution de

vitesse, que l'eau qui coule dans un canal éprouve, en raison de sa longueur, un produit de 15 pieds 3 pouces 9 lignes cubiques par seconde; de 918 pieds 9 pouces par minute; ce qui fait 55125 pieds par heure, et en vingt-quatre heures, 1323000 pieds cubes, ou environ 2397 pouces-d'eau de fontainier, mesure de Paris.

Cette quantité prodigieuse ne vient que de ce que M. Delorme, dans son calcul, n'a pas fait une application exacte des principes d'hydrodynamique, qui servent à déterminer la vitesse de l'eau dans les canaux d'aqueduc : car la vitesse qu'il suppose serait cinq fois plus grande que celle de l'eau qui coule dans les aqueducs de Rome, quoique le volume de ces dernières soit beaucoup plus considérable, et qu'elles aient 18 à 20 pouces de pente pour 100 toises.

D'après des expériences faites à Rome avec beaucoup de soin et d'exactitude, la masse d'eau qui coule dans le canal de l'aqueduc *Felice*, qui a 2 pieds 9 pouces de large, sur 3 pieds 3 lignes de hauteur, la vitesse de l'eau n'a été trouvée que de 12 pouces $\frac{4}{10}$ par seconde pour une longueur de 100 toises, quoique la pente pour cette longueur soit de dix-huit pouces au lieu de douze.

D'après cette expérience et l'application des principes de l'hydrodynamique, la masse d'eau qui coule dans le canal de l'aqueduc du mont *Pila* étant de 21 pouces de hauteur, avec une pente de 12 pouces pour 100 toises, sa vitesse pour 100 toises de distance ne devait être que d'environ 8 pouces par seconde, et son produit de 2 pieds cubes; ce qui donnait 120 pieds par minute, 7200 pieds par heure, et 172800 pieds, environ 300 pouces-d'eau de fontainier pour vingt-quatre heures, au lieu de 1323000 pieds cubes que trouve M. Delorme.

AUTRE APPLICATION.

La distance de l'aqueduc du mont *Pila* depuis la petite *Varizelle* jusqu'au dernier réservoir de la maison *Angélique*, tracée et mesurée

sur la carte de Cassini (pl. XV), est de 22900 toises, qui à raison de 1 pied de pente pour 100 toises, donneraient 229 pieds; à quoi ajoutant 45 pieds pour les branches verticales des trois parties d'aqueducs-à-siphons, on aurait 274 pieds de différence de niveau; ce qui donnerait, en y appliquant le calcul, une vitesse initiale de 90 pieds par seconde, et, pour la vitesse finale, 11 pouces 1 ligne par seconde, sans avoir égard au frottement qui devait avoir lieu tant dans les canaux que dans les tuyaux formant siphons; ce qui réduirait cette vitesse à 8 pouces, comme nous l'avons ci-devant évaluée.

RÉSERVOIR DE CHASSE ET DE FUITE DE BAUNAN
ET DE SAINT-IRÉNÉE.

Le réservoir de chasse pour le vallon de Baunan a 18 pieds de longueur et 6 de largeur; il était percé de douze ouvertures pour autant de siphons. Selon M. Delorme, cette augmentation de tuyaux pour une même quantité d'eau, avait pour cause un vallon plus profond et plus large que celui de Garon; il pense que, comme la charge est plus considérable lorsque la chute est plus grande, on multipliait les siphons pour en partager l'effort en diminuant leur diamètre à proportion. D'ailleurs le pont-à-siphons est de même construction que celui de Garon. On ne voit aucun vestige du réservoir de fuite qui était à Sainte-Foi. Le réservoir de chasse de Saint-Irénée paraît semblable à celui de Soucieu; son arc rampant a 15 pieds de largeur. M. Delorme croit qu'il était percé pour un moindre nombre de siphons que celui de Soucieu, mais qu'il avait des ouvertures plus larges pour des tuyaux d'un plus grand diamètre, comme il paraît par quelques-unes de ces ouvertures qui subsistent encore.

Le réservoir de fuite semblable à celui de chasse, dont on voit, dit M. Delorme, la pile au Mail, dans le mur de la ville, à côté d'une tour, communiquait l'eau par un aqueduc au réservoir de la

maison Angélique. Ce réservoir avait une décharge, suivant certains vestiges de voûte qui paraissent dans le mur de la ville, du côté du fossé. M. Delorme a observé que les réservoirs de chasse ont une ouverture à 4 pieds et $\frac{1}{2}$ environ de hauteur au-dessus de l'évier, pour servir de déversoir en faisant couler l'eau au pied de la tour, et pour faciliter leur curage et leurs réparations.

Réservoir de la Maison Angélique.

Le grand réservoir de la maison Angélique, dont l'évier est couvert de terre, était supporté par plusieurs voûtes en berceau, dans la direction du nord au midi, séparées par des murs de refend de 2 pieds et $\frac{1}{2}$. Il reste encore cinq de ces voûtes, de la longueur de 21 pieds, et de 11 pieds et $\frac{1}{2}$ de largeur dans œuvre. Elles sont en plein cintre, construites en moëllons avec des cours de briques en voussoirs, dans les distances de 10 pouces et $\frac{1}{2}$ ou de 1 pied romain, le tout sans être cimenté. La décharge sur 1 pied et $\frac{1}{2}$, voûtée sur 4 pieds de hauteur, subsiste dans un mur de 7 pieds et $\frac{1}{2}$ d'épaisseur, à l'orient de ces voûtes. L'eau y descendait par un puits de 1 pied et $\frac{1}{2}$ en carré, qui joint le mur du midi qui a plus de 10 pieds d'épaisseur.

Le père Decolonia, dans son Histoire littéraire de la ville de Lyon, dit qu'on trouva dans cet endroit vingt à trente tuyaux de plomb, de 15 à 20 pieds de longueur, marqués par ces lettres initiales : TI. CL. CAES. (*Tiberius Claudius Cæsar.*) Cet auteur n'avait aucune connaissance du réservoir découvert par M. Delorme, et auquel ces tuyaux pouvaient être destinés pour distribuer les eaux dans le palais et les jardins de l'empereur Claude.

AQUEDUC ANTIQUE DE METZ.

Cet aqueduc a été bâti par les Romains, dans le temps où cette ville était sous leur domination ; mais on n'est pas sûr de l'époque à laquelle on peut fixer cette construction.

Add. au Comm.

On lit dans l'histoire de la ville de Metz, que les légions romaines en furent chassées vers l'an 70 de l'ère vulgaire. Comme la retraite de ces troupes fut précédée par des temps de troubles et de guerres, il paraît probable que la construction de l'aqueduc, ainsi que celle des autres grands édifices bâtis par les Romains à Metz, remonte à un temps plus reculé, et qu'elle date des règnes des premiers empereurs, peut-être de l'époque où les légions de César occupaient les Gaules.

Les principales eaux que l'aqueduc de Metz amenait dans cette ville étaient prises dans une vallée au-dessus de Gorze, nommée *les Bouillons*. On presume qu'on rassembla les eaux de cette vallée dans un bassin, d'où elles entraient dans le canal de l'aqueduc, qui était sous terre en cet endroit.

Ce canal avait dans œuvre 6 pieds de hauteur sur 3 de largeur; il était établi sur un massif en moellons bruts, posés à bain de mortier, dont l'épaisseur était proportionnée à la solidité du terrain. Dans les endroits où le fond était bon, il n'avait guère qu'un pied d'épaisseur. La face des murs en dedans était en moellons taillés d'échantillon, et posés par assises réglées. Ces moellons, dont le parement formait un carré long de 7 à 8 pouces sur environ 3 de hauteur, avaient près d'un pied de queue; ceux de la face extérieure étaient simplement ébauchés. Le mur du côté de la montagne avait plus ou moins d'épaisseur, selon qu'il devait soutenir une plus grande ou une moindre poussée de terres. Dans les endroits moins sujets à cet inconvénient, il n'avait, comme celui du côté opposé, que 1 ou 2 pieds d'épaisseur. La voûte était en plein cintre; les voussoirs d'environ 1 pied en carré sur les joints, avaient 2 pouces d'épaisseur vers l'intrados et 3 à l'extrados. Cette partie était recouverte d'une maçonnerie épaisse de 7 à 8 pouces et faite en moellons ordinaires. Pour empêcher les eaux de filtrer, l'intérieur des pieds-droits du canal était revêtu, à la hauteur de 3 pieds, d'un ciment qui pour

l'ordinaire avait 2 pouces d'épaisseur; mais celui du fond en avait régulièrement 3.

Les fouilles et les recherches faites par les bénédictins, auteurs de l'histoire de la ville de Metz, leur ayant fait reconnaître la direction de l'aqueduc depuis la ville de Gorze jusqu'à Metz, c'est d'après cet ouvrage que nous allons indiquer cette direction, qui est tracée sur la carte (planche XVII).

Le canal est conservé en son entier depuis le moulin de Gorze vers le point A, jusqu'à l'autre extrémité de ce bourg, et passe sous toutes les maisons qui forment la droite de sa principale rue, dans une longueur d'environ 150 toises, en raison des sinuosités.

Au sortir de Gorze, l'aqueduc prend sa direction sur la croupe de la montagne du côté de Sainte-Catherine, et va couper la chaussée de Gorze à Metz au point B, à 365 toises du point A.

De là, pour avoir une pente réglée, les Romains ont été obligés de faire un grand détour, et d'aller la chercher dans la sinuosité de la gorge de Parfond-val, dans laquelle on trouve l'aqueduc au point C, distant du point B de 488 toises. Après avoir formé une anse un peu au-dessus de C, il revient sur lui-même en suivant le penchant de la montagne, à gauche du ruisseau qui vient de Parfond-val. La voûte subsiste encore en quelques endroits de cette anse, et paraît même un peu hors de terre. Il existe dans cette partie une fontaine, dont il y a lieu de croire que les eaux augmentaient celles amenées de Gorze, ainsi que quelques autres sources de cette vallée.

Du point C l'aqueduc revient en D, dans une longueur de 330 toises.

Au point D il coupe de nouveau la chaussée de Gorze à Metz, et dirige son cours vers le château de Sainte-Catherine.

On le retrouve en E, à 53 toises de distance; d'où il passe en F, éloigné de 770 toises, puis en G à 1070 toises. Il tourne en H, dont la distance est de 436 toises, et où il coupe le chemin de Noviant à Gorze.

Du point H il se dirige à mi-côte vers Dornot, en passant au

point I, éloigné de 1054 toises. De Dornot, l'aqueduc se dirige vers Ancy, passe derrière ce village et se retrouve dans des vignes, au point L, à 704 toises de I.

Il prend ensuite la direction L, M, N, et arrive au point O, éloigné de celui L d'environ 950 toises.

En suivant le cours de l'aqueduc depuis le moulin de Gorze jusqu'au pont qui traverse la Mozelle après le point O, il y a 6286 toises, distance sur laquelle on a trouvé 29 pieds 5 pouces 11 lignes de pente, en sorte que la pente par toise est, à bien peu de chose près, de $\frac{1}{3}$ de ligne.

Au point O qui est immédiatement auprès de la culée du pont, on a découvert un réservoir, ABCD (fig. 1, pl. XVIII), de 28 pieds et $\frac{1}{2}$ de longueur dans œuvre, sur 21 pieds et $\frac{1}{2}$ de largeur, dans lequel vient se rendre l'aqueduc. La partie BED, qui est adossée à la montagne, forme un arc de cercle, dont la corde BD est de 21 pieds et $\frac{1}{2}$, et la flèche EF, de 7 pieds et $\frac{1}{2}$. La partie opposée AC est quarrée. Les murs G, conservés à la hauteur de 8 à 9 pieds, en ont $3\frac{1}{2}$ d'épaisseur sur les côtés AB, AC, et 3 seulement dans les autres parties. L'intérieur de ces murs est en moëllons ordinaires, posés à bain de mortier mêlé de ciment. Les faces, tant du dedans que du dehors, sont en moëllons taillés d'échantillon, et posés par assises réglées. La face du dedans était en outre revêtue d'un demi-pouce de ciment.

Au milieu du réservoir est un bassin HIKL, de 14 pieds de longueur sur $9\frac{1}{2}$ de largeur, et de 1 pied de profondeur. Autour du bassin règne une banquette large de 6 pieds sur les côtés HI, KL, et de 9 vers l'embouchure de l'aqueduc E. Cette banquette, composée de grosses pierres de taille, est revêtue, en dedans du bassin, de briques triangulaires de 8 à 10 pouces de face et de 6 de queue.

Au milieu de la partie circulaire du réservoir se trouve l'embouchure de l'aqueduc E. Sa hauteur sous voûte en cet endroit est de 5 pieds 8 pouces sur 3 pieds de largeur dans œuvre. (Voy. N, fig. 2.)

A 8 pieds environ de l'angle C, se trouve aussi l'embouchure d'un canal de décharge O, dont la direction est du côté d'Ars. Sa hauteur sous voûte est de 5 pieds 1 pouce sur 2 pieds 10 pouces de largeur dans œuvre. (*Voyez P, fig. 3.*) Il forme avec le mur OC un angle d'environ 80 degrés.

Du côté opposé à la partie circulaire du réservoir, et à commencer du bas du bassin, s'élève un mur QR, qui partageait la largeur de l'aqueduc en deux sur toute la longueur du pont. Les parties de ce mur qui existent encore sur les culées sont entièrement composées de briques triangulaires, revêtues des deux côtés d'environ 1 pouce de ciment, et n'ont en tout que 18 pouces d'épaisseur. Les deux canaux au sortir du bassin ABCD, ne sont point absolument égaux. Celui du côté d'Ars a 2 pieds 8 pouces de largeur dans œuvre; et celui du côté d'Ancy, 2 pieds 4 pouces. La fig. 9 représente cette construction sur une échelle plus grande.

On présume que le réservoir était couvert par une voûte d'arête, dont les arétiers étaient en pierre de taille. Les reins devaient avoir au moins 4 pieds d'épaisseur. L'intrados était revêtu d'une couche de ciment de 3 lignes d'épaisseur, et peint à fresque.

Le dessus était couvert d'un toit formé de tuiles de deux espèces; c'est-à-dire, de tuiles antiques, dont les unes étaient plates avec des rebords, et les autres rondes pour couvrir les joints des premières.

On a trouvé dans cette partie une espèce de socle ou de base de colonne, sur une des faces de laquelle on voit, dans une niche prise sur l'épaisseur de la pierre, une figure extrêmement dégradée, que l'on a cru représenter une nymphe, parce qu'elle paraît appuyer le coude sur une urne.

On présume que le réservoir a été fait pour recevoir, dans le bassin pratiqué au milieu, le dépôt que formaient les eaux, et que l'on avait sans doute soin d'en tirer de temps en temps, afin que les eaux passassent plus pures sur le pont, et que cette partie fût moins sujette aux réparations.

