LE

BARRAGE DE LA GILEPPE

MÉMOIRE

Rédigé à la demande de la Section de Liége de l'Association des Ingénieurs sortis de l'École de Liége

PAR

MM. M. BODSON, E. DETIENNE & F. LECLERCQ

INGÉNIEURS

LIÉGE

IMPRIMERIE DE LÉON DE THIER, BOULEVARD DE LA SAUVENIÈRE, 12

1877

LE BARRAGE DE LA GILEPPE

SOMMAIRE

G Puits. — Appareils de manœuvre.

H Serrement d'aval.

I Appareils de sûreté. — Appareils d'inondation et de vidange.

J Chambres de jonction. — Conduites de jonction. — Branchements vers l'aval.

K Puits de distribution. — Appareils du puits. — Appareils de manœuvre.

L Bassin de distribution. — Brise-lames. — Grille filtrante. — Appareil de jauge. — Bassin de distribution proprement dit.

M Manœuvres des appareils.

N Bassin d'alimentation de la Vesdre.

O Aqueduc. — Grandes artères de Verviers.

P Barrage de la Borchêne.

INTRODUCTION.

L'idée de créer, pour les besoins agricoles, des barrages accumulant les eaux parfois surabondantes, et de les reprendre ensuite à volonté, a dû appartenir à certaines populations actives des pays chauds, là où le sol, naturellement fertile, mais irrégulièrement fécond, exige des irrigations abondantes, où les rivières, torrents pendant les pluies, routes poudreuses le reste de l'année, ont besoin d'un frein pendant les crues et d'une alimentation artificielle pendant les sécheresses.

Cette conception si simple, qui consiste à maîtriser les eaux sauvages et à les mettre en réserve, indique cependant l'action d'une race éminemment civilisatrice. Nous en devons, en Europe, l'initiative aux Arabes, et, à côté de beaucoup d'autres introductions, les barrages du midi de l'Espagne paraissent leur œuvre incontestée. Quelques-uns fonctionnent depuis une époque indéterminée. Ailleurs, chez un peuple très-remarquable par une civilisation précoce et des institutions sociales particulières, des traces manifestes de barrages anciens, à côté d'irrigations poursuivies sur des longueurs énormes, parfois de plusieurs journées de route, ont été observées par un de nous, qui a eu cette singulière fortune d'aider à restaurer l'œuvre

des Incas, ou même d'une civilisation plus ancienne, ensevelie dans l'oubli.

C'est donc en Espagne surtout, et dans le sud de la France, que se rencontrent les premiers types de barrages. La forme est incorrecte, la masse exagérée, et cependant on ne peut qu'admirer la prudence des ingénieurs qui, sans traditions antérieures, ont réalisé ces œuvres dont les services se comptent maintenant par siècles. Ils ont fourni tout au moins la preuve que ces constructions, dont le renversement entraînerait d'immenses désastres, peuvent être confiées avec sécurité à des mains habiles.

Les premières applications des barrages furent exclusivement agricoles. Récemment, on les a étendues à des distributions d'eaux industrielles et même alimentaires, procédant toutefois, dans ce dernier ordre d'idées, avec une certaine hésitation, qui n'est pas encore totalement effacée. Saint-Étienne, en France, puis Verviers, en Belgique, ont recherché, dans ces édifications grandioses, les ressources hydrauliques nécessaires aux besoins toujours croissants d'une industrie florissante. Madrid a adopté sans restriction l'usage des eaux alimentaires retenues par des barrages.

D'autres travaux du même genre paraissent probables, et rendraient à certaines populations les mêmes services que d'autres, mieux favorisées, retirent de lacs naturels.

Cette extension du rôle des barrages, en soulevant beaucoup de questions importantes, a déjà déterminé le changement de l'ancien profil. Les ingénieurs français, appelés à réaliser, indépendamment de toute tradition, une forme rationnelle de barrage, ont proportionné les épaisseurs du mur aux pressions, réduit notablement les dimensions de la chaussée et augmenté l'encastrement.

M. Bidaut avait devant lui ces deux exemples : celui du Furens, dont le mérite est dû à la science de ses créateurs; celui d'Alicante, dont la valeur se prouve par trois siècles de service. La comparaison faite par M. Bidaut de ces deux murs est vraiment remarquable, en ce qu'elle atteste la profonde modification des anciennes idées. L'illustre ingénieur, dont ce rapport a pour but principal

de commenter l'œuvre, a voulu adopter un type moyen : nous suivrons aussi fidèlement que possible l'ordre de ses raisonnements. Nous emprunterons souvent jusqu'à ses phrases, si claires et si précises; s'il nous arrive parfois d'exprimer des opinions personnelles, c'est à nos risques et périls, lorsque la pensée du maître nous a semblé voilée ou lorsque des discussions récentes nous paraissent introduire des points de vue nouveaux.

CHAPITRE Ier.

ORIGINE & HISTORIQUE DES TRAVAUX DE LA GILEPPE.

La fabrication des draps et les nombreuses manipulations qui la précèdent constituent, à Verviers, une industrie de grande importance. Elle exige beaucoup d'eau pure, qu'elle restitue souillée à la rivière; celle-ci, corrompue, devient nuisible aux riverains d'aval. Quand les eaux atteignent l'étiage, l'infection devient parfois intolérable; les boues fermentent sur le lit de la rivière. La première crue les entraîne, apporte leurs miasmes jusque près de Liége et détruit en chemin le poisson, dont ces cours d'eau étaient si libéralement dotés autrefois.

Le mal grandit tous les jours, à mesure que l'industrie étend sa production et multiplie ses déchets. On attribue, d'autre part, au défrichement de la forêt de Hertogenwald, une influence nuisible au régime d'étiage de la Vesdre, dont le bassin hydrographique comprend, en grande partie, cette forêt et les Hautes-Fagnes (1).

(1) L'opinion générale sur les effets du déboisement paraît si bien reçue, qu'il peut sembler téméraire de la combattre, ou même d'en limiter les conséquences. Partout où les forêts sont supprimées, il semble que les sources doivent tarir, que les rivières, tranquilles jusque-là, doivent devenir des torrents. Ce

La ville de Verviers, émue des plaintes de son industrie, réclama l'étude de travaux améliorant le régime de la Vesdre.

Le 28 septembre 1857, le gouvernement confia cette mission à l'ingénieur en chef des mines Bidaut, dont le premier projet fut déposé en décembre 1859.

En ce moment, la ville prussienne d'Eupen, industrielle comme Verviers, souhaitait qu'un projet commun pût unir ses intérêts à ceux de Verviers. Ce désir recula jusqu'en janvier 1863 la présentation d'un projet barrant les eaux de la Haute-Vesdre. Mais alors la ville d'Eupen, rebutée par l'importance de sa part dans la dépense, effrayée aussi des conséquences qu'entraînerait la rupture éventuelle du barrage, cessa de coopérer à ces plans, définitivement répudiés par le gouvernement prussien, le 17 mai 1864.

Pendant que ces négociations infructueuses retardaient une solution définitive, la ville de Verviers prenait, au contraire, une résolution importante. Considérant que la pureté de l'eau importe, autant que son abondance, au traitement des laines; que les industriels d'aval ne

système nous paraît trop exclusif. Nous pensons qu'il faut distinguer le cas où le défrichement sera suivi de culture : alors la pénétration des eaux dans le sol ameubli devient plus facile; l'humidité superficielle des forêts disparaît et se traduit en sources plus ou moins lointaines. Les eaux se distribuent autrement, et nous pensons qu'elles augmentent, sous forme de sources. En voici une preuve bien saillante, recueillie en Amérique, en 1874 :

Le lac Salé des Mormons n'a pas d'issue par laquelle puissent s'évacuer les eaux que lui amènent continuellement les rivières Bear, Jourdain, Weber et autres. L'évaporation absorbait ce volume, et le niveau du lac restait constant. Mais depuis que la charrue a déchiré la terre, en lui permettant de se couvrir de fleurs et de fruits, les eaux du lac se sont élevées constamment. Elles sont maintenant à 12 pieds plus haut qu'il y a 20 ans, et viennent disputer à l'homme les terres fertiles qu'il croyait avoir conquises pour toujours dans le fond de la vallée. Des fermes établies au niveau de l'ancien bord sont submergées.

(E. Detienne.)

prendraient dans la Vesdre, même régularisée, qu'une eau souillée déjà par ses emplois en amont, l'administration décida de doter la ville d'une distribution par conduites, amenant directement à chaque usine l'eau prise au réservoir.

Les prévisions primitives se trouvaient ainsi notablement dépassées, puisqu'au lieu de 3 millions de mètres cubes par an, jugés nécessaires au maintien de l'étiage, il y fallait ajouter 14,600,000 mètres cubes, soit 40,000 mètres cubes par jour, en vue de ces usages industriels. Il fallut établir à nouveau des jaugeages plus rigoureux.

La nécessité d'avoir de l'eau très-pure, dépourvue surtout de tout principe calcaire, indiquait le choix d'une vallée ouverte dans les terrains inférieurs au terrain anthraxifère. Or, comme l'indique notre carte (pl. 1), la partie amont du cours de la Vesdre, la rivière de la Helle, celle de la Soor et celle de la Gileppe, qui, toutes trois, se jettent dans la Vesdre en amont de Verviers, satisfont à ces conditions de pureté. La Gileppe fut préférée *à priori*, comme étant plus rapprochée de Verviers et la seule dont les deux versants fissent exclusivement partie du territoire belge.

Ces considérations décidèrent M. Bidaut à diriger exclusivement dans cette vallée, pendant les années 1864 et 1865, les recherches de tout genre, nécessaires à la rédaction du projet définitif. On voulut s'assurer si la Gileppe suffirait comme volume; si la configuration de la vallée et la nature de ses roches permettraient l'établissement de réserves, avec toutes garanties de stabilité pour le barrage. Ces études aboutirent enfin au projet présenté, le 8 mai 1868, au ministre des travaux publics.

Dès le mois de février 1867, la construction des puits et des galeries avait été commencée. Le 19 avril 1869, une première partie du barrage fut adjugée à MM. Braive et Caillet, et terminée en 1874. Le 12 août de cette même année, les mêmes entrepreneurs convinrent avec l'Etat pour le reste des travaux, qui furent achevés le 1er novembre 1875.

Dès le 9 mai 1875 cependant, les vannes furent fermées et,

pour la première fois, les eaux s'accumulèrent derrière le barrage. Ce jour-là même, 200 ingénieurs sortis de l'Ecole de Liége visitèrent ces travaux immenses, si heureusement menés à bonne fin.