Ce qui reste de ce pont du côté d'Ars, au couchant de la Moselle, est beaucoup plus détérioré que ce que l'on en voit à l'autre côté de cette rivière dans le village de Jouy. En effet, à quelque distance du réservoir, on trouve deux arches en très-mauvais état, un reste de pile à rase-terre, cinq arches très-dégradées, et ensuite plusieurs vestiges. (*Voyez le profil général fig. 4.*)

La partie qui reste à Jouy consiste en dix-sept arches, dont les sept premières, à commencer au bas du village jusqu'au grand chemin, sont toutes entières, à quelques petites écornures près aux impostes. Les suivantes sont plus dégradées, à mesure qu'elles s'éloignent : quatre sont passables, cinq sont en fort mauvais état, et la dernière est rompue.

Ce pont joignait deux montagnes séparées par un vallon de 560 toises, et avait 12 pieds 10 pouces 7 lignes de pente; ce qui donnait un peu plus de 3 lignes de pente par toise. Le dessus avait 10 pieds 10 pouces de largeur, et était divisé, comme on l'a déjà vu, par un mur de briques triangulaires de 18 pouces d'épaisseur, qui régnait sur toute la longueur et formait un double canal, apparemment pour pouvoir laisser couler les eaux dans l'un, tandis qu'on faisait des réparations dans l'autre. On n'a rien trouvé qui puisse faire connaître la disposition de la couverture de ce double canal.

Tout l'intérieur est en moellons ordinaires posés à bain de mortier. Ceux des faces sont taillés d'échantillon, posés par assises réglées et de différentes hauteurs, les uns ayant 3 pouces et les autres 4.

Toutes les arches sont de même construction et dans les mêmes proportions. Celle sous laquelle on passe à Jouy est de 57 pieds de haut; elle a 17 pieds et $\frac{1}{2}$ au diamètre de sa voûte, et 14 pieds et $\frac{1}{2}$ sur chaque face au pied.

La hauteur prodigieuse qu'elles auraient dû avoir, s'il n'y en avait eu qu'un seul rang, et le peu d'espace qu'elles auraient laissé pour le passage des eaux, si elles avaient été dans la même proportion

que celles qui restent au bas de Jouy, portent à croire qu'il y en avait dans cette partie au moins deux rangs, posées les unes sur les autres, comme celles du pont du Gard. Un coup-d'œil jeté sur les figures 4 et 5 fera sentir la probabilité de cette conjecture.

A l'extrémité du pont du côté de Jouy, à l'endroit marqué P sur la carte topographique, on a découvert un second réservoir, fig. 6, de même construction que celui de l'extrémité opposée, mais de figure différente; celui-ci est absolument circulaire, et forme une espèce de puits dont le diamètre dans œuvre est de 12 pieds et $\frac{1}{2}$.

Les murs A, conservés à la hauteur de 9 pieds, en ont 3 d'épaisseur dans œuvre. Au milieu est un bassin B, également circulaire et dont le diamètre est de 6 pieds et $\frac{1}{2}$. Autour de ce bassin règne une banquette de 3 pieds de largeur et de 4 pieds 10 pouces de hauteur. Cette banquette, à prendre du fond du bassin, est en pierre de taille jusqu'à la hauteur de 4 pieds 2 pouces. Le reste est en maçonnerie ordinaire, revêtue d'une chappe de ciment de 2 pouces d'épaisseur.

Le double aqueduc venant du pont paraît là presque en son entier. Le mur de division a 18 pouces d'épaisseur, et avance de 2 pieds et $\frac{1}{2}$ dans l'intérieur du réservoir.

Le canal, du côté de la montagne de Saint-Blaise, a 2 pieds 4 pouces de largeur dans œuvre; celui du côté de Metz n'a que 2 pieds 3 pouces. Le fond de l'un et de l'autre est à 1 pied 4 pouces au-dessus du fond du bassin. Leur hauteur sous voûte est de 5 pieds 6 pouces, et tous deux sont revêtus en dedans de ciment à la hauteur de 2 pieds et $\frac{1}{2}$ (fig. 8).

Dans la partie supérieure de la banquette, vis-à-vis l'embouchure du double canal, on en voit un autre (F, fig. 6), beaucoup plus petit, qui n'a que 1 pied 9 pouces de profondeur sur 13 pouces de largeur. Le fond et les deux côtés sont revêtus de 2 pouces de ciment. On suppose qu'il était destiné à conduire dans le bassin les eaux de quelques sources voisines.

ADDITION

Le canal G, fig. 6, qui prenait les eaux au sortir du réservoir pour les conduire à Metz, est situé à égale distance des deux précédents. Il a en cet endroit 5 pieds 3 pouces de hauteur sous voûte, sur 3 pieds 2 pouces de largeur dans œuvre (fig. 7). La partie prise sur l'épaisseur de la banquette est à découvert, et n'est élevée au-dessus du fond du bassin que de 9 pouces.

Vis-à-vis de ce canal, on voit le passage H par lequel on descendait dans le réservoir ; il a 4 pieds de largeur en dedans et 5 en dehors.

Les raisons qui ont déterminé les Romains à préférer la forme circulaire dans la construction de ce second réservoir, se font sentir aisément. Il est à présumer que, l'aqueduc devant former à ce point un angle droit pour prendre son cours vers Metz, ils y ont fait une espèce de puits, afin que les eaux y pussent tournoyer et prendre ensuite plus facilement leur direction.

A partir de ce réservoir, le premier endroit où l'aqueduc a été retrouvé est au point Q, d'où il suit la direction RS-TV, en passant devant l'église de Saint-Privast, et en suivant assez exactement le chemin qui conduit à Metz.

La longueur totale de l'aqueduc, à compter depuis le moulin de Gorze jusqu'au point d'arrivée, est de 11373 toises, c'est-à-dire de 4 lieues et $\frac{1}{2}$ communes de France, sur quoi il y a 68 pieds 5 pouces 8 lignes de pente ; ce qui donne sur le total environ $\frac{6}{9}$ de ligne de pente par toise.

Il est à présumer que du ban de Saint-Arnout l'aqueduc continuait sur le sommet de la colline, où l'on a depuis bâti la citadelle, et qu'il y avait là un réservoir dans lequel se faisait la distribution des eaux, suivant l'usage des Romains ; savoir : une partie pour les fontaines de la ville, une autre partie pour les bains publics et pour la naumachie, et une troisième pour les maisons des particuliers qui payaient une certaine rétribution pour l'entretien des canaux.

M. Lebrun, professeur de mathématiques de l'école d'artillerie, ingénieur de la ville de Metz, et membre de l'académie royale des

sciences et arts de la même ville, a fait trois expériences le 20 décembre 1767, pour connaître la vitesse des eaux des sources des Bouillons au-dessus de Gorze; de celle de la chute de Saint-Blin, et des deux du Parfond-Val, toutes réunies dans le canal de Gorze et Sainte-Catherine.

Par la première de ces expériences, il a trouvé que la vitesse du courant était de 24 toises 3 pieds 3 pouces par minute; par la seconde, de 28 toises 2 pieds 2 pouces; et par la troisième, de 25 toises 2 pieds 7 pouces; ce qui fait un total de 78 toises 2 pieds, dont le tiers, pour une vitesse moyenne, est de 26 toises 8 pouces, ou 156 pieds 8 pouces par minute.

La surface moyenne des quatre profils sur le canal, est de 6 pieds $\frac{1}{2}$ carrés, laquelle étant multipliée par 156 pieds 8 pouces de vitesse moyenne, donne 1067 pieds $\frac{1}{2}$ cubiques, pour le volume d'eau de ce canal par minute.

Au mois d'octobre 1757, M. Lebrun avait déjà fait de semblables expériences, par lesquelles il avait trouvé que ce même canal n'avait donné que 684 pieds cubiques par minute. Mais il observa que les eaux étaient considérablement diminuées par les sécheresses de l'été précédent, et on l'assura ne les avoir jamais vues aussi basses.

Si l'on prend une moyenne entre cette dernière quantité et celle du 20 décembre 1767, on trouvera 875 pieds $\frac{13}{14}$ cubiques d'eau amenées à Metz, par minute; ce qui était, comme on le voit, plus que suffisant pour fournir aux usages que les Romains en faisaient.

AQUEDUC DE BOURGAS,

PRÈS DE CONSTANTINOPLE.

Il existe dans la vallée de Bourgas, à trois lieues environ de Constantinople, trois aqueducs qui portent des eaux dans cette ville. Le plus remarquable, tant par sa belle ordonnance que par la solidité de sa construction, passe dans le pays pour avoir été fait sous le règne de l'empereur Justinien.

Cet aqueduc, représenté par la fig. 1^{re} de la pl. XIX, traverse un vallon étroit et profond. Sa hauteur est d'environ 18 toises, ou 108 pieds; sa longueur dans le bas, n'est que d'environ 70 toises, 420 pieds; mais dans le haut, elle est de 120 toises.

La partie au-dessus du vallon, formant le milieu de l'aqueduc, se compose de deux étages, de chacun quatre grandes arcades à cintrage gothique. Celles du bas ont 8 toises 4 pieds de diamètre, et 7 toises $\frac{3}{4}$ de hauteur; celles du second rang sont plus étroites, leur ouverture n'étant que de 6 toises $\frac{3}{4}$, et leur hauteur de 6 toises 1 pied.

Les piles qui séparent les arcades du bas, ont chacune 6 toises $\frac{3}{4}$ de largeur; elles sont élégies un peu au-dessus des impostes par de petites arcades de 1 toise 5 pieds de largeur. Chacune des piles des arcades du second étage est élégie de deux petites arcades placées l'une au-dessus de l'autre, dont le diamètre est de 2 toises et $\frac{1}{2}$.

A l'extérieur, ces piles sont fortifiées par des contreforts prismatiques à bases triangulaires, tranchées diagonalement de manière à se terminer par le haut en ligne droite, et qui réduisent l'épaisseur de l'aqueduc au droit du canal à 3 pieds 6 pouces, tandis que par le bas son épaisseur est de 3 toises, indépendamment des contreforts.

Au-dessus du premier rang d'arcades, l'aqueduc est élégi dans toute sa longueur par un passage de 4 pieds d'ouverture, servant à communiquer d'une montagne à l'autre par le moyen d'un chemin extérieur, communiquant à des parties d'escaliers qui terminent ce pas-

sage intérieur, et qui donnent le moyen de faire passer les bêtes de somme d'une rive à l'autre. L'aqueduc se prolonge de droite et de gauche par de petites arcades et des substructions, qui portent le canal à la hauteur des crêtes des montagnes.

La largeur de ce canal paraît être d'environ 2 pieds, sur 4 de hauteur, et il est recouvert par des dalles formant un toit à deux pentes.

La figure 2 représente sur une échelle plus grande, une partie de l élévation de l aqueduc. La fig. 3 est le plan des arcades du rez-de-chaussée. La fig. 4 est le plan de l arcade du premier étage, au niveau du passage pratiqué dans l épaisseur des piles. Le profil fig. 5, est pris au milieu des arcades; celui fig. 6, est pris au droit des piles.

DES PRINCIPAUX AQUEDUCS MODERNES D'ITALIE ET DE FRANCE.

Aqueduc de Casertes.

Cet aqueduc, représenté par la figure 7 de la planche XIX, a été construit par ordre du roi de Naples, Charles III, pour amener des eaux dans le château qu'il a fait bâtir à Casertes, ville située à cinq lieues au nord de Naples, dans la plaine où était autrefois Capoue (1).

L aqueduc de Casertes a été commencé en 1753, par l architecte Vanvitelli. Il a plus de 9 lieues de longueur, depuis les sources qui l alimentent jusqu'aux jardins de Casertes. Ces sources sont au bas de la montagne appelée Taburno; la principale est appelée *Sorgente*

(1) Lorsque je partis pour l'Italie, au commencement de l'année 1783, M. de Lalande me donna un exemplaire de la première édition de son *Voyage en Italie*, en me priant de faire en marge des notes, pour rectifier les endroits qui ne me paraîtraien pas exacts, sur-tout par rapport à l'architecture. A mon retour, à la fin de 1784, je lui remis cet exemplaire, sur lequel j'avais fait quelques notes. J'ai eu ainsi occasion de reconnaître l'exactitude de plusieurs descriptions, et entr'autres de celle de l aqueduc de Casertes, dont je donne ici un extrait.

de la *Sfizzo*; il s'y joint ensuite plusieurs autres sources, qui sont dans l'endroit appelé *Airola*. Ces eaux réunies dans un aqueduc, traversent la rivière nommée *Faenza*, sur un pont de trois arches, bâti en 1753.

Il y a ensuite dans la vallée de Durazzano un autre pont de trois arches, sur lequel l'aqueduc traverse la vallée au-dessus d'un torrent, pour aller de la montagne appelée *Santa Agata de' Goti*, à la montagne de Durazzano.

L'aqueduc traverse ensuite une vallée profonde, qui se trouve entre *Monte-Longano* et les monts *Tifata*, où est l'ancienne Casertes, vers l'endroit appelé *Monte di Gazzano*. C'est le passage de cette vallée qui a demandé les plus grandes constructions; elles consistent en un pont-aqueduc de 1618 pieds de longueur, sur 178 de hauteur, composé de trois étages d'arcades, les uns au-dessus des autres.

La vue générale de cette partie de l'aqueduc est représentée, ainsi que nous venons de le dire, par la fig. 7, pl. XIX.

Le rang du bas est composé de 19 arcades; celui du milieu de 27; et celui au-dessus de 43. L'épaisseur, par le bas, du mur des arcades est de 20 pieds; et la saillie des contreforts, de 6 pieds. L'ouverture des arcades est aussi de 20 pieds.

Au-dessus du premier rang d'arcades, l'épaisseur du mur est de 12 pieds, et la saillie des contreforts, de 6 pieds.

Les contreforts s'élèvent dans toute la hauteur; et au troisième rang, les piles intermédiaires sont fortifiées par des pilastres dont la largeur est de 5 pieds 9 pouces, et la saillie, de 14 pouces.

Le passage pratiqué dans l'épaisseur des piles, au-dessus de chaque étage d'arcades, a 4 pieds de largeur.

Le canal dans lequel coule l'eau, a 3 pieds 8 pouces de largeur, sur environ 5 pieds de hauteur. Le volume d'eau a 2 pieds 5 pouces de haut.

La longueur entière de l'aqueduc depuis la prise d'eau, est de 21,133 toises. Sa pente n'est que de $\frac{1}{480}$ ou $\frac{1}{160}$ de ligne par toise,

au lieu de 1 ligne $\frac{1}{3}$ que les Romains ont donné à leurs aqueducs, c'est-à-dire, plus de sept fois et demi moins. Les modernes, qui ont affecté de donner si peu de pente à leurs aqueducs, n'ont pas réfléchi que les vitesses étant entre elles comme le quarré des hauteurs, il en résulte qu'en donnant sept fois et demi moins de pente, les produits ne sont pas le cinquante-sixième, ce qui réduit à très-peu de chose l'eau fournie par les aqueducs, comme il arrive à Casertes.