C'est à cette occasion que la Section de Liége de l'Association des Ingénieurs nous pria de rédiger cette notice descriptive, destinée à servir de commentaire à une excursion des plus intéressantes, où, suivant une heureuse et délicate allusion de M. l'ingénieur de Groote, le corps des mines et celui des ponts et chaussées purent fraterniser, en présence d'un triomphe commun.

CHAPITRE II.

DÉBIT DE LA GILEPPE.

C'est un problème toujours difficile à résoudre que de fixer, avec une approximation convenable, le régime d'une rivière, même lorsqu'il suffit, comme dans l'hypothèse d'un barrage, de déterminer seulement le débit moyen annuel. Cette tâche délicate est échue, pour la Gileppe, à M. Auguste Donckier, malheureusement enlevé depuis à sa famille et à la science.

Le seul élément immédiatement saisissable est la surface hydrographique du bassin de la rivière. On a trouvé pour la Gileppe, jusqu'à Béthane, 4,000 hectares, en y comprenant, à la vérité, le petit ruisseau de la Borchêne. Mais les constatations faites n'en gardent pas moins toute leur valeur, parce qu'un barrage spécial est venu ajouter aux eaux principales celles que débite ce ruisseau.

A partir de là, tout est plein d'obscurité dans la question. Si, procédant par analyse, on cherche à déduire de la masse totale des eaux reçues par le bassin celles qui ne profitent pas à la rivière, on se heurte à la difficulté de déterminer la part qu'emporte l'évaporation, part assurément très-variable, suivant des causes qui ne sont pas toutes connues, et dont, en outre, aucune ne peut se chiffrer avec

une précision même lointaine. Les filtrations dans le sol, dont le produit peut n'être pas intégralement restitué à la rivière, dans les limites de son bassin, sont également incertaines, et ne sont pas même en rapport permanent avec les chutes pluviales. Celles-ci varient d'ailleurs avec les années, avec les lieux et les altitudes. Des observations assez incomplètes que l'on possède en Belgique, il semble que nous y ayions une période de sécheresse tous les 7 à 8 ans : l'une de ces années (1864) affecte précisément les constatations faites à la Gileppe.

L'influence des lieux est importante par leur orientation à l'égard des vents dominants, mais il faut qu'il y ait des circonstances déterminant le point de rosée de l'air humide. Ainsi certaines côtes (Pérou) ne reçoivent jamais l'eau : la condensation a lieu sur le premier flanc de la montagne voisine (Cordillères), et l'autre versant, à son tour, ne reçoit parfois plus rien (versant oriental des Montagnes Rocheuses). En Belgique, comme les vents humides sont, dans une forte proportion, ceux d'ouest et de sud-ouest, il y a de grandes présomptions que les pluies acquièrent assez d'amplitude sur les plateaux de Hertogenwald, parce que ces vents viennent y frapper sans grands obstacles antérieurs. L'altitude joue enfin un grand rôle, lorsqu'elle entraîne, comme d'habitude, un abaissement de la température locale. Les observations de M. G. Dewalque à Stavelot, celles faites sur le plateau de Rocroi par l'un de nous, celles aussi de M. A. Donckier dans le bassin de la Gileppe, sont des témoignages irrécusables, dans notre pays au moins, de la valeur de cette influence.

Ainsi, tandis qu'à Bruxelles, on avait, pour 1871 et 1872 respectivement, $0^m,621$ et $0^m,896$, on avait, au plateau de Rocroi, à 330^m d'altitude, $0^m,90825$ et $1^m,435$.

Quelques observations de M. Donckier établissent la progression des chutes pluviales pour des localités très-voisines, mais de hauteurs différentes. Nous en citerons seulement quelques-unes, en y joignant Bruxelles.

ÉPOQUES.	LIEUX D'OBSERVATION Cotés au-dessus du niveau de la mer.					
	BRUXELLES. Cote 50.	LIÉGE. Cote 60.	GOÉ. Cote 200.	HERBIESTER. Cote 250.	HESTREUX. Cote 380.	BARAQUE MICHEL Cote 644.
	Mill.					
Juillet 1864.	9,52	24,70	30,85	37,05	40,31	76,48
Août »	60,02	91,30	102,75	116,35	121,47	143,75
Septembre »	74,93	87,73	88,20	89,25	93,97	112,48
Octobre »	36,45	16,93	29,10	33,00	35,75	55,80
Novembre »	35,89	43,80	64,40	58,50	74,90	79,50
Décembre »	8,02	7,90	5,85	6,30	5,30	9,95
Janvier 1865.	60,49	85,18	102,65	109,90	130,61	141,00
Février »	78,88	64,55	99,05	106,15	117,35	148,00
Mars »	46,92	77,55	107,80	188,55	132,55	161,00
Avril »	6,40	7,77	17,00	16,40	26,40	33,90
Mai »	61,78	52,71	61,70	51,45	58,00	91,60
Juin »	18.52	23,81	30,85	29,55	31,00	34,00
	497,82	583,93	740,20	842,45	867,61	1,087,46

Concluons donc que certaines tendances météorologiques sont bien accusées, sans que la loi qui les régit puisse être formulée, tout au moins dans l'état actuel de nos connaissances. La détermination du volume de la Gileppe ne pouvait donc se faire par cette méthode d'induction.

Il résulte toutefois de l'ensemble de ces réflexions, sur des faits peu contestables, que les chutes d'eau, aux points élevés du pays, sont assez bien parallèles et supérieures à celles que l'on a pu mieux observer, et, depuis plus longtemps, à Bruxelles. En sorte que l'année 1864, la plus sèche à Bruxelles depuis 1833, puisqu'elle n'a donné que $0^m,446$ de pluie, a correspondu probablement à une très-grande pénurie d'eau dans le bassin de la Gileppe. Or, les débits mesurés directement par Donckier vont de septembre 1863 à septembre 1865, comprenant ainsi toute l'année exceptionnelle de 1864 et une partie de 1865, rela-

tivement peu favorisée aussi, puisqu'elle n'a donné à Bruxelles que $0^m,64$, au lieu de la moyenne $0^m,72$.

Le jaugeage direct de la rivière, qu'une sage décision préféra à des déductions analytiques peu concluantes, a été exécuté dans des circonstances qui rendent dignes de confiance pour l'avenir les résultats des investigations faites à une époque où l'on était pressé par les besoins, toujours plus grands, de l'industrie verviétoise.

Tous ceux qui ont pratiqué des jaugeages de rivière savent combien ces opérations sont pénibles, difficiles et parfois trompeuses; on a vu récemment estimer de bonne foi à $1,200,000^{m3}$ la valeur de l'Ourthe, qui descend souvent à 70,000, et baser sans crainte, sur ce débit fictif, une prise journalière de $400,000^{m3}$. De telles illusions ne pouvaient appartenir à M. Bidaut. Si, comme il le dit lui-même dans ses rapports au ministre, il pouvait croire *à priori* que le produit de la Gileppe atteindrait au moins $3,000,000^{m3}$ en moyenne, les mêmes garanties n'existaient plus pour les $17,000,000^{m3}$ réclamés par la distribution industrielle et venant se greffer sur la première application, limitée au maintien de l'étiage dans la Vesdre. Cette incertitude, qui est parfois un signe de force chez l'ingénieur, était justifiée, puisque les jaugeages n'ont donné, en 1863-64, que $23,302,840^{m3}$; en 1864-65, $19,808,420^{m3}$, dont il faut encore défalquer l'évaporation du lac, plus peut-être 5 %, dus à l'emploi des formules de de Prony. On se fût trouvé de prime abord en face d'un déficit, si heureusement cette année, bien choisie au point de vue des expériences, ne constituait un cas tout-à-fait rare de sécheresse.

Le plan d'observations devait donc comprendre les chutes pluviales, dont nous avons indiqué les principaux résultats, et les débits de la Gileppe, à Béthane.

Nous croyons bien faire de reproduire ici les principales expériences de M. Donckier, parce que, indépendamment de leur cachet évident de sincérité et de leur rapport avec le but important qu'elles visaient, elles confirment une fois de plus l'exactitude des formules de Darey et Bazin.

Un chenal, destiné à recevoir les eaux de la Gileppe, fut

établi à Béthane, à quelques mètres de son confluent avec la Vesdre. On se servit d'abord d'un type à section rectangulaire de 4 mètres de largeur sur 9 mètres de longueur. Quatre échelles étaient placées sur les parois verticales du pertuis ; la moyenne de leurs indications était acceptée comme hauteur de la nappe d'eau. On fit d'abord des expériences assez nombreuses pour déterminer, par la simple lecture des hauteurs, la vitesse superficielle de l'eau. On lançait pour cela des flotteurs à l'amont du pertuis, et l'on comptait, aussi exactement que possible, le temps de leur passage, au moyen d'une montre dont les battements étaient espacés de 0″,4. On prenait la moyenne d'une dizaine d'observations ; la vitesse V superficielle étant ainsi connue, on avait la vitesse moyenne v par la formule de de Prony.

$$\frac{v'}{V} = \frac{V + 2,3719}{V + 3,1531}$$

Les vitesses, la section, le débit devenaient donc fonctions des hauteurs moyennes : on dressa des tableaux pour abréger les calculs. Les observations furent répétées plusieurs fois par jour, donnant chaque fois le débit par seconde : une moyenne arithmétique fournissait dès lors les éléments du débit total d'un jour. Ces résultats furent représentés graphiquement, en comptant 20 millimètres pour un jour sur les abscisses et 100 millimètres sur les ordonnées, par mètre cube débité par 1″ (86,400 par jour). Ainsi $100^{mm} \times 20$ représentait $86,400^{m^3}$ par jour, et chaque millimètre carré compris entre les courbes du débit représentait $43^{m^3},2$.

A partir du 28 mai 1864, le pertuis fut modifié, et on lui donna la section d'un trapèze isocèle à bases de 1 mètre au fond et de $5^m,31$ au sommet, pour une hauteur de $1^m,87$. Quatre échelles fixées aux parois donnèrent les hauteurs verticales en centimètres. La même marche fut d'ailleurs suivie pour les observations. Seulement on rechercha avec plus de soin la relation des hauteurs lues avec la vitesse superficielle. On établit 120 séries d'expériences, comprenant

chacune 10 essais au moins, d'où l'on conclut la formule parabolique du 4e degré :

$$\sqrt{h} = a\mathrm{V} + b\mathrm{V}^2$$

ou $$\mathrm{V} = -\frac{a}{2b} + \sqrt{\frac{a^2}{4b^2} + \frac{\mathrm{V}\,h}{b}}$$

dans laquelle $a = 0{,}08136$

$b = 0{,}05946$

En effectuant les calculs numériques, on obtient :

$$\mathrm{V} = -0{,}68417 + \sqrt{0{,}46808 + 16{,}818\sqrt{h}}.$$

On arriva ainsi à formuler, dans des tableaux, le rapport des hauteurs lues avec les vitesses à la surface de l'eau. La vitesse moyenne se déduisait ensuite des formules de de Prony, et, comme nous l'avons exposé plus haut, des observations multipliées pendant un jour permettaient de fixer assez exactement le volume quotidien débité par la Gileppe.

On peut remarquer que ces débits sont extrêmement variables : la rivière a toutes les allures d'un torrent. Ainsi, par exemple, le 28 octobre, le débit était un minimun absolu peut-être, vu la grande sécheresse de l'année : on avait seulement 2,380 mètres cubes; le 24 décembre, on atteignait 848,530 mètres cubes, c'est-à-dire 360 fois plus.

Le premier chiffre nous suggère une remarque qui, dans beaucoup de cas, a son importance. Dans l'application des eaux vives soit à l'alimentation, soit à l'irrigation, soit à la création de forces motrices, on a grand intérêt à connaître le minimum assuré à ces usages, c'est-à-dire le débit d'étiage. Par de nombreuses constatations personnelles, nous avions formulé, pour les terrains ardennais de notre pays, $\frac{0.03 + 10000}{365}$ par hectare de bassin, soit environ $0^{m3}{,}85$. Pour les 4,000 hectares de la Gileppe, on aurait 0,85 + 4,000 = 3,500 mètres cubes. Donckier a trouvé moins encore, mais dans une année absolument exceptionnelle.

Nous avons vu aussi combien sont laborieux les calculs du

débit par un chenal. Outre beaucoup de chances d'erreurs dans les observations, il y en a de très-importantes, qui tiennent à l'inexactitude même des formules. Ainsi, Donckier ayant adopté, pour la comparer avec celle de de Prony, la formule de Darey et Bazin,

$$\frac{v}{V} = \frac{1}{1 + 14\sqrt{0{,}00019\left(1 + \frac{0{,}07}{R}\right)}}$$

où R représente le rayon moyen, c'est-à-dire le quotient de la section par le périmètre mouillé ; les résultats nouveaux sont à peu près de 5 °/o inférieurs aux premiers. Donckier a pu vérifier par empotement les faibles débits de la Gileppe, lorsque la hauteur dans le chenal ne dépassait pas $0^m,05$, et les a trouvés conformes à ceux que donne la formule de Darey. Pour notre compte, nous avons très-souvent vérifié son exactitude exclusive dans l'application au débit des tuyaux de distribution d'eau.

Enfin, qu'on veuille bien nous permettre une dernière observation. N'y aurait-il pas lieu de préconiser, dans des cas analogues à celui de la Gileppe, un mode de jaugeage aussi simple qu'exact, reposant sur le titrage hydrotimétrique de l'eau? On sait combien ce mode d'analyse est prompt, et quelle précision l'on peut atteindre, pour ainsi dire, à volonté. Or, lorsqu'il s'agit surtout d'eaux aussi pures que celles de la Gileppe, titrant peut-être (nous l'ignorons de fait), 2° à 3°, l'introduction dans la masse à jauger d'un faible volume d'une eau très-calcaire suffit pour modifier le titre de l'ensemble, au point que la déduction du volume devient aussi facile que rigoureuse. Ainsi, par exemple, supposons que, dans le cas d'une très-forte crue, on introduise pendant quelques secondes, dans le courant, 100 litres par 1″ d'une eau calcaire titrant 25° (et c'est un faible titre); les indications hydrotimétriques étant, avant et après le mélange, 2° et 2°,2, on en conclut un volume de 11,500 litres par 1″ ou $993{,}600^{m3}$ par jour, en supposant que les 100 litres du mélange aient été empruntés à la rivière même.

Nous avons choisi le cas extrême, où la puissance du

ruisseau est à son maximum, c'est-à-dire lorsque le chenal même a été impuissant à constater le débit. On comprend d'ailleurs que ce procédé pourrait n'être employé que pour établir, d'une façon indépendante de l'emploi incertain de flotteurs et de formules, la relation exacte entre les hauteurs d'eau et le débit.

Ajoutons tout de suite qu'il ne s'agit pas ici d'une simple spéculation théorique. Il s'agissait de jauger, pour un château des Ardennes, un ruisseau d'une importance égale au moins à celle de la Gileppe (55 litres par 1″ à l'étiage). L'un de nous se servit de l'analyse chimique aussi bien que des températures pour contrôler avec succès la formule des déversoirs et des chenaux employés concurremment au mesurage direct; une source calcaire fournissait ici naturellement les éléments de comparaison par sa teneur en sels et par sa température plus élevée.

Pour faciliter la comparaison des volumes débités par la rivière et mesurés au pertuis de Béthane avec les quantités d'eau tombées sur le bassin, il a été dressé des tableaux graphiques, dont nous donnons un exemple pl. 1.

Dans ces tableaux, les temps sont mesurés horizontalement; un jour est représenté sur les abscisses par une longueur de 2 1/2^{mm}, soit, pour une heure, $\frac{0,0025}{24} =$ 0^{mm},00014666. Chaque droite verticale des divisions du papier correspond au minuit de chaque jour.

Les volumes débités par seconde sont mesurés sur des verticales, 1$^{m^3}$ par 1″ est figuré par une longueur de 0,0125, soit cinq divisions du papier, en sorte que chacune représente 200 litres. Les points représentant les diverses observations sont reliés entre eux; l'aire de cette courbe, prise jusqu'aux abscisses, donne la quantité d'eau débitée; cette surface est hachurée sur le plan. Chaque division superficielle du papier représente ainsi un débit journalier de $\frac{86400}{5} =$ 17280$^{m^3}$.

Les pluies sont représentées en traits noirs par un système analogue. En multipliant l'épaisseur de la nappe d'eau tombée chaque jour par 40,000,000, chiffre qui représente

le nombre de mètres carrés du bassin, divisant ensuite par 86400, on obtient le volume d'eau en mètres cubes qui serait tombé par seconde, si la pluie avait été uniforme. Cette quantité est réduite à l'échelle du tableau graphique, comme il a été dit pour les produits de la Gileppe.

Le tableau de la planche 12 s'applique aux quatre premiers mois de 1864.

En résumé :

Les jaugeages ont donné pendant la 1re année (septembre 1863 à septembre 1864), 23,302,840m3, et pendant la 2e année (septembre 1864 à septembre 1865), 19,808,420m3. Nous avons indiqué pour quelles raisons ce chiffre fut jugé satisfaisant, malgré une dépense prévue de 17,000,000m3. De plus, tenant compte des périodes de sécheresse, où le rendement de la Gileppe est inférieur aux besoins, on conclut qu'une capacité de 12,000,000m3 d'eau constituait une réserve suffisante, renouvelée deux fois dans les années moyennement pluvieuses.

CHAPITRE III.

CHOIX DE L'EMPLACEMENT DU BARRAGE.

Le volume d'eau nécessaire étant assuré, il importait désormais de savoir s'il fallait employer un bassin unique, ou disséminer ce volume dans plusieurs réservoirs.

Plusieurs avant-projets provisoires avaient permis de constater immédiatement que le prix de revient du mètre cube de capacité augmente considérablement quand la hauteur du barrage diminue. Dans la vallée de la Gileppe, une diminution de 1/5 en hauteur réduit des 2/5 le volume emmagasiné. Ainsi, pour les divers endroits spécialement étudiés, il fallait un barrage unique de 45 mètres, ou 4 barrages de 29 mètres, pour une même retenue de 12 millions de mètres cubes.

La seule considération qui eût pu faire préférer des

barrages multiples se déduit du danger que pourrait présenter un barrage très-élevé.

L'auteur du projet écarta toutefois cette considération. Il fit observer que la rupture possible d'un barrage de 29 mètres entraînerait des conséquences presque aussi désastreuses que celle d'un barrage de 45 mètres; que cette rupture, se produisant au barrage supérieur, entraînerait probablement celle de tous les autres. D'autre part, il est bien plus aisé de trouver un seul emplacement présentant toutes les garanties de solidité.

La hauteur de 45 mètres n'est pas d'ailleurs sans précédent. Le barrage d'Alicante compte près de trois siècles d'existence et mesure 41 mètres. Celui du Furens, en construction pendant les études de la Gileppe, devait mesurer 50 mètres.

Le barrage unique étant admis, le choix de l'emplacement est déterminé surtout par les conditions de stabilité d'assise, d'incompressibilité et d'imperméabilité des roches.

Or, la vallée de la Gileppe présente, de l'amont à l'aval, les terrains ci-après (voir la carte géologique, pl. 1):

Terrain ardennais: système *revinien* sur 7,500 mètres et *salmien* sur 1,100; phyllades, quartzites et quartzo-phyllades très-imperméables.

Terrain rhénan: système *gedinnien* sur 2,200 mètres, composé de poudingues, puis de grès et psammites, et de quartzo-phyllades et schistes, dont l'alternance rend l'ensemble imperméable.

Terrain anthraxifère: *système eifélien*, *étage quartzo-schisteux* sur 550 mètres, composé de poudingues et, à la base, de grès et psammites, de schistes rouges terreux et d'arkose, le schiste rendant l'ensemble imperméable.

Enfin, sur 250 mètres aboutissant à l'embouchure de la Gileppe, l'*étage calcareux* du même système, composé de calcaire et de dolomie perméables et caverneux, avec quelques petits lits de schistes calcareux.

En examinant cet ensemble, on voit immédiatement que le barrage ne pouvait être construit qu'à une distance convenable du confluent, pour éviter des roches très-perméables.

Une autre considération s'imposait : c'était de choisir dans la vallée une section relativement rétrécie, en sorte que le barrage fût moins long et, partant, plus résistant.

A une distance de 1,500 mètres environ de l'embouchure de la rivière, la vallée présente, sur 600 mètres de longueur, un rétrécissement continu, auquel succède à l'amont un épanouissement considérable, augmenté par l'existence de vallons latéraux.

L'étude se limitant ainsi de plus en plus, on arriva bientôt à préférer placer le barrage dans la partie aval de ce rétrécissement, à la partie supérieure du système gedinnien. De puissants bancs de grès et de psammites y garantissent la solidité de l'assise ; ils alternent avec des lits de schistes, que l'action lente de l'eau transformera en argiles. Des roches solides assurent la base et l'encastrement latéral : les lits schisteux garantissent l'imperméabilité.