Le réservoir qui se trouve à 1600 toises du château, est à 400 pieds au-dessus du niveau de la cour, et à 426 pieds 5 pouces au-dessous de la source. Si on eût donné à l'aqueduc une ligne de pente par toise, ou $\frac{1}{864}$, il aurait eu sur toute sa longueur une pente totale de 147 pieds, au lieu de 26 pieds 5 pouces, et cette pente aurait réduit la hauteur du réservoir à 279 pieds 5 pouces au-dessus de la cour du château ; hauteur suffisante pour tous les besoins et pour l'embellissement des jardins. Et on aurait pu avoir une quantité d'eau six à sept fois plus grande, par la plus grande vitesse qui serait résultée de la pente.

Les ouvrages qu'il a fallu faire sous terre pour la construction de cet aqueduc, ont été beaucoup plus considérables que ceux faits au-dessus ; il a fallu percer cinq fois les montagnes : la première à *Prato*, dans le tuf, sur une longueur de 1100 toises ; la seconde à *Ciesco*, dans la pierre vive, sur une longueur de 950 toises ; la troisième, dans la montagne *della Croce*, sur une longueur de 350 toises, dans le roc vif et la terre grasse ; la quatrième à *Gerzano*, dans le roc vif, sur une longueur de 570 toises ; et enfin la cinquième, dans la montagne de Casertes, sur une longueur de 230 toises.

Pour aérer et éclairer le canal, on a percé des puits, dont quelques-uns ont jusqu'à 250 pieds de profondeur, sur 10 pieds de diamètre par le bas, réduits à 4 pieds par le haut.

Les figures de la planche XX, représentent les détails de l'aqueduc de Casertes. La première est le plan du premier rang d'arcades au rez-de-chaussée.

Fig. 2. Plan à la hauteur du second rang. On y voit le passage pratiqué dans l'épaisseur des piles.

Fig. 3. Plan à la hauteur du troisième rang d'arcades. On y voit aussi le passage pratiqué à cette hauteur.

Fig. 4. Élévation d'une partie de l'aqueduc, à l'endroit où il a la plus grande hauteur.

Fig. 5. Profil pris au milieu des arcades de cette partie ; B canal dans lequel l'eau coule à découvert.

Fig. 6. Partie d'élevation sur une échelle plus grande, pour faire voir l'appareil de la construction qui est en briques et en petits tufs.

Pont-aqueduc de Castellana.

La figure 2 de la planche XXI, représente ce pont-aqueduc, qui fait partie d'une chaussée antique, par laquelle on arrive à Civita-Castellana. Cette chaussée a environ 128 toises de longueur, sur 5 de largeur ; sa plus grande hauteur est d'un peu moins de 20 toises. Elle est percée, dans le milieu de sa longueur, de neuf grandes arcades, dont trois ont 13 toises et demie de diamètre, et les autres dix toises. Les piles de quelques-unes de ces arches sont consolidées par des contreforts. C'est au-dessus des arches de ce pont, qu'est établi l'aqueduc, dont la hauteur est d'un peu moins de huit toises, et qui est soutenu par des arcades de trois toises de largeur.

Aqueduc de Montpellier.

Cet aqueduc, représenté par la figure première de la planche XXI, est un des plus beaux ouvrages de ce genre, qui existent en France. Sa longueur est d'environ 500 toises ; il sert à conduire à Montpellier les eaux de Saint-Clément et du Boulidou. Il a été construit en treize ans, par M. Pitot, ingénieur et membre de l'Académie des Sciences. Cet aqueduc est formé par deux rangs d'arcades ; celles du bas au nombre de 70, ont chacune 26 pieds de largeur ; les piliers

qui les séparent, ont 11 pieds 4 pouces environ. Les arcades du second rang, qui sont beaucoup plus petites, sont distribuées de manière qu'il s'en trouve trois entre les milieux prolongés des piles du bas. Leur diamètre est de 8 pieds 5 pouces; les pieds-droits ont 4 pieds de largeur. La plus grande hauteur de l'aqueduc est de 86 pieds.

Cet aqueduc, entièrement construit en pierre de taille, aboutit à la place du Peyrou, où il se termine par un château d'eau, décoré d'un ordre d'architecture. La quantité moyenne d'eau que fournit cet aqueduc, est de 80 pouces de fontainier, ou 240 muids, de chacun 8 pieds cubes, par heure.

Aqueduc de Spolette.

Cet aqueduc, représenté par la planche XXII, a été construit vers l'an 741 de l'ère vulgaire, par Théodoric roi des Goths, pour communiquer à la ville de Spolette, située sur le sommet d'une montagne. Il est composé de dix grandes arches gothiques de chacune 66 pieds 10 pouces $\frac{2}{3}$ de diamètre, soutenues par des piliers de plus de 10 pieds d'épaisseur. Les arches du milieu, placées au-dessus du torrent de la Moragia, ont environ 308 pieds d'élévation. Au-dessus du pont est l'aqueduc qui porte des eaux à Spolette. Ce monument, d'une exécution très-hardie, et qui est bâti d'une pierre très-dure, subsiste encore en entier. Sa longueur totale est de 761 pieds et $\frac{1}{2}$, et sa largeur de 41 pieds.

Aqueduc du prince de Biscari.

La planche XXIII représente un pont-aqueduc que le prince de Biscari, en Sicile, a fait construire à ses frais, sur le fleuve Saint-Paul, l'ancien Symète. Cet aqueduc, qui porte une eau salubre dans les propriétés du prince de Biscari, sert en même temps de pont aux voyageurs, pour traverser la vallée. Il est composé de trente-et-une arcades, dont la plus large qui embrasse le fleuve, a 84 pieds de France de largeur, ou 120 palmes siciliens.

Le passage ou pont est établi au-dessus du premier rang d'arcades; le canal pour les eaux est au-dessus du second rang. Il a 360 palmes de longueur. La hauteur des deux étages est de 160 palmes. On prétend que toute cette construction a été faite en deux années.

Aqueduc d'Arcueil.

L'empereur Julien ayant fait bâtir un palais, sur l'emplacement qu'occupent aujourd'hui la Sorbonne et l'hôtel de Cluny, fit construire un aqueduc, qui avait plus de 8,000 toises de longueur, pour amener dans ce palais et dans les thermes qui en dépendaient, les eaux des villages de Louan, Montjean, Chilli, Vuissois et autres lieux environnans.

Cet aqueduc fut détruit par les ravages des Normands; les ouvrages des Romains furent abandonnés; et pendant plus de huit cents ans, les eaux n'arrivèrent plus à Paris.

Mais en 1608, deux ans avant la mort d'Henri IV, des ordres furent donnés par Sully, qui était grand-voyer de France, pour faire la recherche des eaux de la plaine de Rungis, et on commença les tranchées nécessaires pour les rigoles et pour les fondations des pierrées et aqueducs.

Par un avis du conseil du roi, rendu en octobre 1612, il fut passé un marché pour la continuation des recherches des eaux, et pour la construction des aqueducs, pour les amener à Paris.

Les travaux furent entièrement terminés en 1634; et après la réception des ouvrages et le jaugeement des eaux qui arrivaient au quarré de l'Observatoire, il fut reconnu par le procès-verbal, qu'il en arrivait 55 pouces. On avait été obligé d'en distribuer à Berny, Arcueil et Gentilly 5 pouces $\frac{1}{4}$, et 16 lignes pour indemniser les propriétaires des terres sur lesquelles on avait fouillé. Sur ces 55 pouces le roi s'en réserva 43, et les 12 restants furent abandonnés en toute propriété aux entrepreneurs.

On ne s'est pas servi pour ces constructions des anciens travaux

des Romains ; et les recherches des eaux ont été faites seulement dans la plaine de Rungis, à 1000 ou 1200 toises plus près de Paris.

Il faut remarquer qu'en 1627, le roi Louis XIV, étant à Villeroi, avait accordé par un brevet, au marquis d'Effiat, la propriété des anciennes rigoles, pierrées, aqueducs et regards, situés dans la plaine de Chilli et de Wuissous, sur la demande que lui en avait fait M. d'Effiat, qui avait découvert, dans les terres de son marquisat, l'aqueduc ancien qui conduisait les eaux de Louans, Wuissous et Chilli à Paris, et dont les vestiges paraissent encore à Arcueil, près le nouvel aqueduc.

Le brevet de cette donation, est motivé sur ce que les anciens travaux étaient devenus inutiles et abandonnés, au moyen des nouvelles eaux de Rungis ; cependant le roi avait mis pour condition qu'il pourrait reprendre la moitié des eaux quand il lui plairait, sans que M. d'Effiat puisse prétendre à aucun dédommagement.

Il paraît par conséquent que si l'on voulait augmenter la quantité d'eau que fournit l'aqueduc d'Arcueil, on pourrait en tirant parti de la position avantageuse des plaines de Wuissous et Chilly, réunir aux eaux de Rungis, qui seules arrivent par cet aqueduc, celles de ces plaines. On évalue à 25 ou 30 pouces la quantité d'eau qu'on pourrait se procurer par ce moyen.

En 1651, il fut accordé à un particulier nommé Borcquet, un brevet pour faire travailler à une nouvelle recherche des eaux de Rungis, et cette opération produisit une augmentation de 23 pouces $\frac{1}{2}$, ainsi qu'il fut reconnu par un procès-verbal, constatant qu'en 1655 il s'est trouvé au regard de la porte Saint-Jacques 84 pouces d'eau.

Sur ces 23 pouces $\frac{1}{2}$ ainsi retrouvés, le roi s'en réserva 4 pouces, et le surplus fut partagé par moitié entre Borcquet, et le prévôt des marchands et les échevins qui s'étaient associés avec lui.

D'après les notes qui m'ont été communiquées par M. Bralle, ancien ingénieur en chef des eaux de Paris, il paraît que, depuis les travaux faits par Borcquet et terminés en 1655, il n'a été fait aucune

Add. au Comm.

autre recherche, et que, vers 1780, la partie des eaux qu'avait recueillie ce particulier, s'était entièrement perdue par la destruction et l'en-gorgement des pierrées.

A cette époque, un autre particulier nommé Lucas, voyant à regret les anciens travaux des Romains abandonnés et n'être d'aucune utilité, se détermina de concert avec M. Gondouin, inspecteur des eaux de Versailles, à faire le nivellement des terrains de Wuissous, Mont-Jean et Parray, quoiqu'on lui eût dit que Lahire avait fait un nivellement qui prouvait l'impossibilité de faire arriver ces eaux au quarré de Rungis.

D'après des opérations faites avec soin, MM. Lucas et Gondouin trouvèrent que du fond du puits de la plaine de Parai, jusque sur la surface des eaux dans le bassin du regard du quarré de Rungis, il y avait 8 pouces 7 lignes de pente.

Ce résultat ayant été communiqué au directeur des bâtimens du roi, on fit commencer, en septembre 1782, des travaux ayant pour objet de découvrir la pierrée faite en 1654 et 1655 par Borcquet, pour amener les eaux du puits de la plaine au quarré de Rungis, et la refaire à neuf, l'ancienne s'étant trouvée très-mal construite et entièrement ruinée.

Ces travaux paraissent être les derniers qui ont été faits, la révolution ayant empêché qu'on ne leur donnât suite.

Dans l'état actuel, les eaux dites d'Arcueil, parce qu'elles sont amenées par l'aqueduc construit à l'extrémité de ce village, viennent du lieu nommé le Grand Quarré de Rungis. Ce grand quarré où les eaux se rassemblent, reçoit toutes les sources qui y sont amenées par différentes pierrées. C'est une pièce de terre d'environ six arpents en quarré, ayant une galerie voûtée au pourtour. Dans cette galerie est une rigole qui reçoit toutes les eaux, et les conduit dans un bassin ou regard situé à un des angles de ladite pièce de terre. Ces eaux, par la pente qui a été observée, viennent naturellement se rendre dans un aqueduc voûté et souterrain. Il a été pratiqué dans les murs

du dit aqueduc, depuis le premier regard, qui est celui de Rungis, jusqu'au pont-aqueduc d'Arcueil, des barbacanes d'espace en espace, pour recevoir les eaux de terre, et aussi celles de plusieurs pierrées qui ont été faites lors de la construction du dit aqueduc.

Cette partie d'aqueduc, depuis Rungis jusqu'au pont-aqueduc d'Arcueil, a 3670 toises de longueur, sur 43 pieds 2 lignes de pente.

A la tête du pont-aqueduc est un regard dans lequel est un carré qui reçoit toutes les eaux, et où elles sont jaugées, ce qui donne le moyen de connaître l'augmentation ou la perte qu'il peut y avoir depuis Rungis jusqu'à Arcueil.

Les eaux sortant de ce carré, traversent le vallon d'Arcueil sur le pont-aqueduc, et continuent à couler par un aqueduc souterrain jusqu'au château-d'eau, près l'Observatoire. Cette partie d'aqueduc a 2937 toises de longueur, avec 11 pieds 6 pouces 3 lignes de pente. Ainsi la longueur totale de l'aqueduc, depuis Rungis jusqu'à l'Observatoire, est de 6627 toises, sur 54 pieds 6 pouces 7 lignes de pente. Sur toute cette longueur d'aqueduc, il y a vingt-sept regards, dans lesquels sont construits des escaliers pour descendre sous les voûtes.

Toutes les eaux sont jaugées à leur arrivée à l'Observatoire, d'où elles se rendent, une partie au regard du Luxembourg rue d'Enfer, et l'autre partie au regard de la demi-lune des Chartreux : arrivées dans ces regards, les eaux se subdivisent et vont se distribuer aux différentes fontaines publiques et aux concessions particulières.

La quantité d'eau fournie par l'aqueduc d'Arcueil, est moyennement de 75 pouces de fontainier; quelquefois elle va à 100 ou 120 pouces, et quelquefois elle est réduite à 50 ou 60.

La planche XXIV représente le cours de l'aqueduc d'Arcueil depuis Rungis jusqu'à son arrivée à l'Observatoire.

La planche XXV représente le pont-aqueduc, qui porte plus particulièrement le nom d'aqueduc d'Arcueil, et qui traverse la vallée qui se trouve entre ce village et celui de Cachan.

Fig. 1^{re}. Élévation de la partie du milieu de ces constructions,

percée de six grandes arcades de 24 pieds d'ouverture, et dont la hauteur varie en raison des mouvements du terrain.

Fig. 2. Plan de l'aqueduc au niveau de terre.

Fig. 3. Plan au niveau du canal dans lequel l'eau coule.

Ces constructions, qui datent de la régence de Marie de Médicis, sont en pierres de taille; elles ont été faites avec beaucoup de soin, et sont bien conservées.

Fig. 4. Profil sur le milieu des arches.

On remarque dans ce profil, que le canal dans lequel coulent les eaux se trouve exactement au milieu, et qu'il y a de chaque côté de ce canal une banquette ménagée pour poser les pieds, quand on veut le parcourir.

Cette disposition, qui est de l'origine des constructions, ayant été reconnue très-incommode, on a pris le parti, dans des restaurations exécutées il y a peu d'années, de faire une banquette plus large d'un seul côté, ainsi que le fait voir le profil n° 5, dessiné sur une échelle plus grande, qui a permis d'indiquer les détails de la construction de la voûte, qui est couverte par des dalles à recouvrement, formant un toit à deux pentes.

Aqueduc de Maintenon.

En 1680, sous le règne de Louis XIV, Vauban et Lahire concurent le projet d'amener les eaux de la rivière d'Eure à Versailles.

Le résultat des nivelllements faits à ce sujet, fut que la rivière d'Eure, prise à Pont-Gouin, dix lieues au-delà de Chartres, était plus élevée de 110 pieds que la cour de marbre du château de Versailles, et de 68 pieds plus élevée que l'étang de Trappe, dans une longueur de 53,700 toises, jusqu'au dit étang.

Les travaux furent commencés en 1684, et interrompus quatre ans après. La première partie du canal, depuis la prise d'eau jusqu'à l'aqueduc de Maintenon, avait environ 24,000 toises, et était à fleur de terre. Dans cet espace il avait fallu traverser cinq vallons.

La seconde partie était l'aqueduc de Maintenon, construit en maçonnerie sur une longueur de 23,000 toises. Cet aqueduc aurait eu trois rangs d'arcades ; le premier dans le fond du vallon, composé de 47 arcades, faisant 500 toises de longueur ; le second rang, de 195 arcades, faisant 2070 toises ; le troisième rang, de 390 arcades, sur la même longueur que le second. La hauteur totale, depuis le fond du vallon, aurait été de 220 pieds.

La troisième partie du canal, depuis l'aqueduc de Maintenon jusqu'à l'étang de la Tour, aurait eu 13,875 toises. Ce canal aurait été formé par différentes levées de terre, variables comme le terrain ; et comme l'étang de la Tour est au point où commence la prise des eaux qui arrivaient à Versailles, les eaux de la rivière d'Eure, une fois arrivées à ce point, auraient coulé de l'étang de la Tour à celui de Saint-Hubert ; de là à l'étang de Trappe ; ensuite aux réservoirs construits sur la butte de Satory : le tout dans une longueur de 19,000 toises, partie par des rigoles, partie par des aqueducs souterrains, avec une pente de 74 pieds.

Voici les travaux qui avaient été faits, et l'état où ils se trouvaient en 1780.

La prise d'eau à Pont-Gouin était entièrement achevée. La rigole ou canal à fleur de terre, depuis Pont-Gouin jusqu'au point à rien de Berchères, dans une longueur de 20,200 toises, était en assez bon état, à cela près de quelque encombrement et destruction de pont.

La levée de terre, depuis le point à rien de Berchères jusqu'au vallon de Berchères, dans une longueur de 642 toises, existait entièrement. Elle commençait à rien par un bout, et avait 39 pieds d'élévation par l'autre, vers le vallon de Berchères.

La traversée dudit vallon, dans une longueur de 300 toises et de 100 pieds de profondeur dans son milieu, n'avait pas été commencée. Vauban avait proposé, dans cette partie, la construction d'un aqueduc élevé sur trois rangs d'arcades.

Au-delà des fonds de Berchères était une levée de terre qui se prolongeait vers l'aqueduc de Maintenon. Cette levée, dans une longueur de 3000 toises, aurait eu du côté de Berchères 44 pieds d'élévation, et du côté de Maintenon, 64 pieds. Elle existait en partie dans une longueur de 2000 toises environ, à la hauteur qu'elle devait avoir; le reste n'était pas à la moitié de cette hauteur.

De la partie de l'aqueduc qui devait traverser le vallon de Maintenon, il n'y avait que le premier rang d'arcades d'achevé.

La levée d'Hondreville était en partie achevée; il restait un percement à faire dans la forêt des Ivelines d'environ 2000 toises; mais la profondeur n'en aurait pas été fort grande, elle aurait pu être depuis 4 pieds jusqu'à 20 pieds, suivant les inégalités du terrain.

La partie de l'étang de la Tour, qui est le premier étang qui fournit les eaux à Versailles, jusqu'aux réservoirs situés sur la butte Gobert à Versailles, était en très-bon état, et faisait le service de cette ville.

Les eaux de ce canal devaient arriver dans quatre réservoirs, construits sur la montagne de Satory, située à environ 2000 toises de Versailles. La superficie de ces réservoirs pouvait être de 16 arpens, sur 12 pieds de profondeur.

La pente depuis Pont-Gouin, où était la prise d'eau du canal, jusqu'aux soupapes de Satory, avait été trouvée de 75 pieds, et ces réservoirs auraient été plus élevés que la cour de marbre du château de Versailles, de 40 pieds. La prise d'eau à Pont-Gouin était supérieure au grand canal, de 228 pieds.

Tel était l'état des choses en 1780; et à cette époque, il pouvait y avoir encore quelque espoir de voir réaliser ce magnifique projet: mais depuis, les terrains par où passait le canal, et une partie des levées, ont été vendus ou comblés, plusieurs ponceaux détruits, et la plus grande partie de l'aqueduc de Maintenon démolie.

L'exécution de ce projet aurait été d'autant plus magnifique, qu'il présentait l'avantage de pouvoir donner de l'eau potable, non-seulement à Versailles, mais encore à Saint-Cloud et à Paris; possibilité

démontrée par des nivellemens qui ont fait connaître que les réservoirs de la butte de Satory auraient été plus élevés que le sol de Notre-Dame, de 358 pieds; plus élevés que le sommet des tours, de 154 pieds; et enfin plus élevés que l'Estrapade, de 214 pieds.

De sorte que les eaux sortant des réservoirs de Satory auraient pu passer par le vallon de Buc, à travers la culée de l'aqueduc, par la vallée de Bièvre; auraient tourné le vallon de l'Abbaye-aux-Bois à travers la montagne de Verrière, pour déboucher dans la gorge du Plessis-Piquet ou dans le vallon de Clamart sous Meudon; de-là, auraient prolongé la plaine de Mont-Rouge, où elles se seraient rendues dans un grand réservoir, pour être distribuées dans Paris. Cet aqueduc, depuis Versailles, aurait eu environ 10,000 toises, et plus de 200 pieds de pente, et la rivière d'Eure aurait parcouru plus de trente lieues.

La planche XXVI représente le cours de l'aqueduc de Maintenon, depuis la prise d'eau à Pont-Gouin, jusqu'à leur arrivée à Versailles.

Comme ce projet est une des plus grandes entreprises du règne de Louis XIV, et que son exécution aurait égalé tout ce que les Romains ont fait de plus grand en ce genre, j'ai pensé que l'on verrait avec plaisir toute l'étendue que devait avoir le pont-aqueduc qui aurait traversé la vallée de Maintenon. Je l'ai en conséquence représenté par les planches XXVII et XXVIII, sur lesquelles il est gravé par parties, qui étant ajoutées bout-à-bout, donnent toute la longueur de ce pont-aqueduc, qui aurait été, comme nous l'avons déjà dit, d'environ 2,300 toises, près d'une lieue $\frac{1}{6}$ de poste; les lettres A, B, C, D, E, mises au commencement et à la fin de chaque bande, se correspondent et indiquent l'ordre dans lequel ces bandes doivent être réunies. Les parties teintées indiquent ce qui était construit en 1688.

J'ai représenté, planche XXIX, les détails de la construction, telle qu'elle a eu lieu pour le rang d'arcades du bas, qui est le seul

qui ait été exécuté dans le vallon de Maintenon, au fond duquel coule l'Eure; et telle qu'elle était projetée pour la partie supérieure.

Fig. 1^{re}. Elévation du pont-aqueduc, tel qu'il devait être dans la partie la plus profonde du vallon.

Le premier rang d'arcades a été seul exécuté; il reste encore (en 1820) une partie de ces arcades; mais elles se détruisent chaque jour, et il est à craindre que bientôt il ne reste plus de vestiges de cette grande entreprise. Les parties des angles des piles et des contre-forts, sont construites en pierres de taille d'un grand appareil; les parties intermédiaires sont en forts moellons; les arcs des voûtes sont aussi en pierre de taille, remplies en moellons; quelques-uns de ces arcs subsistent seuls, soit que les parties intérieures n'aient pas été achevées, ou qu'elles soient tombées.

Fig. 2. Coupe ou profil au milieu des arches. On voit que les eaux auraient coulé à découvert en haut de l'aqueduc.

Fig. 3, 4, 5. et 6. Plans aux différentes hauteurs.

PRÉCIS D'HYDRAULIQUE.

L'HYDRAULIQUE est une science dont l'objet est de conduire, d'élever et de distribuer les eaux pour les usages publics et particuliers.

Le mot hydraulique vient du grec *ὕδραυλις*, formé de *ὕδωρ*, *eau*, et de *αὐλός*, flûte ou tuyau : ainsi sa signification littérale serait *eau sonnante*, à cause du bruit qu'elle fait en sortant d'un tuyau.

De l'eau.

L'eau est une substance dont l'état naturel est d'être fluide; cependant elle ne commence à jouir de cette propriété qu'à la température de zéro, du thermomètre de Réaumur. A une température au-dessous, elle forme une masse solide, connue sous le nom de *glace*.

Effets de la pression de l'air sur l'eau.

Les parties de l'eau, dans son état de fluidité, sont d'une si grande ténuité qu'elles échappent à nos sens aidés de tous les secours de l'art; leur peu d'adhérence et leur extrême mobilité font qu'elles ne peuvent être en repos, que quand elles sont contenues de toutes parts. Ainsi la surface de l'eau, contenue dans un bassin découvert, peut être considérée comme le côté supérieur du vase ou bassin dans lequel elle est contenue.

La pression de l'air sur l'eau n'étant pas en raison du volume de l'eau, mais en raison de sa superficie, il en résulte que toutes les fois que deux masses d'eau ABC, DEF (pl. xxx, fig. 1.), peuvent se communiquer, leurs superficies se mettent au même niveau.

Du syphon.

L'effet du syphon ACB fig. 2, est encore une preuve de la pression de l'air sur l'eau. Lorsque la partie ou branche CB est plus

Add. au Comm.

longue que CA, si l'on fait entrer le bout A dans un baquet rempli d'eau, de manière que la branche CB soit en dehors, et que dans cet état on pompe l'air du syphon, toute l'eau du baquet au-dessus du point A se videra, par le moyen de ce tuyau recourbé, quoiqu'il faille pour cela que l'eau remonte de A en C : d'où il résulte que l'eau tend à s'échapper en tout sens avec la même force ; et qu'il ne suffit pas de soutenir un fluide comme un corps solide, mais qu'il faut de plus que les parois du vase ou les murs du bassin qui contiennent l'eau, puissent résister à l'effort latéral ou poussée qu'elle exerce contre eux. Pour donner une idée de la manière d'évaluer cet effort, nous allons prendre pour exemple un bassin prismatique. (fig. 3).

Si à l'une des faces ABCD de ce bassin, on adapte un tuyau angulaire $4d/4$ d'un diamètre quelconque, l'eau qui tendrait à sortir par l'orifice 4, serait maintenue par la colonne $d/4$; et si l'on perce sur la même ligne verticale, huit orifices indiqués par les chiffres 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, et qu'on adapte à chacun un tuyau coudé, il est évident que l'eau qui tend à sortir par ces orifices, serait maintenue par les colonnes verticales 1a, 2b, 3c, 4d, 5e, etc., qui formeront une progression arithmétique, dont le terme moyen sera $4d/4$, et le dernier terme $8h$, en sorte qu'on aura $4d = \frac{8h}{3}$; c'est-à-dire que l'effort de l'eau contre chacune des faces, peut être exprimé par sa superficie, multipliée par la moitié de la hauteur de l'eau.

Si l'on suppose un réservoir contenant une masse cubique d'eau de 8 pieds en tous sens, la superficie de chaque face sera de 64 pieds, lesquels étant multipliés par la moitié de leur hauteur, qui est de 4 pieds, donnent 256 pieds cubes. Le poids du pied cube d'eau étant évalué à 70 livres : 256 pieds produiraient sur chaque face un effort de 17920, et pour les quatre faces du tour 71680 ; tandis que le cube de l'eau que contient le réservoir, étant de 512 pieds, ne peserait que 35840; d'où il résulte, que l'effort total de l'eau contre les faces latérales d'un réservoir, est double de son poids.

De la vitesse de l'eau qui passe d'un vase cylindrique dans un autre de moindre diamètre.

Si à un vase cylindrique GHIK, fig. 4, on adapte un petit tuyau coudé KMN, dont le diamètre ne soit que de la dixième partie de celui du vase GH, pour en former une espèce de syphon renversé, l'eau se mettra de niveau dans les deux branches GI et MN, en sorte que l'eau contenue dans la petite branche MN, paraît faire équilibre à toute celle contenue dans le cylindre, dont la superficie serait cent fois plus grande. Mais il faut observer que, supposant l'eau du petit tuyau plus élevée d'une quantité RN, elle ne s'élèvera dans le grand cylindre, pour se mettre de niveau, que d'une centième partie de RN; et comme dans ce mouvement, les espaces parcourus sont en raison inverse des superficies, il en résulte que la vitesse de l'eau du petit tuyau, sera cent fois plus grande que celle de l'eau du cylindre, et qu'il faudrait cent fois plus de temps pour remplir le cylindre par le moyen du petit tuyau, que pour remplir le petit tuyau par le moyen du cylindre; et que pour avoir une vitesse égale, il faut que les diamètres des branches, formant syphons, soient égaux.

Du mouvement de l'eau.

Un des principaux objets de l'hydraulique, étant de parvenir à apprécier les effets de l'eau en mouvement, nous allons d'abord chercher à connaître la vitesse de l'eau qui sort d'un réservoir, par un orifice percé dans le fond ou dans une de ses faces.

Cette vitesse peut être exprimée par la longueur d'un prisme ayant pour base l'orifice, et dont le cube serait la quantité d'eau fournie par cet orifice dans un temps donné; ainsi connaissant la quantité d'eau fournie par un orifice quelconque, si l'on divise cette quantité par la superficie de l'orifice, le quotient indiquera la vitesse de l'eau, pour le temps pendant lequel cette quantité s'est écoulée.

D'où il suit que, lorsqu'on connaît la vitesse de l'eau et la super-

ficie de l'orifice, pour avoir la quantité, il faut multiplier l'expression de la vitesse par celle de la superficie.

Torricelli, disciple de Galilée, ayant remarqué qu'un jet d'eau qui sort par un petit ajutage, s'élève presque à la hauteur de l'eau du réservoir d'où il vient, passe pour être le premier qui ait cherché à appliquer la théorie de la chute des graves à l'eau qui sort d'un réservoir par un orifice : mais comme il se trouve une très-grande différence entre la vitesse d'un grave qui tombe librement dans l'air et celle de l'eau qui s'écoule par un orifice, il en résulte que l'application de la théorie adoptée d'après Torricelli, donne beaucoup plus que l'expérience.