En amont de ce point commence la partie moyenne du même système, dont les roches offrent trop peu de résistance.

D'autres conditions, plus ou moins de détail, s'imposaient également :

Placer l'axe du barrage normalement aux deux flancs de la vallée, ainsi les résistances tendent à devenir égales.

Chercher à ce que cet axe soit en même temps parallèle aux strates, ainsi la même nature de roches se continue dans une section transversale. Les filtrations sont moins faciles, parce que le barrage s'introduit entre les bancs, sans en altérer l'homogénéité.

Choisir enfin une place aussi régulière que possible, sans dépression, sans relèvement prononcé. Ainsi les roches en aval présentent moins de chances mauvaises d'ondulation ou d'anfractuosités.

Enfin, de tous les projets réunissant, dans ces limites restreintes, les conditions essentielles, il fallait préférer le moins coûteux : c'est celui qui vient d'être terminé.

Des recherches géologiques nouvelles, des nivellements soignés ont complété cet examen. Les courbes de niveau ont été tracées de 2 en 2 mètres, en prenant d'abord pour repère un plan inférieur de 10 mètres au sol du barrage

et en rapportant plus tard les cotes à celles du nivellement général.

Ainsi la cote 10 du fond représente 241^{m},355 au-dessus de la mer.

CHAPITRE IV.

DESCRIPTION DU BARRAGE ET DE SES ACCESSOIRES

A. — INDICATIONS GÉNÉRALES.

Nous donnons, planche 2, le plan général du bassin de la Gileppe. Les lignes de niveau, espacées de 10 mètres, sont rapportées au plan arbitraire dont nous avons parlé.

Le barrage en maçonnerie fermant la vallée doit avoir, revanche comprise, environ 47 mètres.

Deux déversoirs, inférieurs de 2 mètres à la chaussée, empêcheront les eaux de s'élever jusqu'à la crète. La retenue réelle se maintiendra donc au niveau normal de 45 mètres. Le lac créé en amont est représenté sur notre plan par des hachures : il couvre 80 hectares 5 ares, et contient 12,238,916$^{m^3}$.

Les figures 1 et 2 de la planche 3 donnent le plan du barrage et la coupe de la vallée par l'axe du barrage.

Le mur est accompagné de divers ouvrages accessoires, dont les principaux sont :

Les deux déversoirs que nous venons de signaler, figurés en B et B′, pl. 3, fig. 1.

Deux galeries souterraines CC′ servent à effectuer la prise des eaux. Chaque galerie est accompagnée d'un puits DD′, qui a servi d'abord au percement, et par lequel on manœuvre aujourd'hui les vannes.

Nous passerons successivement en revue, dans ce chapitre, ces divers ouvrages.

B. — GALERIES.

Les galeries qui servent aux prises d'eau ont joué un rôle utile pendant la construction même du mur, en assurant l'écoulement des eaux du ruisseau. On ne pouvait songer à une dérivation, qui eût été extrêmement coûteuse. On n'a pas voulu non plus laisser dans la maçonnerie une brêche, comblée après coup; c'eût été s'exposer à des défauts d'homogénéité, funestes à la stabilité du mur et à son imperméabilité. Il était, en outre, plus prudent d'opérer la prise des eaux au moyen de galeries percées dans la roche, que par des ouvertures pratiquées dans le barrage à sa partie inférieure, dont le vide pouvait donner lieu à des tassements inégaux et à des filtrations. Telles sont les raisons qui ont porté à adopter, pour la Gileppe, le système déjà préconisé, du reste, dans les grands travaux analogues du Furens (Saint-Etienne) et du Tibi (Alicante).

On a adopté deux galeries, au lieu d'une: d'abord, pour que des réparations éventuelles fussent possibles; en second lieu, parce qu'une galerie unique aurait eu des dimensions exorbitantes. Afin d'éviter toute chance d'affaissement dans les roches destinées à supporter le barrage, les galeries l'ont contourné, de manière à s'en écarter de 100 mètres au moins. Le fond des galeries est établi à la cote 11,25. A l'entrée, comme à la sortie de la montagne, la galerie se poursuit par des tranchées à ciel ouvert, aboutissant, du côté amont, au fond de la vallée. Les puits ont une section intérieure utile de 3 mètres; la maçonnerie a $0^{m},50$ d'épaisseur.

La section des galeries a été déterminée de manière à permettre l'écoulement des eaux les plus fortes. Pendant la période des observations régulières, le maximum n'a pas dépassé 20^{m3} par seconde; mais des renseignements locaux laissent supposer que ce chiffre a pu atteindre 50^{m3}.

Or, pour une section de 6^{m2} et une charge d'eau de 1 mètre au départ, l'écoulement possible est de 13^{m3} par

galerie, soit 26^{m3} pour les deux. Pour réaliser le débit excessif de 50^{m3}, il faut une charge d'eau de 4 mètres.

Pendant la période de construction, on était certain d'avoir cette hauteur dans une seule saison : toute éventualité fâcheuse se trouvait donc conjurée.

Les galeries ont été maçonnées dans toute leur longueur : la voûte, en briques de $0^{m},36$, les pieds-droits en moellons dégrossis de $0^{m},30$.

Le percement des galeries a précédé tout le reste du travail. Nous avons déjà invoqué, à l'appui, la nécessité de ménager un écoulement aux eaux pendant la construction du mur. En outre, on a voulu obtenir, par là, des indications supplémentaires sur la composition des roches dans lesquelles devait être encastré le barrage.

Cette connaissance des roches a même paru si nécessaire, que l'adjudication des galeries a été divisée. La première partie fut adjugée le 25 février 1867 : elle comprenait le creusement des deux puits et de 280 mètres de galeries. Ce dernier chiffre fut ensuite porté à 466 mètres.

Le puits de la rive droite est descendu à $73^{m},67$, pour atteindre la cote 12; celui de la gauche, à $57^{m},70$. Ces deux puits ont été commencés le 1er avril 1867. En même temps, on attaquait les galeries par les œils amont et aval. La galerie droite fut poussée, en aval, à 94 mètres; en amont, à $96^{m},40$. La galerie gauche, à $126^{m},90$ en aval; à $126^{m},20$ en amont. En outre, on fit, par le puits de gauche, un avancement de $4^{m},80$ sur l'aval et de $18^{m},60$ sur l'amont.

Ces travaux furent terminés en mars 1868. Toutefois, le puits de la rive droite ne le fut qu'en septembre.

La seconde adjudication, comprenant le restant des galeries, fut faite le 18 mars 1868. Les travaux furent commencés au mois de juin de cette année et terminés en mai 1869.

Ces premiers travaux firent connaître plus intimement la nature des terrains. Le grès y intervient pour 64 %, le schiste pour 19, le psammite pour 17. L'alternance de ces éléments est à peu près régulière. La stratification est verticale. Il n'y a pas de salbande terreuse, mais des limés

ont rendu l'extraction plus facile. On n'a pas constaté de dérangements dans la stratification. En un seul point, à l'amont de la galerie de gauche, et à plus de 120 mètres de distance horizontale des maçonneries, on a traversé un filon très-pauvre de galène et de pyrite.

L'avancement moyen a été de $11^{m},25$ par mois pour chaque point d'attaque. On a trouvé peu d'eau, ou du moins elle disparaissait après quelques jours. Le boisage a été nul, sauf près des orifices.

On a employé $3^{k},87$ de poudre et payé 24 journées de mineur par mètre courant de galerie, c'est-à-dire, par mètre cube de vide, $0^{k},644$ de poudre et 4 journées de mineurs.

C. — DESCRIPTION DU BARRAGE PROPREMENT DIT.

Nous avons dit que la fixation du volume à emmagasiner, combiné avec les conditions d'un emplacement convenable dans la vallée de la Gileppe, ne laissait plus aucun doute sur la hauteur du barrage, fixée désormais à 45 mètres. On y ajouta 2 mètres pour prévoir l'inefficacité des déversoirs, ainsi que l'effet du vent et des gelées sur le lac. On réservait aux vagues une amplitude de 2 mètres, le réservoir supposé plein, de façon à ce que, dans aucune éventualité, la chaussée supérieure ne pût être envahie.

Pour qu'un barrage résiste à l'action lente et à la pression des eaux, il faut, avant tout, que l'encastrement dans les roches de flanc soit solide ; nous avons décrit le minutieux examen auquel M. Bidaut s'est livré, sous ce rapport, dans la vallée de la Gileppe. Il faut aussi que l'assise soit inébranlable, que la liaison soit intime entre le sol et la base de la maçonnerie ; nous indiquerons les précautions multiples prises dans ce but.

En admettant que l'exécution de ces conditions soit prévue, comme elle l'était amplement à la Gileppe, il reste encore à fixer deux points essentiels. Quelle sera la forme du barrage en plan ? Quel sera le profil dans une coupe verticale

correspondant à la plus grande hauteur, c'est-à-dire à l'ancien lit du ruisseau ?

La première question semble la plus facile et paraît, en tous cas, la moins importante à résoudre. Il s'agit, en effet, de voir si la forme arquée vers l'amont présente quelque avantage au point de vue de la résistance, c'est-à-dire si, formant voûte, elle peut déterminer, sous la pression ultérieure des eaux, le resserrement des matériaux et la consolidation du massif. M. Bidaut a probablement résolu cette question affirmativement, puisqu'il a courbé le barrage sous un rayon de 500 mètres. Cependant il n'a pas indiqué explicitement sa manière de voir à cet égard, et l'on peut admettre que cette forme n'est justifiée que par la grande prévoyance que l'on rencontre dans tous les détails de cette étude. Mais l'élasticité d'un grand massif, hypothèse déterminante du choix de la forme circulaire, est-elle bien réelle ? Jusqu'à quel point peut-on assimiler à une masse homogène cet assemblage de moellons et de mortier ? La forme de voûte suppose l'élasticité, c'est-à-dire la faculté de compression et de dilatation, ou bien une structure en pièces dont les joints se resserrent par la pression, ou bien une masse fibreuse, ou bien encore une disposition telle qu'on puisse la comparer à nos arches de pont, dont aucun appareil ne saurait se déplacer sans tendre à augmenter la résistance des voisins.

Il nous paraît qu'une élasticité quelque peu sensible des matériaux pierreux ne saurait être invoquée pratiquement que dans des cas particuliers, et notamment pour des pierres schisteuses taillées dans le sens du lit de carrière. C'est ainsi que M. J.-P. Schmit, professeur d'architecture industrielle à l'École de Liége, a pu constater des flexions très-sensibles sur des pierres de taille, flexions que nous avons constatées, à notre tour, sur des pierres du terrain ardoisier de Vielsalm. Mais M. Bidaut a bien plutôt considéré le barrage de la Gileppe comme une sorte de conglomérat artificiel, où il fallait empêcher les filtrations, que comme une masse élastique, sauf peut-être en ce qui concerne le mortier, pendant la période du tassement ; c'est-à-dire que

si la pression se fût exercée alors, aussi bien que 6 ans après, on aurait eu un fluement du mortier et une déformation du profil; mais, après un si long temps, la maçonnerie doit être devenue absolument rigide. En tous cas, rien n'atteste, dans l'expérience consommée aujourd'hui, une modification de la forme sous l'influence de la pression.

Pour déterminer le profil, M. Bidaut s'est principalement occupé de comparer les barrages d'Alicante et du Furens, le premier en service depuis près de trois siècles, le second dû aux études des ingénieurs français les plus éminents.

Le barrage d'Alicante a 41 mètres de hauteur; on lui a donné 34 mètres d'épaisseur au bas et 20 mètres au sommet. Au Furens, l'épaisseur à 41 mètres de profondeur est à peu près celle du barrage d'Alicante; mais à 56 mètres, profondeur qui correspond à la hauteur totale du barrage, l'épaisseur est de 50 mètres, tandis qu'au sommet, elle n'est plus que de 5 mètres.

Ces deux types représentent nettement les écoles espagnole et française. M. Bidaut a classé entre eux le barrage de la Gileppe. Il lui a donné 15 mètres au-dessus et 65^{m},80 à la base. En un mot, il a transigé avec le barrage espagnol, quant à la largeur de la chaussée, et il a augmenté, en revanche, l'empâtement déjà très-grand dans le type du Furens.

Nous donnons pl. III, fig. 6, 7 et 8, les profils comparés des trois barrages.

Les considérations qui ont guidé M. Bidaut dans l'acceptation de ces dimensions, en apparence exagérées, sont très-importantes à rappeler. Le Furens ne doit renfermer que 2,000,000 de mètres cubes, le bassin d'Alicante en contient 3,700,000. A la Gileppe, le volume dépassera 12,000,000 de mètres cubes, et pourrait même atteindre 14,000,000, dans l'hypothèse où les déversoirs seraient accidentellement insuffisants. « Or, dit M. Bidaut, si cette circonstance n'aug-
» mente pas les chances d'un accident, elle en rendrait au
» moins les conséquences plus funestes. »

D'un autre côté, les longueurs des 3 barrages sont très-différentes. Au lieu de 9 mètres seulement à la base, le

barrage de la Gileppe en a 82; au lieu de 60 et de 100 mètres, il en a 235 au sommet. « Or, dit encore M. Bidaut, la plupart » des ingénieurs pensent que les murs destinés à supporter » la pression de l'eau doivent être d'autant plus épais qu'ils » sont plus longs. »

Une fois le profil déterminé en principe par sa comparaison avec des types d'une valeur indiscutable, il restait à voir jusqu'à quel point les diverses conditions de stabilité se trouvaient réalisées.

Sur l'assise rendue inébranlable des fondations, on peut supposer un renversement par rotation autour de l'arète d'aval, ou un glissement le long du plan correspondant au niveau inférieur de l'eau. M. Bidaut admet que le poids de l'eau sur la surface d'amont s'ajoute au poids de la maçonnerie, et qu'ainsi la résistance à la pression serait celle d'un mur hétérogène, composé de maçonnerie dans le massif et d'une colonne d'eau qui le complète, en déterminant ainsi la ligne neutre qui, suivant la verticale du point d'attache en amont, le sépare de la poussée active des eaux.

Les efforts de l'eau sur le mur ont donc un effet double: leur composante horizontale tend au renversement autour de l'arète d'aval; leur composante verticale y porte obstacle, en déplaçant le centre de gravité du mur, et ajoute du même coup à la résistance au glissement. Nous donnons, d'après M. Bidaut, les valeurs de ces divers efforts, et leur rapport, qui assure la stabilité du mur. Le poids de maçonnerie est estimé à 2,300 kil., dont voici le détail:

Un mètre cube de moellon pèse	2,640 kil.
Déduisant 1/3 pour les vides	880 »
Il reste . . .	1,760 kil.
Le mètre cube de mortier pèse 1,600 kil., soit pour 1/3 . . . . . , ...	533 kil.
Total. . .	2,293 kil.

Soit 2,300 kilogrammes en chiffre rond.

La section du barrage, dans sa plus grande hauteur, est de 1,770 mètres carrés. Un mètre de largeur, selon

l'axe supposé, donne un poids de $1,770 \times 2,300 = 4,071,000$ kil. A cette masse s'ajoute le poids de l'eau sur la face mouillée. M. Bidaut, s'étant donné un certain profil, sous l'impression de considérations étrangères, s'est demandé dans quel sens il convenait de l'appliquer à la Gileppe. Fallait-il placer le plus grand talus à l'amont ou à l'aval?

En disposant le profil de manière à mettre le grand talus en amont, c'est-à-dire à l'immerger, on trouve:

Le centre de gravité avec charge d'eau se projette à $31^m,44$ de l'arète d'aval (petit talus); le moment résistant est, dans ce cas, de 162,542,295 kil.

L'effort horizontal de l'eau, constant dans tous les cas, $= \frac{1000}{6} h^3$, ou $h = 47^m,70$, soit donc 18,088,555 kil. Le rapport de la résistance à l'effort est de 8.99 pour le renversement.

En retournant le profil, de manière à faire peser l'eau sur le petit talus, les mêmes calculs donnent:

Moment de la maçonnerie avec charge d'eau, le bras de levier étant de 41 mètres	177,900,271 kil.
Poussée de l'eau	18,088,555 »
Le rapport de la résistance à l'effort est de	9.83 »

Il y a donc avantage, en ne considérant que la tendance au renversement, à placer le petit talus en amont.

Voyons maintenant, dans les deux hypothèses formulées plus haut, quelle est la résistance du mur au glissement.

On sait que le coefficient 0,7 est généralement admis comme exprimant la relation du poids au frottement. Cet examen conduit à une conclusion inverse de la précédente, c'est-à-dire qu'il vaudrait mieux disposer le grand talus à l'amont.

En effet, la poussée de l'eau étant, dans les deux cas	1,137,645 kil.
la résistance avec le petit talus en amont est de	3,037,321 »
et avec le grand talus en amont	3,621,170 »

Dans le premier cas, on a le rapport 2,67; dans le second, 3,18.

En présence de ces résultats, contradictoires en ce sens que chaque disposition offre des avantages particuliers, M. Bidaut trancha la question par l'examen de la pression maxima sur la base, laquelle se produit, dans les deux cas, au pied du petit talus (arète la plus rapprochée du point d'application sur la base de la résultante de la pression de l'eau combinée avec le poids du mer.)

Lorsque le petit talus est noyé, on a par cent. carré $8^{k},96$.

Lorsque le grand talus est noyé, on a par cent. carré $11^{k},47$.

Dans les deux cas, ces pressions sont déjà assez grandes; M. Bidaut préféra naturellement la moindre, définitivement le petit talus pour la face d'amont.

Nous achèverons de montrer, par un détail curieux, la profonde sagacité qui a présidé à cette étude.

« Les conditions de stabilité que nous venons de donner, » dit M. Bidaut, se rapportent à un travail parfait. Or, » les barrages parfaits n'existent pas; *tous, au début* » *surtout, laissent passer de l'eau, soit sous forme de* » *suintements*, soit même sous forme de jets. »

M. Bidaut faisait siennes les paroles de Minard, dans son traité sur les canaux. Nous les reprenons, à notre tour, avec une conviction d'autant plus grande, qu'ayant vu l'œuvre réalisée, nous y avons constaté les filtrations prévues, sans que ce fait entache en rien la réputation des habiles entrepreneurs du barrage.

Des suintements se sont montrés dès la mise en charge; ils ont atteint, nous a-t-on dit, progressivement jusque 20^{m3} par jour; ils ont cessé depuis ou sont devenus insignifiants, probablement parce que le contact même de l'eau était nécessaire pour développer dans le mortier hydraulique toute son efficacité.

Quoi qu'il en soit, l'hypothèse défavorable avait été prévue dans l'étude première. M. Bidaut avait admis qu'une tranche d'eau, s'introduisant dans la maçonnerie, diminuerait le poids de celle-ci, comme si elle eût été plongée tout entière dans l'eau. Les résistances décrites plus haut étaient donc réduites comme si, au lieu de

2,300, la maçonnerie n'eût pesé que 1,300. Cependant les rapports de la puissance à l'effort restaient,

Pour le renversement 5,04
Pour le glissement 1,42

« Ainsi, disait M. Bidaut, dans ce cas défavorable, la » stabilité du mur continue à être assurée. » Soit dit en passant, nous trouvons dans ces chiffres et dans ces paroles une preuve nouvelle de ce fait que, donnant à la maçonnerie des proportions si grandes et des soins si minutieux, M. Bidaut envisageait souvent le problème, moins comme ingénieur que comme initiateur en Belgique d'une idée féconde, qui ne pouvait devenir populaire que par un succès éclatant. Il le prévoyait bien en écrivant, dans un rapport au ministre des travaux publics :

« Si l'on était porté à croire, d'après les données qui pré- » cèdent, que le mur projeté a des dimensions excessives, il » suffirait, pour justifier ces dimensions, de se rappeler que » des intérêts considérables sont attachés à sa conser- » vation ; qu'il est nécessaire de lui imprimer un caractère » de durée aussi indéfinie que faire se peut ; qu'il est » impossible de faire de grosses réparations à un pareil » ouvrage ; que c'est la première fois *qu'un travail aussi* » *considérable par l'ensemble de ses dimensions* aura été » exécuté ; que c'est le premier barrage qui sera érigé » en Belgique, et qu'il est nécessaire de rassurer le » moral des populations, pour empêcher que, comme à » Eupen, des craintes, que l'on peut rendre chimériques, » ne viennent entraver l'exécution d'un travail indis- » pensable. »

L'homme est tout entier dans ces lignes ; ingénieur aussi distingué qu'il se peut, il modère cette qualité, pour la subordonner à une grande préoccupation sociale. Ce n'est pas un problème scientifique qu'il veut résoudre ; l'ingénieur s'efface un instant, pour satisfaire à des conditions générales que les hésitations d'Eupen et le refus formel du gouvernement prussien rendaient plus impérieuses à l'égard de la Belgique, fixée depuis longtemps quant à la valeur du projet.