M. l'abbé Bossut, qui en a fait un très-grand nombre, a trouvé que le produit effectif de l'eau qui sort d'un réservoir par un tuyau additionnel, dont la longueur est d'environ deux fois le diamètre, n'était que les $\frac{5}{6}$ de celui indiqué par la théorie adoptée et souvent moins des $\frac{3}{4}$. La différence de ces résultats, m'a engagé à chercher une théorie qui s'accordât mieux avec l'expérience.

Ainsi en considérant la manière dont la surface de l'eau s'abaisse, lorsque ce fluide s'échappe par un orifice percé dans le fond ou dans une des faces latérales d'un réservoir, j'ai pensé que la masse d'eau qui cause la vitesse, pouvait être exprimée par une pyramide ABC, ou ABD, fig. 5, ayant pour base la superficie de l'eau du réservoir, et dont l'axe passerait par le centre de l'orifice, et qui agirait avec une force indiquée par la racine quarrée de la hauteur de son centre de gravité, au-dessus du centre de l'orifice, au lieu d'être exprimée par la racine quarrée de la hauteur de la surface de l'eau du réservoir.

Théorie de la chute des graves.

On démontre en physique qu'un grave qui tombe librement dans l'air, parcourt pendant la première seconde de sa chute, une hauteur verticale de 15 pieds 1 pouce ou 181 pouces, et qu'il acquiert par cette chute une vitesse double. Et de plus, que si l'on

nomme A cette hauteur de 181 pouces, et H la hauteur de laquelle on laisse tomber le grave, la vitesse de ce grave à la fin de sa chute est moyenne proportionnelle entre A et H. En sorte que nommant la vitesse V, on a pour la vitesse moyenne, la proportion $A : V :: V : H$; d'où l'on tire $VV = AH$ et $V = \sqrt{AH}$, et pour la vitesse acquise à la fin de la première seconde $V = 2\sqrt{AH}$.

Il faut observer que les distances parcourues A et H, ne peuvent être prises que du centre de gravité des masses; d'où il résulte que si l'on supprimait tout-à-coup le fond d'un vase prismatique ABCD, fig. 6, rempli d'eau jusqu'en EF, la chute de la masse d'eau ECDF, ne pourrait se compter que de son centre de gravité G, et que sa vitesse primitive ne serait due qu'à la hauteur GH, parce qu'alors toute la masse tendrait à tomber comme un grave. Mais si l'on ne perce dans le fond qu'une petite ouverture, la masse d'eau qui se précipite dans cette ouverture fait qu'elle s'échappe avec d'autant plus de vitesse que l'ouverture est plus petite. Dans le premier cas, la masse d'eau est un prisme dont le centre de gravité est à moitié de sa hauteur; dans les autres cas, ce sont des pyramides tronquées, dont les centres de gravité sont d'autant plus élevés que les orifices sont plus petits. Mais ordinairement la surface des réservoirs est si grande par rapport à celle des tuyaux de jauge, qu'on peut sans erreur sensible, placer le centre de gravité de la masse, aux $\frac{3}{4}$ de la hauteur verticale de l'eau, au-dessus du centre de ces tuyaux.

Le pouce d'eau de Paris devroit fournir, d'après la théorie adoptée, 968 pouces cubiques d'eau $\frac{1}{60}$ par minute, tandis qu'il n'en fournit réellement que 672; c'est-à-dire 296 pouces $\frac{1}{60}$ de moins. Une si grande différence ne saurait être attribuée au frottement seul; et en ne prenant pour la hauteur de l'eau qui cause la vitesse, que les $\frac{3}{4}$ de la hauteur au-dessus du centre de l'orifice (comme je le propose.), on trouverait pour le produit du pouce d'eau dans une minute de temps, indépendamment des frottements, 840 pouces au lieu de 672, ce qui porte le frottement au cinquième.

Du frottement.

Il est certain que le frottement de l'eau et l'adhérence de ses parties, quelque faibles qu'ils soient, sont les causes de la diminution de la vitesse et du produit de l'eau qui sort par un tuyau de jauge ou un tuyau additionnel adapté à un réservoir. On a reconnu par des expériences faites avec beaucoup de soins, que cette diminution n'est pas en raison de la capacité des tuyaux; en sorte qu'à charge d'eau égale, les produits ne sont pas, ainsi qu'ils devraient l'être, en raison de la superficie des orifices, comme le suppose Frontin dans l'évaluation des produits des modules. Quoique cette règle ait été adoptée par les auteurs des traités modernes sur l'hydraulique, elle ne s'accorde pas avec les résultats des expériences faites à Rome en 1809, par M. Mallet, ingénieur en chef des ponts et chaussées, et M. Andrea-Vici, architecte, alors directeur des eaux de cette ville; et ensuite vérifiées par M. de Prony, pendant son séjour à Rome; desquelles il résulte qu'un tuyau dont la superficie de l'orifice était cinq fois plus grande que celle du tuyau d'une once, produisait un septième de plus que cinq tuyaux d'une once.

Observations sur les causes de la diminution de la vitesse des eaux coulantes.

La mobilité et le peu d'adhérence des parties de l'eau, n'empêchent pas ce fluide de se soutenir sur une surface horizontale, sans couler, jusqu'à une certaine hauteur, et de s'attacher fortement à cette surface; voici quelques expériences qui le prouvent:

1^o Si l'on verse sur la surface droite et horizontale d'un corps solide quelconque, une goutte d'eau dont le diamètre soit de moins de trois lignes, elle s'y attache de manière qu'on peut tourner la surface en dessous, sans que l'eau coule, ni ne s'en détache.

2^o Si l'on retourne cette surface, et qu'on la remette de niveau, on peut ajouter de nouvelles gouttes et former une plate-forme d'eau

fort étendue, d'environ 1 ligne $\frac{1}{3}$ d'épaisseur, terminée par un bord arrondi en forme de demi-goutte.

3^o Si on mouille avec une éponge une partie d'une surface droite et de niveau, et qu'on y verse doucement de l'eau, elle s'étendra jusqu'à l'extrémité de la partie mouillée, et formera une plate-forme d'une ligne $\frac{1}{3}$ d'épaisseur, terminée en demi-goutte.

4^o Si l'on prend une plaque d'une matière quelconque, d'un pouce en quarré de superficie et qu'on la soutienne en équilibre sur la surface de l'eau, il faut pour l'en détacher un poids de 50 grains, équivalant à une épaisseur d'une ligne $\frac{1}{3}$; et comme on la retire chargée en dessous d'une couche d'eau pesant trois grains, cette expérience peut servir à faire connaître la force avec laquelle l'eau s'attache aux surfaces qu'elle mouille.

Nous avons vu que l'eau pouvait se soutenir sur une surface de niveau sans couler, jusqu'à la hauteur d'une ligne $\frac{1}{3}$: cette épaisseur, sur une superficie d'un pouce carré, peserait 42 grains, dont ôtant 3 grains pour l'adhérence de l'eau à la surface, il reste pour l'adhérence des parties de l'eau entre elles 39 grains; en sorte que la force avec laquelle les parties de l'eau adhèrent entre elles, est à celle par laquelle elle s'attache aux surfaces qu'elle mouille, à-peu-près comme 3 est à 39, ou comme 1 est à 13.

Toutes ces propriétés de l'eau sont nécessaires à connaître, parce qu'elles influent beaucoup sur son action lorsqu'elle est en mouvement.

Le frottement qui diminue la vitesse de l'eau sortant d'un réservoir par un tuyau additionnel ou tuyau de jauge, peut être exprimé par le rapport de la superficie de son orifice à son périmètre; ainsi nommant r le rayon, la superficie sera exprimée par $r^2 \times 3\frac{1}{2}$ et le périmètre par $2r \times 3\frac{1}{2}$. Ces deux expressions étant multipliées chacune par $3\frac{1}{2}$, leur rapport se trouve comme r^2 est à $2r$ ou $\frac{2r}{r^2}$. Il résulte de plusieurs expériences que l'épaisseur de la couche d'eau qui s'attache aux parois des tuyaux et qui retarde sa vitesse, peut être évaluée à environ $\frac{3}{13}$ de ligne. Ainsi pour l'expression du frottement dans les tuyaux de

1 pouce ou 12 lignes de diamètre, la valeur de r étant de 6 lignes, celle de $\frac{2r}{r^2}$ sera $\frac{12}{36} = \frac{1}{3}$ qui, multiplié par $\frac{3}{2}$, donne $\frac{3}{6}$ qui se réduisent à $\frac{1}{2}$.

Pour faire connaître l'avantage de la règle que je propose sur la théorie adoptée jusqu'à ce jour, j'ai dressé le tableau suivant, dans lequel se trouvent réunis les données et les produits pour des tuyaux additionnels d'un pouce de diamètre sur deux pouces de longueur adaptés à un réservoir, sous des charges ou hauteurs d'eau, depuis 1 pied jusqu'à 15 pieds, comparés aux produits trouvés par M. l'abbé Bossut. (Hydrodynamique, tome 2, page 72.)

La première colonne de cette table indique en pieds, les hauteurs ou charges d'eau au-dessus des orifices des tuyaux.

La seconde indique, en pouces cubes, les produits pour une minute, d'après la théorie adoptée.

La troisième indique les produits effectifs pour le même temps.

La quatrième et la cinquième colonne, indiquent les hauteurs réduites en pouces et les racines quarrées correspondantes.

La sixième colonne indique les produits, en prenant pour cause des vitesses la racine carrée de toute la hauteur au-dessus des orifices.

La septième colonne indique les produits, réduits aux $\frac{3}{6}$ d'après M. l'abbé Bossut.

La huitième colonne indique les $\frac{3}{4}$ de la hauteur de l'eau au-dessus des orifices exprimés en pouces.

La neuvième, la racine carrée des $\frac{3}{4}$ de la hauteur.

Dans la dixième colonne on a exprimé les produits calculés, d'après les racines carrées des $\frac{3}{4}$ de la hauteur de l'eau au-dessus de l'orifice, sans avoir égard à la diminution occasionnée par le frottement.

La onzième et dernière colonne contient les produits, en ayant égard au frottement, lesquels se réduisent à un peu moins des $\frac{1}{3}$ des produits, sans avoir égard au frottement.

TABLEAU comparatif des produits théoriques et effectifs d'un tuyau additionnel d'un pouce de diamètre sur 2 pouces de longueur, sous une charge depuis un pied jusqu'à 15.

PRODUIT des 3/4 des hauteurs, en ayant égard au frottement évalué à 1/15.	PRODUITS calculés d'après les trois quarts des hauteurs, indépendamment du frotte- ment.									
	RACINE des trois quarts des hauteurs.					RACINE des trois quarts des hauteurs.				
LES 3/4 de la hauteur de l'eau exprimés en pouces.	RÉDUCTION des produits de la colonne précédente au 13/16.					PRODUITS calculés d'après les racines quarrées des hauteurs.				
HAUTEURS de l'eau réduites en pouces.	PRODUITS effectifs pendant le même espace de temps.	PRODUITS naturels en 1 minute par un orifice de 1 pouce de diamètre, exprimés en pouces cubes.	PRODUITS effectifs pendant le même espace de temps.	PRODUITS naturels en 1 minute par un orifice de 1 pouce de diamètre, exprimés en pouces cubes.	PRODUITS effectifs pendant le même espace de temps.	PRODUITS naturels en 1 minute par un orifice de 1 pouce de diamètre, exprimés en pouces cubes.	PRODUITS effectifs pendant le même espace de temps.	PRODUITS naturels en 1 minute par un orifice de 1 pouce de diamètre, exprimés en pouces cubes.	PRODUITS effectifs pendant le même espace de temps.	PRODUITS naturels en 1 minute par un orifice de 1 pouce de diamètre, exprimés en pouces cubes.
1	4381	3539	12	3,47	4394	3570	9	3,00	3806	3513
2	6196	5002	24	4,90	6205	5041	18	4,25	5391	4976
3	7589	6126	36	6,00	7597	6172	27	5,20	6597	6090
4	8763	7070	48	6,93	8775	7129	36	6,00	7612	7206
5	9797	7900	60	7,75	9813	7973	45	6,71	8513	7858
6	10732	8654	72	8,49	10751	8735	54	7,35	9325	8608
7	11592	9340	84	9,17	11612	9434	63	7,94	10073	9298
8	12392	9975	96	9,80	12409	10082	72	8,49	10771	9942
9	13144	10579	108	10,40	13169	10699	89	9,00	11418	10540
10	13855	11151	120	10,96	13878	11276	90	9,49	12039	11113
11	14530	11693	132	11,49	14549	11821	99	9,95	12623	11652
12	15180	12205	144	12,00	15195	12346	108	10,40	13194	12179
13	15797	12699	156	12,49	15816	12850	117	10,82	13727	12671
14	16333	13177	168	12,97	16423	13343	126	11,23	14247	13151
15	16968	13620	180	13,42	16993	13807	135	11,62	14742	13608

Nous avons déjà dit que depuis Frontin, tous les auteurs qui se sont occupés de l'hydraulique ont pensé que les produits des tuyaux de jauge de différents diamètres, dont on se sert pour mesurer les eaux, devaient sous une même charge, être entre eux, comme les superficies de leurs orifices; ce qui serait vrai, si l'eau n'éprouvait pas de frottement contre les périmètres de l'orifice; mais que les expériences faites à Rome en 1809, par MM. Mallet et Vici,

Add. au Comm.

et répétées par M. de Prony, ont fait connaître qu'un tuyau de jauge de 5 onces fournissait $\frac{1}{7}$ de plus que cinq tuyaux de jauge d'une once chacun, par la raison que le frottement qui diminue la vitesse, est en raison des périmètres des orifices, comparés à leurs superficies.

Ayant fait l'application de la règle que je propose, aux expériences de MM. Mallet et Vici, elle m'a donné les résultats présentés dans le tableau ci-contre, où se trouvent réunis et comparés : 1^o Le résultat des expériences de MM. Mallet et Vici; 2^o celui que donnerait la théorie adoptée; 3^o Celui que donnerait la réduction aux $\frac{1}{6}$ proposée par M. Bossut; 4^o Celui de la règle que je propose, d'abord sans avoir égard au frottement, et ensuite en faisant la diminution qui résulte de ce frottement.

La première colonne indique le produit des modules exprimé en onces.

La deuxième indique le diamètre des orifices.

La troisième indique en secondes, le temps que l'eau fournie par chacun de ces orifices, a été à remplir le réservoir, dont la capacité était de 6 palmes 10 onces $\frac{2}{3}$, ou 11894 onces cubiques.

La quatrième indique la quantité d'eau fournie par chacun de ces orifices en une seconde de temps.

La cinquième indique la quantité d'eau fournie en une minute, d'après l'expérience.

La sixième, la quantité d'eau qui, d'après la théorie, aurait dû être fournie en une minute.

La septième indique également pour une minute, la quantité qui aurait dû être fournie, en réduisant celle résultant de la théorie aux $\frac{1}{6}$, d'après M. Bossut.

La huitième indique pour une minute, la quantité qui serait fournie d'après la règle que je propose, sans avoir égard au frottement.

La neuvième indique le frottement.

Et la dixième indique la quantité, diminuée de celle que fait perdre le frottement.

TABLEAU des résultats des expériences faites à Rome en 1809, par MM. Mallet, Vici, et vérifiées par M. de Prony, pour remplir un réservoir dont la capacité était de 6 palmes, 10 onces $\frac{3}{5}$, ou 11894 onces cubes, avec les différents modules servant à la distribution des eaux.

PRODUIT des modules exprimé en onces.	DIAMÈTRE des orifices.	QUANTITÉ POUR UNE MINUTE.						RÉSULTAT avec la réduction du frot- tement.	
		TEMPS exprimé en se- condes pour remplir ce réservoir.	QUANTITÉ pour une seconde.	D'APRÈS l'expérience.	D'APRÈS la théorie adoptée.	D'APRÈS la réduction des $\frac{3}{5}/16$, proposée par M. Bousat.	FROTTEMENT.		
1 once	1,000	162	73,42	4405,20	5922	4811,62	5128	0,140	4414
1 $\frac{1}{4}$	1,225	106	112,21	6732,60	8883	7217,43	7692	0,136	6791
2	1,415	77	15,447	9268,20	11844	9623,24	10256	0,132	10149
2 $\frac{1}{2}$	1,582	60	198,23	11893,80	14805	12029,05	12820	0,128	12697
3	1,733	48	247,79	14867,40	17766	14434,86	15384	0,124	15245
3 $\frac{1}{2}$	1,871	42	283,19	16991,40	20727	16840,67	17948	0,120	17772
4	2,000	37	321,46	19287,60	23688	19246,48	20512	0,116	20340
4 $\frac{1}{2}$	2,122	32	371,69	22301,40	26649	21652,29	23076	0,112	22887
5	2,237	28	424,78	25486,80	29610	24058,00	25640	0,108	25433

La planche XXXI représente l'appareil dont se sont servis MM. Mallet et Vici pour faire leurs expériences; les explications nécessaires pour le faire entendre, se trouvant sur la gravure, je me dispense de les répéter ici.

Nous avons vu à l'article XXXVI du commentaire de Frontin, qu'il fait remarquer que la position des tuyaux de jauge (qu'il appelle modules ou calices), au moyen desquels se fait la distribution des eaux, peut influer sur leur produit.

« Que si le calice est placé de niveau et à angle droit du château-d'eau ou réservoir, il débite ce qu'il doit.

« Que s'il est incliné de haut en bas dans le sens où l'eau coule, il débite trop.

« Que s'il est incliné de bas en haut, il ne débite pas ce qu'il doit. »

En supposant comme il est probable, que la face du réservoir dans laquelle le calice est placé, soit opposée au courant, il est évident qu'un calice placé de niveau comme AB, fig. 7, pl. XXX, perpendiculairement à la face du réservoir et de manière qu'une partie de sa longueur passe à l'intérieur, débitera ce qu'il doit.

Mais si ce tuyau au lieu d'être de niveau est incliné de manière à ce que le bout *f*, placé à l'intérieur, soit plus élevé que le bout *e*, placé à l'extérieur, il est évident qu'il n'y a que la hauteur de l'eau, au-dessus du centre de l'orifice, qui puisse causer sa vitesse, c'est-à-dire *if*.

Supposons que le second calice *gk*, ait son bout extérieur *k* au même niveau que le bout intérieur *f* de l'autre tuyau, et son autre bout *g*, qui est à l'intérieur au même niveau que le bout extérieur *e* de l'autre tuyau, il est clair que la pression qui fait monter l'eau dans le tuyau *gk*, est exprimée par la ligne *fg*; et que la vitesse de l'eau en sortant par l'orifice *k*, n'est due qu'à la hauteur *if*. La plus grande vitesse dans le tuyau *fe*, ne vient que de ce que l'eau éprouve beaucoup moins de frottement en descendant par le tuyau *fe*, qu'en remontant par le tuyau *gk*.

L'expérience prouve qu'à charge d'eau égale, un orifice percé dans une des parois verticales d'un réservoir, fournit autant d'eau qu'un orifice percé dans le fond. Ainsi le tuyau A fig. 8, ne débite pas plus d'eau que le petit tuyau additionnel *d*, tant que sa longueur n'excède pas deux fois son diamètre. Il en est de même des tuyaux *b* et *e*, et des tuyaux *c* et *f*. Mais si les petits tuyaux horizontaux *d*, *e*, *f* étaient continués, ils éprouveraient un frottement en raison de leur longueur et débiteraient moins que leurs correspondants qui sont verticaux. Si ces tuyaux au lieu d'être horizontaux, avaient une pente

plus ou moins grande, le frottement qui retarde leur vîtesse, serait d'autant moindre que leur inclinaison approcherait plus de la verticale.

Ainsi les observations de Frontin sont justes, parce que de son temps, on appliquait le tuyau de conduite immédiatement au module. Alors ce ne pouvait être qu'une espèce de tâtonnement indiqué par l'usage, qui faisait placer le module un peu plus haut ou un peu plus bas, pour parvenir à lui faire fournir dans un temps fixé, la quantité d'eau que comportait le module, reçue dans un vaisseau dont la capacité était connue. Cette quantité devait varier, en raison du diamètre du module et du tuyau de conduite qui y était adapté, ainsi que de sa longueur; car à charge égale, le module vingtenaire qui avait cinq doigts de diamètre, devait en raison des frottements, moins produire en proportion que le module de quatre-vingts doigts, dont le diamètre était de dix doigts.

La manière actuellement en usage à Paris, pour mesurer et distribuer les eaux, est beaucoup plus simple et plus exacte. On ne se sert que d'un seul module, qui est un petit tuyau additionnel d'un pouce de diamètre: on le répète autant de fois qu'on veut distribuer de pouces d'eau. Tous ces tuyaux sont rangés sur une même ligne de niveau, et perpendiculairement à la face du réservoir auquel ils sont adaptés. Il faut qu'il ne se trouve qu'une ligne d'eau au-dessus du bord supérieur de l'orifice de chacun des tuyaux, en sorte que leur centre est à 7 lignes au-dessous de la superficie de l'eau du réservoir.

L'eau tombe à gueule-bée dans des cases qui reçoivent le nombre de pouces d'eau déterminé pour chacune. Au fond de ces cases, sont soudés des tuyaux qui mènent l'eau à sa destination. Par ce moyen, ni la longueur du tuyau de conduite, ni son diamètre, ne peuvent influer sur la quantité d'eau distribuée par les petits tuyaux qui servent de jauge.

Le réservoir dans lequel l'eau arrive est divisé en deux parties, par une cloison qui s'oppose au courant de l'eau. Cette cloison ne

touche pas le fond du réservoir, en sorte que l'eau passe de la première partie du réservoir dans la deuxième, où sont les tuyaux de jauge, en remontant sans agitation. (*Voyez fig. 1, 2 et 3, pl. VII.*)

Le produit du pouce d'eau est fixé à 672 pouces cubiques par minute. Pour les quantités moindres que le pouce, on est convenu de diviser son produit en 144 parties, désignées sous le nom de *lignes d'eau*. Bélidor, au second volume de son architecture hydraulique, explique le motif de cette division, fondée sur ce que les superficies des orifices circulaires sont entre elles comme les quarrés des diamètres.

Ainsi les diamètres des tuyaux de jauge étant 12, $11\frac{1}{2}$, 11, $10\frac{1}{2}$, 10, etc., les dépenses correspondantes sont évaluées en lignes d'eau à 144, 132, 121, 110, 100, etc., qui sont les quarrés des diamètres auxquels elles répondent.

Le nombre de pouces cubiques d'eau que fournit en une minute le tuyau de jauge d'un pouce ou 12 lignes de diamètre étant de 672, on aura l'évaluation du nombre de pouces cubiques d'eau que devrait fournir un des tuyaux de jauge adoptés, par exemple celui de 8 lignes de diamètre, en faisant cette analogie $144:672::64$ est à un quatrième terme, qu'on trouvera de $298\frac{1}{8}$. Mais comme la dépense est diminuée par le frottement, qui est d'autant plus grand, que le diamètre des orifices est plus petit, le tuyau de huit lignes ne produit environ que 264 pouces cubes, au lieu de 298.

Du mouvement de l'eau dans les tuyaux de conduite et dans les canaux.

La vitesse de l'eau qui coule dans des tuyaux ou dans des canaux, éprouve une diminution d'autant plus grande qu'ils ont plus de longueur. Quelques auteurs d'hydrodynamique ont pensé que cette diminution devait être en raison des quarrés des longueurs. Mais les nombreuses expériences faites par MM. Couplet, l'abbé Bossut, le

chevalier du Buat et autres, ne justifient pas cette règle. Par l'examen particulier que j'ai fait de toutes ces expériences, je suis parvenu à reconnaître que cette diminution paraissait être *en raison des racines quarrées des longueurs* divisée par la *vitesse initiale*, c'est-à-dire par la longueur parcourue à la sortie du réservoir, pendant la première seconde de temps.

Ce qui donne, en exprimant la vitesse initiale par V et la longueur du tuyau par L , la formule $\sqrt{\frac{V}{L}}$.

Nous avons réuni dans les quatre tableaux suivants toutes les données nécessaires pour l'application de cette règle aux différents produits des expériences qui y sont rapportées, comparés à ceux que donne l'application de la règle ordinaire du quarré des longueurs. Ainsi on voit, par le premier article de ce tableau, que M. l'abbé Bossut a trouvé qu'un tuyau de 16 lignes de diamètre, produisant à son origine 6330 pouces par minute (ce qui donne une vitesse de 75 pouces $\frac{5}{6}$ par seconde), prolongé à 30 pieds, ne fournissait à son extrémité que 2778 pouces cubes, ce qui réduit la vitesse à 33 pouces $\frac{1}{6}$ par seconde.

Application de la règle proposée à ce tuyau, en supposant qu'il est posé bien de niveau, en droite ligne, et parfaitement calibré dans toute sa longueur.

Si l'on divise les 30 pieds ou 360 pouces de longueur, par la vitesse initiale qui est de 75 $\frac{5}{6}$, on trouvera pour quotient 4,777, dont la racine carrée est 2,119. Faisant ensuite la proportion :

4,771 : 2,119 :: 75,52 : un quatrième terme qu'on trouve égal à 34,67, et qui désigne la vitesse par seconde à l'extrémité du tuyau de 30 pieds. Cette vitesse multipliée par la superficie de l'orifice du tuyau qui est $\frac{88}{63}$, donnera pour une seconde un produit de 48 pouces cubes $\frac{43}{63}$, et pour une minute 2905, au lieu de 2778 que donne l'expérience; différence qui ne peut être attribuée qu'aux soudures et à l'impossibilité de calibrer parfaitement un tuyau formé d'un grand nombre de feuilles de fer-blanc.

PRÉCIS

I^{er} TABLEAU

POUR LES EXPÉRIENCES FAITES PAR M. L'ABBÉ BOSSUT,

Pour parvenir à connaître la diminution de la vitesse de l'eau dans les tuyaux de conduite, en raison de leur longueur.

*Application pour des tuyaux de 16 lignes de diamètre sous la charge d'un pied.
(Supéficie $\frac{64}{3}$), (vitesse initiale 75,52), (produit pour une minute 6330.)*

LONGUEUR des tuyaux en m^2	MÊME LONGUEUR réduite en pouces.	PRODUIT des expérien- ces en pouces cubes, pour une minute de temps.	RACINES quarrées des longueurs en pouces.	PRODUIT calculé en rai- son des raci- nes quarrées des longueurs.	LONGUEUR des tuyaux divisés par la vitesse ini- tiale.	RACINES quarrées de ces longueurs.	PRODUIT d'après la rè- gle proposée.	VITESSE finale de l'ex- périence.	VITESSE finale d'après la théorie proposée.
30	360	2778	18,98	333	4,77	2,19	2905	33,14	34,67
60	720	1957	26,84	236	9,54	3,09	2049	23,34	24,46
90	1080	1587	32,87	193	14,31	3,78	1671	18,82	19,94
120	1440	1351	37,95	167	19,07	4,37	1449	16,10	17,30
150	1800	1178	42,43	149	23,84	4,88	1295	14,05	15,45
180	2160	1052	46,48	136	28,60	5,35	1183	12,55	14,12

II^e TABLEAU

POUR LES EXPÉRIENCES FAITES PAR M. L'ABBÉ BOSSUT,

Pour parvenir à connaître la diminution de la vitesse de l'eau dans les tuyaux de conduite, en raison de leur longueur.

Application pour des tuyaux de 2 pouces de diamètre sous la charge d'un pied. (Superficie $3\frac{1}{7}$), (vitesse initiale 75,52), (produit pour une minute 14243).

LONGUEUR des tuyaux en pieds.	MÉME LONGUEUR réduite en pouces.	PRODUIT des expérien- ces en pouces cubes, pour une minute de temps.	RACINES quarrées des longueurs en pouces.	PRODUIT calculé en rai- son des racines quarrées des longueurs.	LONGUEUR des tuyaux divisée par la vitesse ini- tiale.	RACINES quarrées de ces longueurs.	PRODUIT d'après la rè- gle proposée.	VITESSE finale de l'ex- périence.	VITESSE finale d'après la théorie proposée.
30	360	7680	18,98	750	4,77	2,19	6537	40,72	34,67
60	720	5564	26,84	531	9,54	3,09	4612	29,50	24,46
90	1080	4534	32,87	433	14,31	3,78	3760	24,04	19,94
120	1440	3944	37,95	375	19,07	4,37	3262	20,91	17,30
150	1800	3486	42,43	336	23,84	4,88	2913	18,48	15,45
180	2160	3119	46,48	306	28,60	5,35	2663	16,53	14,12

Add. au Comm.

10

III^e TABLEAU

POUR LES EXPÉRIENCES FAITES PAR M. L'ABBÉ BOSSUT,

Pour parvenir à connaître la diminution de la vitesse de l'eau dans les tuyaux de conduite, en raison de leur longueur.

*Application pour des tuyaux de 16 lignes de diamètre sous la charge de deux pieds.
(Superficie $\frac{64}{3}$), (vitesse initiale 106,75), (produit pour une minute 8939.)*

LONGUEUR des tuyaux en pieds.	MÈME LONGUEUR réduite en pouces.	PRODUIT des expériences en pouces cubes, pour une minute de temps.	RACINES quarrées des longueurs en pouces.	PRODUIT calculé en rai- son des racines quarrées des longueurs.	LONGUEUR des tuyaux divisée par la vitesse ini- tiale.	RACINES quarrées de ces longueurs.	PRODUIT d'après la rè- gle proposée.	VITESSE finale de l'ex- périence.	VITESSE finale d'après la théorie proposée.
30	360	4066	18,98	471	3,09	1,76	5095	58,50	60,80
60	720	2888	26,84	333	6,74	2,60	3451	34,45	41,18
90	1080	2352	32,87	272	10,12	3,18	2811	28,06	33,54
120	1440	2011	37,95	235	13,48	3,67	2435	24,00	29,06
150	1800	1762	42,43	211	16,86	4,11	2180	21,02	26,02
180	2160	1583	46,48	192	20,23	4,50	1989	18,88	23,74

IV^e TABLEAU

POUR LES EXPÉRIENCES FAITES PAR M. L'ABBÉ BOSSUT,

Pour parvenir à connaître la diminution de la vitesse de l'eau dans les tuyaux de conduite, en raison de leur longueur.