Il y a, en outre, un très-important argument à produire : c'est que, dans la construction de son mur, M. Bidaut a admis l'éventualité d'une surélévation possible; par suite de l'introduction de la Hoëgne et de la rivière dite *Fossé d'Eupen*, le volume des eaux accumulées derrière le barrage pouvait s'élever notablement, et les dimensions prévues l'ont été de telle manière que l'on n'aurait pas, dans ce cas, à regretter d'avoir fait une œuvre strictement suffisante aux besoins immédiats.

D. — DÉTAILS D'EXÉCUTION.

Pendant les études mêmes du barrage, le terrain avait été examiné par des sondages, et dans le flanc de la vallée, où existent des alluvions, par des tranchées longitudinales et transversales.

Ces recherches ont fait reconnaître que, sous les alluvions et les terres mélangées de pierres, une certaine portion des roches primitives se trouvait désagrégée.

Toutes les parties altérées ont été enlevées d'abord, et les fondations proprement dites ont été pratiquées dans la roche vive, en proscrivant rigoureusement l'emploi de la poudre.

Les fouilles sont disposées par gradins horizontaux, descendus de 1 mètre au moins dans la roche non altérée. La figure 2 de la planche 3 montre la disposition prévue pour ces gradins, d'après le résultat des sondages. Toutefois le cahier des charges de l'entreprise réservait au gouvernement le droit de modifier ces dispositions, lors de l'exécution, selon l'état dans lequel on trouverait les roches après l'enlèvement des terres. Ainsi, au fond de la vallée, les fondations prévues en gradins ont été descendues uniformément à la cote 8; sur les flancs de droite et de gauche, à la partie aval de l'emplacement du barrage, un banc de psammite, décomposé sur une forte épaisseur, a été découpé en partie et remplacé par des maçonneries non prévues d'abord.

Les gradins d'assise sont en outre recoupés par des

excavations transversales au vallon, s'étendant tant au fond que sur les flancs des collines, où sont encastrés des massifs d'enracinement en maçonnerie, au nombre de cinq, ayant pour but de s'opposer au glissement du barrage et surtout d'éviter les filtrations aux surfaces de contact de la maçonnerie avec la roche; le projet avait prévu les enracinements du milieu (figurés en V, fig. 8, pl. 3), en cercles concentriques suivant la forme générale du barrage. Lors de l'exécution, on a choisi, pour les établir, les bancs les plus tendres (schistes et psammites); ils s'enfoncent dans ceux-ci, de $0^m,40$ en moyenne, entre les bancs de grès, et suivent la direction de la stratification.

Outre ces enracinements, le barrage est accompagné de deux empâtements indiqués fig. 1 et 8, par les lettres R et S, s'étendant le long du pied aval et du pied amont, et faisant corps avec le massif principal.

Les parties sous le sol de ces empâtements offrent, vers les terres et du côté opposé au barrage, une série de redans. Dans les parties supérieures, un certain nombre d'alignements remplacent ces redans, en formant une ligne brisée, à peu près parallèle à l'arête d'intersection du barrage et des collines.

La face supérieure de ces empâtements offre, sur les deux flancs des collines, une série de gradins, au nombre de 6 pour chaque mètre de hauteur, formant ainsi sur chaque côté du vallon, à l'amont comme à l'aval du barrage, des escaliers qui permettent la communication facile entre le haut et le bas; l'empâtement d'amont est en outre bordé, sur le côté opposé au barrage, par un bourrelet en pierres de taille, qui forme une rigole, destinée à conduire au fond du bassin les eaux pluviales tombant sur la face du barrage ou celles provenant des deux collines.

L'empâtement d'aval est terminé par un mur en maçonnerie, remplissant le même office. Ce mur s'élève de 0,60 à 0,70 au-dessus de l'empâtement, et sa face supérieure forme une série de gradins de $0^m,50$ de hauteur;

il est couronné par une tablette en pierre de taille de $0^m,15$ d'épaisseur. Les eaux pluviales sont conduites jusqu'au bas de l'ouvrage, et viennent se déverser, par un glacis T (fig. 1), dans l'ancien lit de la rivière.

La crète du barrage a 15 mètres de largeur ; elle servira de communication entre les deux rives du bassin. Elle présente au milieu une chaussée pavée de 7 mètres de largeur et 2 trottoirs de 4 mètres. Les bordures sont en pierre de taille. Sur les bordures extérieures reposent des garde-corps, composés de pilastres en maçonnerie, de $6^m,50$ de longueur sur $0^m,80$ d'épaisseur, recouverts par des tablettes en pierre de taille, espacés entre eux d'environ 13 mètres et alternant avec des grillages en fer forgé (fig. 13).

Le massif principal du barrage et les enracinements sont établis en maçonnerie de libages et moellons bruts ; les parements sont en moellons piqués.

Les coussinets formant le pied du barrage à la réunion des empâtements avec le massif principal sont en pierre de taille, de même que l'assise de couronnement des parements d'amont et d'aval du mur à la cote 46 (pl. 3, fig. 9 à 12).

Le cube total des maçonneries du barrage est de $248,470^{m3}$, dont 208,413 jusqu'à la cote 46. Par suite du rétrécissement du mur en haut dans son profil transversal et de son allongement dans l'autre sens, chaque tranche horizontale du massif présente à peu près la même section de 5,500 mètres carrés.

Les pierres de taille sont en calcaire de l'espèce dite *petit granit;* nos dessins représentent les formes données à chacune.

Les moellons piqués des parements sont déposés par assises, variant entre elles d'épaisseur de $0^m,45$ à 0^m30, alternativement en boutisses et en parpaings, respectivement de $0^m,60$ et de $0^m,40$ de queue; ces moellons proviennent de la localité, de carrières situées à Béthane, sur la rive droite de la Vesdre, en face de l'embouchure de la Gileppe. Les moellons bruts employés pour la maçonnerie

intérieure étaient prévus en calcaire et en grès de la localité ; le schiste et le psammite avaient été exclus. Le cahier des charges prescrivait que les plus gros moellons devaient pouvoir être maniés par un seul ouvrier. Il interdisait d'ouvrir des carrières à moins de 500 mètres en aval du barrage, si leur plafond n'était pas supérieur à la cote 60. Des carrières de grès ont été ouvertes à ce niveau supérieur et exploitées à plus de profondeur seulement aux endroits où la roche devait être déblayée pour les déversoirs. Quelques déchets de moellons calcaires ont seuls été employés.

La maçonnerie a été établie, non par assises réglées, mais en laissant de tous côtés des redans, afin que l'ensemble formât un massif bien relié, compacte et parfaitement étanche. Les reprises de maçonnerie se faisaient de $0^m,80$ à $0^m,90$. Les moellons piqués des faces étaient d'abord posés, en suivant exactement le tracé des courbes au moyen d'ordonnées élevées sur la ligne d'axe ; derrière eux étaient disposés des moellons bruts à peu près normalement aux faces ; on remplissait ensuite le milieu. A chaque reprise, la maçonnerie était soigneusement nettoyée : on y étendait un lait de mortier assez liquide pour que des balais le fissent entrer dans tous les joints.

Les moellons ont été maçonnés à bain fluant de mortier. Ce mortier était composé de cinq parties de chaux éteinte, quatre parties de sable et une de trass.

La chaux employée devait être éminemment hydraulique. Elle était essayée chaque jour à l'aiguille de Vicat. Eteinte et immergée sans mélange à l'état de pâte forte, elle devait, du 2e au 4e jour, devenir assez résistante pour supporter, sans dépression sensible, une aiguille d'épreuve en acier de 0,0012 de diamètre, limée carrément à son extrémité et chargée d'un poids de 300 grammes.

Avant la rédaction du cahier des charges de ces travaux, des recherches ont été faites dans les localités voisines, afin de s'assurer si ces localités, dont le terrain renferme, comme nous l'avons vu, du calcaire, pouvaient produire la chaux hydraulique nécessaire.

Dans la vallée de la Vesdre, à une lieue du barrage, il existe des bancs de calschiste pouvant donner, par une cuisson convenable, de la chaux éminemment hydraulique. Ce fait a été constaté par divers essais, mais il a été reconnu aussi que ces bancs sont faibles et varient souvent de composition sur une petite étendue. On ne pouvait être certain d'en tirer assez abondamment une chaux de qualité constante pour l'exécution d'un travail aussi considérable.

Dans les environs de Tournay, le terrain carbonifère renferme des bancs calcaires excessivement puissants, de composition très-peu variable, et fournissant une chaux éminemment hydraulique. Ces bancs sont exploités par des carrières ouvertes, et outillées de manière à produire au besoin des quantités très-grandes de chaux d'une composition constante. Ces considérations ont porté à préférer la chaux de Tournay. Néanmoins les entrepreneurs restaient libres de rechercher ailleurs des chaux équivalentes. En fait, ils n'usèrent pas de cette faculté et préférèrent se fournir à Tournay. La chaux faisait généralement prise entre 36 heures et 48 heures.

La chaux devait être amenée à pied d'œuvre bien cuite, non éventée. Dans les vingt-quatre heures après son arrivée, elle était éteinte par aspersion, passée à la claie, puis maintenue sous hangar jusqu'à son emploi, qui ne pouvait être retardé que de quatre jours après l'extinction.

Le sable employé pour la confection du mortier hydraulique doit surtout être parfaitement exempt de matières terreuses. Quelques localités des environs en offrent de petites quantités dans ces conditions; ainsi, à 10,000 mètres du barrage, il existe un dépôt de sable du terrain crétacé, système aachénien, très-pur. Un autre sable se trouve dans les environs du barrage; il provient de la décomposition de banc d'arkose du système eifelien. Mais une partie de celui-ci est trop gros, et aurait dû subir un broyage ou un lavage. En somme, on ne pouvait compter sur les quantités régulières nécessaires au travail, et l'on a eu

recours au sable de la Campine, remarquable par sa pureté.

Le trass provenait des environs d'Andernach. Il a dû être fourni en roches et non en poudre. Sous cette dernière forme, le trass est, en effet, sujet à des altérations rapides par l'humidité. En outre, les falsifications eussent été plus difficiles à reconnaître.

Le cahier des charges prescrivait l'emploi de broyeurs mécaniques pour la confection du mortier. Le mélange est ainsi plus intime et l'usage du trass en roche devenait possible.

L'appareil employé était un broyeur à meules verticales en fonte, tournant librement autour d'un axe horizontal, qui peut s'élever ou s'abaisser dans deux glissières. Les meules agissent ainsi, de tout leur poids, sur le fond d'une cuve circulaire en fonte, montée sur un axe central vertical, et portant en-dessous un engrenage d'angle, auquel un pignon communique le mouvement de la machine. Les meules roulent par adhérence, et des rateaux reportent la matière à broyer dans le champ de leur action. Le trass était d'abord réduit en morceaux de la grosseur du poing par un concasseur spécial.

Le dosage des éléments se faisait par brouettes contenant un hectolitre, pour la chaux éteinte ainsi que pour le sable. Quant au trass, la proportion introduite était rapportée au volume du trass en poudre. d'après cette observation que le trass en morceaux pèse environ 20 % de moins que le même volume en poudre.

Ces matières, amenées près du broyeur, étaient d'abord mélangées grossièrement à la main, puis versées dans la cuve, où un tuyau perforé amenait l'eau dans la proportion nécessaire.

E. — DÉVERSOIRS ET TRAVAUX ACCESSOIRES.

Nous avons dit d'une manière générale que les déversoirs étaient destinés à prévoir l'écoulement des eaux, quand le bassin serait rempli. Ce sont deux tranchées faites

dans les roches, sur les deux flancs des montagnes. Elles sont représentées fig. 1, pl. 3, en B et B'.

Ce système est généralement le meilleur. Laisser tomber les eaux par une brèche ménagée au sommet du massif eût exposé la maçonnerie à des dégradations presque inévitables.

On admit deux déversoirs, afin de prévoir la possibilité de réparations, et aussi parce que l'excavation à laquelle ce travail donnait lieu devait permettre d'établir, à proximité du barrage, des carrières utiles à la construction du mur. Cette considération a décidé des dimensions telles que les éventualités extrêmes fussent prévues; de sorte que, dans aucun cas, l'eau n'atteindra la crête du barrage, qui se trouve à deux mètres au-dessus des déversoirs.

Nous avons vu que le débit le plus fort de la Gileppe ne pouvait dépasser 50^{m3} par $1''$. Or, chaque déversoir, ayant 25 mètres de large, suffirait pour écouler 125 mètres cubes, sous une charge d'eau de 2 mètres. On voit que ces installations sont largement suffisantes. Les plus fortes vagues même ne pourraient projeter l'eau par-dessus la crête.

La largeur de 25 mètres est celle du plafond. Les talus sont de 1 pour 4 de hauteur; au surplus, les terres de la surface sont déblayées de manière à ce qu'aucun éboulement ne soit à redouter. On a gardé partout une hauteur de roche d'au moins 2 mètres.

La pente varie entre 10 et 40 %.

Les points de départ sont aux deux extrémités de la chaussée formant le couronnement du barrage. Cette chaussée, horizontale sur toute la longueur, s'incline en rampe de 7 % vers le fond des déversoirs. Les trottoirs restent horizontaux. Celui d'amont est continué au-dessus des déversoirs par des passerelles métalliques, qu'une pile centrale vient supporter. (Pl. 3, fig. 2.)

Travaux accessoires. — Quelques travaux de moindre importance ont été nécessités par les circonstances.

Nous signalerons d'abord une route destinée à remplacer

celle qui occupait le fond de la vallée. Elle franchit la Gileppe sur un pont en maçonnerie, gravit la colline gauche, à côté du déversoir, et suit alors le bord du lac.

Une habitation a été construite pour le barragiste, à côté de la naissance du déversoir de la rive gauche.

F. — MARCHE GÉNÉRALE DES TRAVAUX.

Nous avons déjà esquissé, au début de cette notice, l'historique du barrage. Nous le compléterons ici par quelques renseignements.

Les travaux que nous venons de décrire ont été faits pour le compte de l'État. La ville de Verviers s'est chargée de tous appareils de prise d'eau et de la distribution dans son territoire ; un subside de 200,000 francs lui fut alloué par l'État, comme participation à la dépense occasionnée par les appareils servant en même temps à alimenter la Vesdre.

L'entreprise fut adjugée, en plusieurs fois, à MM. Braive et Caillet. L'exécution fut assez habile pour que l'État, lié seulement par les contrats primitifs jusqu'à la hauteur correspondant à la cote 46, conclût avec ses honorables entrepreneurs une nouvelle convention, qui leur livrait définitivement l'achèvement complet des travaux. Nous indiquons sommairement la succession chronologique des diverses périodes du travail.

19 avril 1869. — Adjudication des fouilles et des maçonneries jusqu'à la cote 46. Les déversoirs étaient compris dans cette partie.

La galerie de la rive gauche se trouve finie en juillet 1870 ; celle de la rive droite en mai 1871. Les maçonneries du barrage furent poussées activement à partir du 21 juillet 1870. — Interruption, le 22 octobre, à la cote 21, avec un cube de 14,775 mètres. En 1871, 80 à 100 maçons atteignent un cube de 60,000 mètres.

Reprise au mois de mars 1872. — En novembre, le cube est de 120,100 mètres.

A la fin de 1873, on trouve 172,860; en 1874, la première partie adjugée est terminée.

C'est alors que se conclut une convention nouvelle entre MM. Braive, Caillet et Cie et l'Etat. On décida l'exécution complète des plans primitifs pour un prix de forfait supplémentaire. La dépense de l'Etat atteignit ainsi 4,549,000 francs.

Les travaux de surélèvement furent commencés immédiatement et terminés le 1er novembre 1875, en même temps que le déversoir de la rive droite.

On voit que ces travaux importants ont été poussés avec une rapidité remarquable, due surtout à des installations bien entendues. Un chemin de fer à petite section reliait le barrage à la station de Dolhain, et amenait sur les chantiers la chaux de Tournay et le sable de la Campine, dont l'expédition journalière comportait 12 à 13 wagons. Ce chemin de fer traversait la vallée, passant en tunnel sous une colline, et retrouvait au-delà la route qui, remontant la Vesdre, va de Dolhain à Membach, en passant par le barrage de la Gileppe. Un autre chemin de fer traversait la Vesdre à Béthane, près de l'embouchure de la Gileppe, et servait au transport des moellons exploités sur la rive droite de la Vesdre.

Les installations se trouvaient à l'aval du barrage; elles comprenaient un concasseur à trass et six broyeurs à mortier, dont cinq étaient régulièrement en marche. Ces appareils étaient mus par une machine fixe de 40 chevaux, munie de deux chaudières. Cette machine servait en outre à manœuvrer les treuils commandant l'ascension des matériaux sur les plans inclinés établis à la face d'aval du barrage. Des chariots s'y mouvaient, et l'uniformité d'allures était obtenue par des contrepoids.

Le nombre de ces plans inclinés dut être porté à trois, pour suffire aux exigences du travail.

A côté de la halle des machines s'élevait un hangar à mortier de 1,600m³. Enfin, l'installation était complétée

par des forges, des ateliers de menuiserie et autres; un pavillon provisoire servit à installer les bureaux.

CHAPITRE V.

PRISE D'EAU DANS LE RÉSERVOIR DE LA GILEPPE.

A. — CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES.

Dès que la ville de Verviers fut autorisée, par arrêté royal, à pratiquer une prise d'eau dans le réservoir de la Gileppe, elle chargea son ingénieur-directeur de la distribution d'eau, M. Moulan, de dresser le projet des constructions et appareils.

La nouveauté d'un tel travail pour notre pays, l'importance des intérêts attachés au fonctionnement régulier et continu du service engagèrent l'administration communale à envoyer M. Moulan en Angleterre, avec la mission de s'enquérir de ce qui avait été fait de mieux dans des cas analogues.

Un projet de prise d'eau fut déposé le 16 décembre 1872.

M. Moulan restait dans les idées générales émises par M. Bidaut. Comme lui, il adoptait l'*obturateur d'amont*, auquel il donne le nom d'*appareil de tête*, et les *obturateurs d'aval*, appelés *appareils régulateurs ou de distribution*. D'après les indications de M. l'ingénieur en chef Carez, il plaçait, entre les deux obturateurs, un troisième appareil, dénommé *appareil de sûreté*, destiné à n'être manœuvré que dans certains cas et notamment en cas de dérangement de l'appareil de tête.

Le choix de la conduite qui pouvait être la galerie elle-même ou composée d'un ou de plusieurs tubes, avait été laissé en suspens par M. Bidaut. Cette question a été forcément résolue dans le sens d'une conduite en tuyaux de fonte, par suite de la nécessité de faire

remonter les eaux de $7^{m},25$ pour atteindre le radier de l'aqueduc.

En septembre 1874, MM. Bède et Cie, constructeurs à Verviers, furent déclarés adjudicataires de la partie métallique du travail. Le délai d'achèvement complet était fixé au 1er juin 1876.

B. — DISPOSITIONS GÉNÉRALES.

L'ensemble des travaux de la prise d'eau dans le réservoir de la Gileppe se présente sous la forme d'un fer à cheval contournant le barrage à l'aval. (Pl. III, fig. 1.)

Aux extrémités sont les prises d'eau N; au milieu E de la courbe se trouve la jonction des conduites des deux rives; un peu à gauche, sont branchées les conduites *k* devant alimenter Verviers et la Vesdre.

A la tête amont N de chaque galerie de prise d'eau, il est établi *une grille filtrante avec barrage à poutrelles.*

Les eaux traversent les grilles, circulent librement dans les galeries jusqu'à un premier serrement O, dit *serrement d'amont.*

Dans chacun des serrements sont encastrées *deux conduites en tuyaux de fonte de* 0,85, qui débouchent dans la partie supérieure de la galerie et se prolongent jusqu'à *la chambre des appareils.*

La chambre des appareils n'est autre qu'un agrandissement de la galerie; une excavation ménagée dans le sol permet d'y loger les *appareils de tête*, qui consistent en *une soupape automobile*, reliée vers l'amont aux conduites de 0,85, et vers l'aval, par un tronçon de tuyau de même diamètre, à *une soupape à double siége.*

L'axe de cette dernière soupape correspond à l'axe des *puits* D et D', dans lesquels sont établis les *appareils de manœuvre des soupapes.*

Dans les couches imperméables entièrement recouvertes par le barrage et à peu près dans le prolongement de son axe, les galeries sont fermées par un second serrement P, dit *serrement d'aval*, au travers duquel

passent deux conduites de 0,85, reliées aux soupapes à double siége.

Immédiatement à l'aval de ce serrement, il est placé sur chacune des conduites *une vanne de sûreté* V.

Les serrements d'aval sont, de plus, traversés :

1° *Par une conduite de* 0,20, qui part de chacun des puits et vient déboucher à l'aval des vannes de sûreté.

Cette conduite, munie de branchements et de vannes, permet l'inondation ou la vidange des puits; elle permet aussi d'équilibrer la pression sur les deux faces des vannes.