*Application pour des tuyaux de 2 pouces de diamètre sous la charge de deux pieds.
(Superficie $3\frac{1}{7}$), (vitesse initiale 106,75), (produit pour une minute 20,112).*

LONGUEUR des tuyaux en pieds.	MÊME LONGUEUR réduite en pouces.	PRODUIT des expérien- ces en pouces cubes, pour une minute de temps.	RACINES quarrées des longueurs en pouces.	PRODUIT calculé en rai- son des raci- nes quarrées des longueurs.	LONGUEUR des tuyaux divisée par la vitesse ini- tiale.	RACINES quarrées de ces longueurs.	PRODUIT d'après la rè- gle proposée.	VITESSE finale de l'ex- périence.	VITESSE finale d'après la théorie proposée.
30	360	11219	18,98	1059	3,37	1,84	10989	59,49	58,28
60	720	8190	26,84	749	6,74	2,60	7765	43,43	41,18
90	1080	6812	32,87	612	10,11	3,18	6330	36,12	33,57
120	1440	5885	37,95	529	13,48	3,67	5480	31,20	29,06
150	1800	5232	42,43	474	16,86	4,11	4907	28,27	26,02
180	2160	4710	46,48	432	20,23	4,50	4476	24,97	23,74

Applications aux expériences faites sur plusieurs conduites d'eau de Versailles rapportées par M. COUPLET fils, dans les Mémoires de l'Académie des Sciences de 1732 ().*

Les premières expériences ont été faites sur une conduite qui allait autrefois du réservoir de la place Dauphine à Versailles, aux petites écuries, et dont le développement est indiqué par le profil A de la planche XXX. La partie verticale est composée d'un premier tuyau de plomb de 6 pouces de diamètre, partant du fond du réservoir, et auquel s'abouche un autre tuyau de plomb de 4 pouces de diamètre et de 17 pieds 4 pouces de longueur, en sorte que ces deux parties forment ensemble une hauteur verticale de 23 pieds 4 pouces. La seconde partie de ce tuyau vertical se raccorde avec un tuyau en fer qui suit le mouvement du terrain.

Le développement de cette conduite est, selon M. Couplet, de 296 toises 5 pieds 4 pouces sans y comprendre les sinuosités qu'elle forme dans le sens horizontal, qui peuvent porter ce développement à 297 toises ou 1782 pieds. Du côté des petites écuries, cette conduite se termine par un tuyau de plomb ascendant, qui dégorge l'eau à gueule-bée dans le réservoir. Cela posé, sous une charge d'eau de 9 pouces, comprise entre le niveau de la surface d'eau du réservoir de départ à la place Dauphine et le bout du tuyau qui jette l'eau aux petites écuries, M. Couplet a trouvé que le produit pour une minute était de 2 pouces d'eau, plus 63 lignes; et comme il n'évalue le produit du pouce d'eau qu'à 13 pintes $\frac{1}{3}$ de Paris, ou 640 pouces cubes, au lieu de 672, les deux pouces $\frac{63}{44}$ trouvés, ne donnent que 1560 pouces cubes.

(*) Ces expériences sont aussi rapportées par Belidor, dans le second volume de son *Architecture hydraulique*, page 276 et suivantes; par M. l'abbé Bossut, au second volume d'*Hydro-dynamique*, page 168 et suivantes; et dans les *Nouveaux Principes d'Hydraulique*, de M. Bernard, directeur-adjoint de l'Observatoire de Marseilles.

Si l'on considère que cette conduite forme un syphon renversé, dont l'effet serait balancé par un cylindre de 4 pouces de diamètre, formant la continuation du tuyau d'arrivée, sur 9 pouces de hauteur, à partir du dessus de l'orifice du tuyau, ou de 11 pouces, à partir du centre, qui est la différence du niveau du départ à celui de l'arrivée, et qui agirait indépendamment des frottements, avec une vitesse due à la hauteur de son centre de gravité, c'est-à-dire de 5 pouces et $\frac{1}{2}$ produisant une vitesse initiale de 63 pouces par seconde, exprimée par V , laquelle, par l'application de la formule $\sqrt{\frac{L}{V}}$, qui, dans ce

cas, égale $\sqrt{\frac{63}{21384}}$, devient 3.42. En multipliant cette vitesse 3.42

par la superficie, réduite de l'orifice du tuyau de 4 pouces de diamètre, qui est 12.33, on trouve pour le produit d'une seconde, 42 pouces $\frac{17}{100}$, et pour 1 minute, 2530 pouces cubes, au lieu de 1560, donnés par l'expérience, c'est-à-dire 970 pouces de plus; mais dans cette application, on n'a pas eu égard aux différents coude que la conduite forme. On l'a considérée comme ne faisant qu'une ligne droite de tuyau de 4 pouces de diamètre, parfaitement calibrés dans toute leur étendue. Et cette différence de 970 pouces est le résultat des obstacles que peuvent occasionner les coude et les irrégularités.

La même conduite, sous une charge de 21 pouces, a produit en une minute 4 pouces d'eau, de chacun 640, faisant ensemble 2560;

la vitesse initiale étant 91.24, la formule $\sqrt{\frac{L}{V}}$ devient 5.95, qui

étant multipliée par la superficie réduite 12.33, donne pour une seconde 73.36, et pour une minute 4402. Ce qui porte la diminution à plus d'un tiers. Cependant ce second résultat est à-peu-près en même raison que celui de 1560 à 2560; car en faisant la proportion 1560 : 2560 :: 2167 : x , on a pour quatrième terme 3556,

moindre que 4402, que nous avons trouvé; mais qui cependant n'en diffère pas assez pour ne pas justifier notre opération.

Sous une charge de 31 pouces, la même conduite a fourni en une minute 5 pouces 60 lignes, ou 3466 pouces cubes. La vitesse initiale de l'eau étant 109.29 pouces, l'application de la formule donne 96.29 pour une seconde, et pour une minute 5778, au lieu de 3466.

En 1732, cette conduite a été renouvelée avec des tuyaux de 6 pouces de diamètre, et de manière à former moins de sinuosités, ainsi que le fait voir le profil B. Cette nouvelle conduite a 285 toises 2 pieds 9 pouces 6 lignes de longueur, ou 20553 pouces. Sous une charge d'eau de 3 pouces, elle a produit en une minute 7 pouces 44 lignes d'eau, ou 4675 pouces cubes. La vitesse initiale de l'eau étant 46,60, l'application de la formule donne 3719 par minute, au lieu de 4675.

La même conduite de 6 pouces de diamètre, sous une charge de 5 pouces $\frac{1}{4}$ (ligne 6 du Tableau), a fourni en une minute, d'après l'expérience, 6720; la vitesse initiale, sous cette charge, étant de 54,65, et la longueur de la conduite, comme ci-dessus, de 20553, l'application de la formule donne 4707, au lieu de 6720.

Une autre conduite d'eau, représentée par le profil C, de 5 pouces de diamètre, partie en grès et partie en plomb, qui apportait les eaux du regard carré, près Saint-Antoine, à Versailles, dans le réservoir de la place Dauphine, dont le développement total était de 1170 toises 1 pied 7 pouces, ou 84259 pouces, et produit en une minute de temps, sous une charge de 24 pouces, 9 pouces 115 lignes de fontainier, ou 6271 pouces cubes.

L'application de la formule donne 3980 pouces (lig. 4 de la Table).

Une autre expérience, faite sur une conduite de 12 pouces de diamètre, et de 600 toises, ou 43200 pouces de longueur (représentée par le profil D), conduisant les eaux du réservoir de la butte de Mont-Boron au grand réservoir de la rue des Bons-Enfants, sous une

charge de 12 pieds 1 pouce, ou 145 pouces, a produit en une minute 159440 pouces cubiques.

L'application de la formule donnerait 116017 pouces cubiques.

Enfin une expérience faite sur une conduite de 18 pouces de diamètre (représentée par le profil E), conduisant l'eau du quarré des réservoirs du Parc-aux-Cerfs à celui du bout de l'aile, et dont la longueur développée était d'environ 790 toises, ou 56880 pouces, sous une charge de 4 pieds 7 pouces et $\frac{1}{2}$, ou 55 pouces et $\frac{1}{2}$, a produit 221277 pouces cubiques.

L'application de la formule donne 120154.

TABLE COMPARATIVE DES EXPÉRIENCES
FAITES PAR M. COUPLET,

Sur les conduites des eaux de Versailles, et des résultats de l'application de la formule proposée à ces expériences.

NOMBRE des lignes.	DIAMÈTRE des tuyaux en pouces.	SUPERFICIE des orifices en pouces.	CHARGE ou hauteur de l'eau au-dessus du tuyau de fuite.	CHARGE ou hauteur jusqu'au centre de l'orifice.	VITESSE qui cause la charge.	VITESSE initiale.	LONGUEUR des conduites en pouces.	RACINES quarrées des longueurs divisées par la vitesse.	PRODUIT du calcul pour une minute.	VITESSE finale.	PRODUIT de l'expérience pour une minute.		
											1 ^{re}	2 ^e	
1 ^{re}	4	12,57	12,33	9 ^{po.}	11	5, 5	63,00	21,38	339,42	18,42	3,42	2530	1560
2 ^e	4	12,57	12,33	21	23	11, 5	91,24	21,38	234,37	15,30	5,95	4402	2560
3 ^e	4	12,57	12,33	31	33	16, 5	109,29	21,38	195,66	13,99	7,81	5778	3466
4 ^e	5	19,64	19,34	25	27 $\frac{1}{2}$	13, 75	99,77	84,26	844,46	29,06	3,43	3980	6271
5 ^e	6	28,28	27,92	3	6	3, 00	46,60	20,55	441,11	21,00	2,22	3719	4675
6 ^e	6	28,28	27,92	5 $\frac{1}{4}$	8 $\frac{1}{4}$	4,125	54,65	20,55	376,13	19,40	2,81	4707	6720
7 ^e	12	113,14	112,52	145	151	75, 50	233,80	43,20	184,77	13,59	17,20	116017	159440
8 ^e	18	254,57	253,49	55 $\frac{1}{2}$	64 $\frac{1}{2}$	32, 25	152,80	56,88	372,25	19,29	7,90	120154	221277

Des Jets d'eau.

Nous avons dit que Torricelli, disciple de Galilée, ayant remarqué que l'eau d'un jet, sortant par un petit ajutage, s'élevait presqu'à la hauteur du réservoir, en conclut que sa vitesse, au sortir de l'ajutage, devait être exprimée par celle acquise par un grave qui serait tombé de la même hauteur. Torricelli publia sa découverte en 1643, à la suite d'un petit traité intitulé *De motu Gravium*.

Mais il faut considérer, 1^o que si, au lieu d'un ajutage, on adapte au tuyau de conduite un tuyau vertical de même diamètre que l'ajutage, l'eau y montera à la hauteur de la superficie de l'eau du réservoir, à quelque distance qu'il soit placé de l'origine du tuyau de conduite; et que la colonne d'eau qu'il contient fera équilibre à l'effort du fluide qui tend à sortir du réservoir.

2^o Que le temps qu'il faudra à la colonne d'eau pour s'élever à la hauteur de la superficie de l'eau du réservoir sera d'autant plus grand, que ce tuyau sera plus éloigné du réservoir, à cause de la diminution de vitesse qu'éprouve l'eau dans les tuyaux de conduite, en raison de leur longueur.

3^o Que l'eau qui monte dans un tuyau vertical est maintenue dans toute sa hauteur par les parois de ce tuyau; tandis qu'un jet vertical est isolé, et qu'il a de plus à soutenir le poids de l'eau qui retombe sur le jet, indépendamment de la résistance de l'air. D'où il résulte qu'un jet vertical ne peut parvenir à surmonter tous ces obstacles que par une vitesse beaucoup plus grande que celle qui fait remonter l'eau dans des tuyaux de même diamètre que les ajutages.

Au paragraphe 6, nous avons fait voir que l'effort de l'eau contre les faces verticales des réservoirs ou tuyaux qui la contiennent, étant double de son poids, exigerait une vitesse double; il résulte de ce qui a été dit au paragraphe 7, que indépendamment des frottements, la vitesse de l'eau qui communique d'un gros tuyau à un petit, est en

Add. au Comm.

II

raison inverse du quarré de leur diamètre. Ainsi, dans un tuyau de 2 pouces de diamètre qui communiquerait avec un tuyau de 6 lignes de diamètre, le rapport des vitesses serait comme 1 est à 16. Mais si l'ajutage, au lieu de communiquer à un tuyau de conduite de 2 pouces, communiquait à un tuyau de 4 pouces de diamètre, la proportion serait comme 1 est à 32.

M. Mariotte, qui a fait plusieurs expériences sur les jets d'eau, a trouvé que pour un réservoir élevé de 52 pieds, il faut, pour que le jet s'élève autant que possible, que le diamètre du tuyau de conduite soit de 3 pouces, et celui de l'ajutage de 6 lignes; et que la dépense de ce jet est de 8 pouces d'eau ou 112 pintes par minute, répondant à 5376 pouces cubes; et pour une seconde, 89 pouces $\frac{6}{10}$.

La vitesse acquise par un grave dans une chute de 52 pieds, serait de 56 pieds $\frac{12}{10}$ ou 673 pouces $\frac{44}{10}$; dont prenant les $\frac{5}{8}$, comme l'indique M. Bossut, on aurait pour la vitesse réduite 421 pouces par seconde, lesquels étant multipliés par la superficie de l'orifice, qui est de $\frac{1}{56}$ de pouce, donneraient pour la dépense 82 pouces $\frac{99}{10}$, au lieu de 89 $\frac{6}{10}$ que donne l'expérience: ce qui donnerait pour le jet une vitesse de 456 par seconde, et pour celle du tuyau de conduite $12\frac{2}{3}$ seulement.

M. Mariotte ne dit pas à quelle hauteur s'élevait le jet, mais on peut supposer, d'après la règle qu'il donne, qu'il s'élevait à 44 pieds ou 528 pouces; et comme la vitesse acquise par un grave qui tomberait de cette hauteur serait de 618 pouces au lieu de 456, on voit que la diminution de vitesse résultant du frottement serait d'un peu plus du quart, ce qui paraît probable.

Il résulte d'une table calculée par M. Bossut, d'après le résultat des expériences faites par M. Mariotte sur les jets d'eau, que sous une charge de 61 pouces, un jet alimenté par un tuyau de 21 lignes de diamètre, et dont l'ajutoir a 6 lignes de diamètre, monte à 60 pouces de hauteur, et dépense 32 pintes en une minute, ou 1536 pouces cubes, ce qui fait 25 pouces $\frac{6}{10}$ par seconde.

En prenant pour vitesse le double de la racine quarrée de la hauteur, l'eau qui sort d'un tuyau de 21 lignes de diamètre, sous une charge de 61 pouces, aurait, d'après la théorie adoptée, une vitesse de 210 pouces $\frac{2}{5}$ par seconde; et en ne prenant que les $\frac{3}{5}$ de cette vitesse, comme l'indique M. Bossut, elle serait de 170,75; et enfin, en ne prenant que les $\frac{3}{4}$ de la hauteur, comme je le propose, cette vitesse serait, sans avoir égard au frottement, de 182 pouces, et en y ayant égard, de 154 pouces. Comme cette vitesse augmente en raison inverse du quarré des orifices du tuyau ou de l'ajutoir, qui sont 441 et 36, il en résulte que la vitesse de l'eau qui sort par l'ajutoir, serait 12 fois $\frac{1}{4}$ plus grande que celle du tuyau de conduite. Mais comme la vitesse de l'eau qui arrive à l'ajutoir par le tuyau, est en raison de la racine quarrée de la longueur du tuyau depuis le réservoir, divisée par la vitesse initiale de l'eau à la sortie du réservoir, il en résulte que la dépense d'un ajutoir est d'autant moindre, que la longueur du tuyau est plus grande.

Nous avons vu que pour avoir la vitesse de l'eau qui sort par un orifice, lorsqu'on connaît la dépense, il faut diviser cette dépense connue par la superficie de l'orifice.

Dans l'expérience que nous venons de rapporter, dans laquelle un ajutoir de 6 lignes de diamètre a produit en une minute 32 pintes, ou 1536 pouces cubes d'eau, et 25 pouces $\frac{6}{5}$ par seconde, la superficie étant de $\frac{11}{16}$ de pouces, donnerait pour la vitesse de l'eau à la sortie de l'ajutoir, 130 pouces $\frac{1}{3}$ par seconde. Cette vitesse devant être 12 fois $\frac{1}{4}$ plus grande que la vitesse finale du tuyau, donnerait pour cette vitesse 10 pouces $\frac{1}{3}$, au lieu de 182 pouces qu'elle devait avoir au sortir du réservoir; ce qui donnerait pour la longueur du tuyau 828 toises, 4968 pieds, ou 59616 pouces, qui étant divisés par la vitesse initiale 182 pouces, donne 327, dont la racine quarrée est un peu plus de 18 pouces.

Ainsi on aurait 327 : 18 :: 182 : 10 pour la vitesse finale de ce tuyau, qui détermine la vitesse du jet d'eau et sa dépense.

M. Bossut a calculé la dépense des jets d'après celle des orifices de même diamètre que les ajutoirs, percés dans le réservoir, sous une même charge; mais il faut observer que si, au lieu d'un ajutoir, on adaptait au tuyau de conduite un tuyau vertical de même diamètre que l'ajutoir, l'eau y monterait jusqu'à la hauteur de celle du réservoir, et la colonne d'eau qu'il contiendrait ferait équilibre à l'effort du fluide qui tend à sortir par l'orifice du tuyau de conduite, quel que fût son diamètre. Or cette force, exprimée par la vitesse, est d'autant moindre que le tuyau de conduite a plus de longueur; et la vitesse avec laquelle l'eau montera dans le petit tuyau, sera en raison inverse des quarrés des diamètres de ces tuyaux. D'où il résulte que cette vitesse sera d'autant plus grande que le tuyau de conduite sera moins long, à moins qu'on n'augmente son diamètre en raison de sa longueur, pour lui conserver une même vitesse.

Ainsi la règle d'évaluer la vitesse de l'eau qui sort d'un réservoir par un orifice percé dans une de ses parois, et dont la position ne change pas, n'est pas applicable aux ajutoirs dont la position peut être à une plus ou moins grande distance du réservoir.

2^o Il faut considérer de plus que l'eau qui sort par un ajutoir, n'étant pas soutenue latéralement comme celle qui remonte dans un tuyau vertical de même diamètre, ne peut pas remonter aussi haut; et que l'eau qui retombe sur le même jet, diminue encore sa force. D'où il résulte que, pour qu'un jet puisse remonter aussi haut que le réservoir, il faut qu'il ait une force et une vitesse beaucoup plus grandes que celles nécessaires à une colonne d'eau pour remonter dans un tuyau de même diamètre que l'ajutoir.

3^o Il a été reconnu en théorie et l'expérience a confirmé que les vitesses de l'eau de deux tuyaux qui se communiquent, sont en raison inverse des quarrés de leurs orifices, au point de communication. Ainsi la vitesse initiale de l'eau qui sortirait d'un tuyau de conduite de 21 lignes de diamètre à son origine, sous une charge de 61 pouces, serait, d'après la théorie adoptée, de 210 pouces $\frac{2}{3}$, dont prenant

les $\frac{13}{16}$, comme l'indique M. Bossut, on aurait 170 pouces $\frac{3}{4}$. Mais comme cette quantité ne pourrait sortir que par un orifice percé dans une mince parois, M. Bossut réduit cette vitesse aux $\frac{5}{8}$, ce qui donnerait pour la vitesse à la sortie de l'ajutoir, 131 pouces $\frac{25}{100}$. Cette vitesse n'étant pas diminuée par le frottement, comme dans des tuyaux de conduite, la dépense pour un orifice de 6 lignes de diamètre, percé dans le réservoir, serait pour une seconde de temps, de 25 pouces $\frac{78}{100}$.

D'après ces données, l'eau qui sort d'un réservoir par un orifice de 6 lignes, remonterait dans un tuyau vertical de même diamètre, qui n'en serait pas éloigné de 11 pieds, en moins d'une demi-seconde; mais à 132 pieds de distance, la vitesse, d'après la règle basée sur les résultats de l'expérience, se trouverait réduite à 38 pouces $\frac{6}{10}$, c'est-à-dire qu'il faudrait plus d'une seconde et demie pour que l'eau remontât à la hauteur de la superficie de celle du réservoir.

Pour 132 toises, la vitesse serait réduite à 15 pouces $\frac{34}{100}$, ce qui donne 4 secondes pour le temps que l'eau serait à remonter. Dans cette application, le tuyau de conduite est supposé de même diamètre que l'ajutoir, tandis qu'il a toujours un diamètre beaucoup plus grand.

Selon M. Mariotte, pour un jet de 100 pieds la hauteur du réservoir doit être de 133 pieds; or le grand jet de Saint-Cloud, montant à 125 pieds, il faudrait, d'après la règle qu'il donne, que le réservoir fût à 177 pieds de hauteur. C'est, à peu de chose près, celle trouvée par les nivelingments, qui donnent une pente moyenne de 4 pouces 7 lignes par toise courante.

Une colonne d'eau de 15 lignes de diamètre sur 125 pieds de hauteur, ne pèserait que 74 liv. $\frac{3}{4}$. L'effort de l'eau à la sortie de l'ajutage ayant été trouvé de 166 livres, il en résulte que cet effort est environ 2 fois $\frac{1}{4}$ plus grand que le poids de la colonne.

Si l'on prend pour hauteur de la colonne d'eau celle du réservoir, qui est de 177 pieds, son poids, pour 15 lignes de diamètre, serait de 104 livres $\frac{84}{100}$, tandis que celui du jet n'est que de 74.

Les tuyaux qui fournissent ce grand jet ayant 8 pouces de diamètre, la colonne de 177 pieds de hauteur pèserait 4054, et le poids de la colonne de même hauteur, sur 15 lignes de diamètre étant de 74 livres; il en résulte que l'effort de la grande sur la petite est 54 fois plus grand que le poids de cette dernière.

La dépense de ce jet est, à ce qu'on prétend, de 600 muids par heure, ou 4800 pieds cubes, ce qui fait 800 pieds par minute, et 13 pieds $\frac{1}{3}$ par seconde.

En suivant la théorie adoptée, la vitesse de l'eau sortant par l'orifice serait de 999 pouces $\frac{3}{6}$ par seconde; et il faudrait 5 secondes et demie pour que l'eau du jet arrive à sa hauteur lorsqu'il est en activité.

En ne prenant que les $\frac{3}{6}$ de la hauteur du réservoir pour trouver la vitesse primitive, la vitesse du jet à la sortie de l'orifice serait de 866 pouces. Enfin en ne prenant, pour trouver cette vitesse, que la hauteur du jet, qui est de 125 pieds, la vitesse au sortir de l'ajutoir serait de 814 $\frac{1}{3}$. Le poids de 166, faisant équilibre à la force du jet, ne donnerait que 519 pouces de vitesse initiale, c'est-à-dire les $\frac{5}{6}$ de 814.

D'où l'on peut croire que l'évaluation de 600 muids par heure, qui donnerait une vitesse de plus de 11000 pouces, n'est qu'un aperçu exagéré.

Il résulte de ce qui précède, qu'en adoptant la règle de Mariotte pour déterminer la hauteur des jets, leur dépense peut être évaluée aux $\frac{5}{6}$ de ce que donnerait la hauteur du jet, prise comme hauteur de chute.

FIN.

TABLE

DES MATIÈRES CONTENUES DANS CE VOLUME.

SECONDE PARTIE.

Des trois aqueducs de Rome restaurés par les Papes, qui fournissent actuellement dans cette ville les eaux désignées sous les noms d'AQUA VERGINE, d'AQUA FELICE, et d'AQUA PAOLA.

	Page
De l'aqua Vergine.....	1
Description de la planche XI.....	2
De l'aqua Felice.....	3
De l'aqua Paola.....	4
Description de la planche XII.....	7

De quelques-uns des principaux aqueducs construits hors de Rome par les anciens Romains.

Aqueduc de Nîmes.....	10
Pont du Gard.....	13
Des anciens aqueducs de Lyon.....	19
Description de l'aqueduc du Mont-Pila.....	20
Sa construction.....	24
Description de la planche XVII.....	26
Description de la planche XVI.....	28
Produit présumé de l'aqueduc du Mont-Pila.....	30
Réservoir de chasse et de fuite, de Baunan et de Saint-Irénée.....	32
Réservoir de la Maison-Angélique.....	33
Aqueduc antique de Metz.....	ib.
Description de la planche XVIII.....	36
Aqueduc de Bourgas.....	42

Des principaux aqueducs modernes d'Italie et de France.

Aqueduc de Casertes.....	43
Description de la planche XX.....	45
Pont-aqueduc de Castellana, et aqueduc de Montpellier.....	46
Aqueducs de Spolette et du prince Biscari.....	47
Aqueduc d'Arcueil.....	48
Description des planches XXIV et XXV.....	51
Aqueduc de Maintenon.....	52
Description des planches XXVI, XXVII, XXVIII et XXIX.....	55

PRÉCIS D'HYDRAULIQUE.

DE L'EAU : effets de la pression de l'air sur l'eau et du syphon.....	57
De la vitesse de l'eau qui passe d'un vase cylindrique dans un autre de moindre diamètre; et du mouvement de l'eau.....	59
Théorie de la chute des graves.....	60
Du frottement; et observations sur les causes de la diminution de la vitesse des eaux coulantes.....	62
TABLEAU comparatif des produits théoriques et effectifs d'un tuyau additionnel d'un pouce de diamètre sur deux pouces de longueur, sous une charge de- puis un pied jusqu'à quinze.....	65
TABLEAU des résultats des expériences faites à Rome en 1809, par MM. Mallet, Vici, et vérifiées par M. de Prony.....	67
Description de la planche XXXI.....	ib.
Du mouvement de l'eau dans les tuyaux de conduite et dans les canaux.....	70
I ^{er} TABLEAU pour les expériences faites par M. l'abbé Bossut.....	72
II ^e <i>idem</i>	73
III ^e <i>idem</i>	74
IV ^e <i>idem</i>	75
Applications aux expériences faites sur plusieurs conduites d'eau de Versailles, rapportées par M. Couplet fils.....	76
TABLE comparative des expériences faites par M. Couplet, sur les conduites des eaux de Versailles, etc.....	80
DES JETS D'EAU.....	81

FIN DE LA TABLE.

ERRATA.

PREMIÈRE PARTIE. — NOTIONS PRÉLIMINAIRES.

- PAGE ix, ligne 14, *au lieu de*, dit Frontin à l'article XXXIV, *lisez* dit Frontin à l'article XXIV.
- x, — 1^{re}, *au lieu de* pouce d'eau sert, *lisez* pouce d'eau servait.
- *id.* — 3, *au lieu de*, depuis le n° 37 jusqu'au n° 64, *lisez* depuis l'article XXXIV jusqu'à l'article LXIV.
- xij, — *au lieu de* page xij, *lisez* page xij.
- xiiij, — 4, *au lieu de* recherche *au singulier*, *lisez* recherches.
- xiv, — 10, *au lieu de* 672 pouces cubes par seconde, *lisez* 672 pouces cubes par minute.

COMMENTAIRE.

- PAGE 9, ligne 10, *au lieu de* 11100 en conduits souterrains, *lisez* 11130.
- 11, — 29, note, *reipublicæ causā*, *lisez* *reipublicæ caussā*,
- 13, — 18, *au lieu de* 61710 pas, *lisez* 60710 pas.
- 14, — 3, *au lieu de* *hypseo* par un *e simple*, *lisez* *hypsæo*.
- 28, — 28, note, pour la fig. 1^{re}, pl. IX, il faut consulter l'explication des figures, page 171.
- 30, — 14, *au lieu de* *quoniam auctores*, *lisez* *quoniam authores*.
- 31, — 28, note, *au lieu de* Pl. 6, fig. A, B, C, D, *lisez* Pl. VI, fig. 9, A, B, C, D.
- 32, — 18, *au lieu de* *auctorem faciunt*, *lisez* *authorem faciunt*.
- 33, — 29, *au lieu de* planche XI, *lisez* planche X.
- 65, — 1^{re}, *au lieu de*, de 1775 quinaires, *lisez* 1774 quinaires.
- 71, — 9, *au lieu de*, un superflu de 1500 quinaires, *lisez* de 1600 quinaires.
- 114, — 8, *au lieu de* *inprimis*, *lisez* *imprimis*.
- 145, — 17, *au lieu de* au rétablissement de même aqueduc, *lisez* au rétablissement de ce même aqueduc.
- *id.* — 23, *au lieu de* les fonds destiné, *lisez* destinés.
- 153, — 3, *au lieu de* combien il est plusbe au, *lisez* combien il est plus beau.
- 161, — 27, *au lieu de* D ouverture, *lisez* DF ouverture par laquelle.
- Add. au Comm.*

ERRATA.

SECONDE PARTIE.

PAGE 6, ligne 2, *au lieu de 15 onces, lisez 13 onces et demie.*

— 17, — 21, *au lieu de, au commencement du dix-huitième siècle, lisez au commencement du dix-septième siècle.*

— 31, — 14, *au lieu de, exactitude, la masse d'eau, lisez exactitude, pour la masse d'eau.*

— 40, — 16, *lisez, est au point a, voyez Pl. XVII.*

— 46, — 8, *supprimez, à découvert.*