2° *Par une conduite de* $0^m,10$, branchée sur l'une des conduites de $0^m,85$, immédiatement au-dessus de l'appareil automobile, et destinée à transporter les eaux à l'aval des galeries, avec toute leur pression, pour faciliter la manœuvre de vannes et mettre en mouvement une turbine qui commande les manœuvres d'appareils.

3° *Par une conduite de* $0^m,10$, servant à la manœuvre des appareils automobiles, reliée par deux branchements à ces appareils et aboutissant à l'extérieur des galeries.

A la suite des vannes de sûreté, les conduites de $0^m,85$ sont posées jusqu'aux extrémités des galeries.

C'est suivant la droite qui réunit l'œil aval de la galerie de droite à l'œil aval de la galerie de gauche que se fait la jonction des conduites des deux rives.

Les conduites de la rive gauche s'inclinent, au sortir de la galerie, de $4^m,45$, de manière à passer sous le thalweg actuel de la vallée, afin de permettre l'évacuation des eaux du glacis ménagé au pied du barrage; à partir de la jonction, les conduites se relèvent jusqu'à l'œil aval de la galerie de droite, pour arriver à $2^m,80$ en contre-bas du radier de cette galerie, au niveau du sol de laquelle elles se redressent ensuite.

Sur la rive droite, dans une enceinte maçonnée, les quatre conduites se recourbent vers la ligne de pente, et elles se terminent par *une vanne de décharge*.

A la naissance des parties courbes, il se trouve, sur chaque conduite, *une cuve de distribution*. Ces cuves sont réunies deux à deux, et d'une rive à l'autre, au

moyen d'un tronçon de conduite, sur lequel est placée *une vanne de jonction m.* (Pl. IV, fig. 1.) En dehors de la galerie de la rive gauche et sur cette rive, dans *une seconde enceinte maçonnée*, établie de façon à laisser entre elle et la première une cunette *u* suffisante pour l'écoulement des eaux du glacis, sont établis sur les deux conduites de $0^m,85$, au moyen de cuves de distribution, les *branchements k* devant alimenter l'aqueduc et la Vesdre.

Ces branchements, de même que tous les ouvrages dont la description va suivre, sont établis sur le versant gauche de la vallée.

Ils comprennent deux conduites de $0^m,85$, qui, partant des cuves de distribution, passent en galerie sous le déversoir de superficie, pour arriver *au puits de distribution i.* (Pl. IV, fig. 1 à 3.)

Dans ce puits sont installées *deux cuves en fonte* munies de deux tubulures dirigées horizontalement, sous un angle de 140°, et d'une troisième au sommet.

A l'une des tubulures horizontales de chaque cuve se relie l'une des conduites de $0^m,85$ de l'amont.

La tubulure du sommet reçoit une colonne de tuyaux terminée par *une soupape à double siége;* celle-ci porte une tubulure vers l'aval, à laquelle se relie un tronçon de conduite débouchant au niveau *du bassin de distribution j.*

Les autres tubulures horizontales reçoivent chacune une *vanne à coin*, à laquelle succède une conduite de $0^m,85$ débouchant dans le *bassin d'alimentation de la Vesdre g'.*

Le bassin de distribution se compose d'un chenal à ciel ouvert divisé en trois compartiments affectés à un *brise-lames*, à une *grille filtrante* et à un *appareil de jauge.*

A la suite de ce chenal est construite une enceinte formant le *bassin proprement dit.*

De chaque côté de ce chenal, un canal voûté permet d'établir, au moyen d'*une vanne de secours*, la communication directe entre le premier compartiment et le bassin.

Le bassin de distribution communique avec l'aqueduc dont l'entrée est protégée par une *vanne de garde*.

Pour la décharge du trop-plein du bassin de distribution, il est ménagé, vers la vallée, un *déversoir h* formé de deux bajoyers reliés par une série de gradins.

Deux *autres canaux* maçonnés, l'un pour la décharge complète des eaux du bassin, l'autre pour l'évacuation des dépôts qui s'accumuleront sur le filtre, viennent déverser leurs eaux sur les gradins du déversoir.

Le bassin pour l'alimentation de la Vesdre est à peu près parallèle au déversoir de superficie du barrage. Il reçoit un brise-lames, un appareil de jauge et un appareil de jauge totalisateur. A la suite de celui-ci, un déversoir conduira les eaux dans le lit de la Gileppe.

L'aqueduc traverse la vallée de la Borchène et se termine, à proximité de Verviers, par une cuve de distribution, où sont branchées les artères devant desservir la ville et les communes suburbaines.

Nous donnons ci-après quelques cotes se rapportant à la succession des ouvrages que comporte la prise d'eau, pour reprendre ensuite la description détaillée des différentes installations énumérées.

DÉSIGNATION DES POINTS.	COTES.	OBSERVATIONS.
Œil amont des galeries, sol . .	11.25	
Serrements d'amont	11.25	Épaisseur : 15 mèt.
Axe des puits, sol.	11.25	Profondeur : 45m,75
Œil des puits	57.00	
Œil aval des galeries	11.25	
Sol des chambres de jonction .	6.80	
Radier de la galerie des conduites de jonction au puits de distribution	8.00	
Fond du puits de distribution .	8.00	
Tablette	23.00	
Radier de la galerie, du puits de distribution au bassin d'alimentation de la Vesdre	8.00	
Pieds des déversoirs du trop-plein du bassin de distribution et du bassin d'alimentation de la Vesdre	6.00	
Radier de l'aqueduc d'amenée .	18.50	

Le zéro correspond à la cote 231,355 du nivellement général du royaume.

C. — GRILLE FILTRANTE ET BARRAGE A POUTRELLES.

Le sol des galeries de prise d'eau est établi à la cote 11.25, tandis que le radier de l'aqueduc est à la cote 18.50.

Le volume d'eau qui ne pourra pas s'écouler par l'aqueduc, par suite de cette différence de niveau de 7m,25, ne dépasse pas 150,000m3.

Ce chiffre est insignifiant, surtout si l'on considère les avantages que cet espace mort est appelé à rendre, en servant en quelque sorte de bassin de dépôt pour la vase et les matières entraînées par les eaux.

On a profité de cette différence de niveau pour établir à la tête amont des galeries une grille filtrante avec barrage à poutrelles. (Pl. IV, fig. 4 à 9.)

Le but de cette grille est d'empêcher l'entrée des corps flottants ou autres dans la galerie, et de mettre par conséquent les obturateurs à l'abri des dérangements que ces corps étrangers peuvent occasionner.

Le barrage à poutrelles est destiné à faciliter le curage du réservoir, s'il s'y formait des dépôts, et aussi à empêcher l'envasement de la partie des galeries jusqu'au serrement d'amont.

Pour asseoir la *grille filtrante*, on a établi dans le prolongement des *piédroits* de chaque galerie, et au même écartement, deux bajoyers reliés aux piédroits et aux murs de tête et terminés à l'amont par une tête en pierres de taille, dans laquelle il est ménagé des rainures verticales pour loger le *barrage à poutrelles*.

Entre ce barrage et la tête de la galerie, les bajoyers sont reliés par des contreforts intérieurs. Ceux-ci, évidés à la partie inférieure suivant la section de la galerie et formant cloison à la partie supérieure, créent en quelque sorte des puits communiquant par le bas entre eux et avec la galerie, et débouchant vers la cote 18.50.

Par cette disposition, les eaux du réservoir ne pourront s'évacuer qu'à partir de la cote 14.25, niveau supérieur du barrage.

A partir de ce niveau, les bajoyers s'élèvent avec une certaine inclinaison jusqu'au mur de tête de la galerie.

Ils sont recouverts d'un couronnement en pierres de taille, dans lequel on a ménagé vers l'intérieur des feuillures pour recevoir les grilles. Le couronnement, en dehors des feuillures, est taillé en gradins pour faciliter la circulation.

En dehors du barrage et vers l'amont, les têtes de mur ont leur couronnement horizontal. Ces couronnements sont réunis par un tablier en taques striées, reposant sur deux longerons, dans le but de faciliter l'enlèvement des poutrelles en cas de besoin.

La grille comprend douze tronçons de $2^m,50$ de largeur sur $0^m,68$ de longueur. Chaque tronçon est formé de sept barreaux en fer carré de $0^m,05$ de côté, écartés de $0^m,047$, assemblés par leurs extrémités dans des barres de fer plat de $0^m,10$ de largeur et $0^m,03$ d'épaisseur.

Les barres d'assemblage se logent dans les feuillures et sont fixées au moyen de goujons scellés au plomb.

Les ouvertures réunies de la grille présentent une section égale à celle de la galerie.

Le barrage à poutrelles comprend vingt poutrelles superposées et s'engageant dans les rainures qui leur sont réservées dans les têtes de mur.

Ces poutrelles sont en chêne, d'une longueur de $2^m,70$ et d'un équarrissage de $0,15 \times 0,15$.

La tête et le couronnement des bajoyers sont exécutés en pierres de taille bouchardées.

Les voûtes des éperons sont en briques.

Les fondations sont en moellons bruts et toutes les maçonneries en élévation, en libages, en moellons bruts de choix.

D. — SERREMENTS.

Les serrements d'amont et d'aval (Pl. IV, fig. 10 et 11) sont semblables. Ils affectent la forme d'un tronc de cône, dont la petite base, dirigée vers l'aval, enveloppe la projection du revêtement de la galerie d'au moins 25 centimètres, et dont la base opposée a une section de un quart en plus.

Leur épaisseur est de 15 mètres.

Les entailles, pour l'emplacement des serrements, devaient présenter, autant que possible, la forme géométrique imposée, c'est-à-dire que les bancs devaient être coupés de manière à loger exactement le tronc de cône. Le tirage à la poudre était donc interdit.

On a commencé par établir sur toute la longueur du serrement, à la hauteur d'assise des dés soutenant les conduites, une maçonnerie en moellons avec mortier de ciment.

On a ensuite placé sur le sol ainsi formé les dés en pierre. Ceux-ci sont espacés de $1^m,50$ d'axe en axe et mesurent $0^m,50 \times 0^m,60$ dans le sens horizontal et $0^m,40$ de hauteur.

Le long des piédroits de la galerie élargie, on a élevé une maçonnerie également en moellons, de façon à ne laisser,

lorsque les conduites seront posées, qu'un vide de $0^m,25$ entre la maçonnerie et les tuyaux.

Cela étant, on a posé les tuyaux sur les dés, en les calant au moyen de deux coins en fer, puis on a soumis à plusieurs reprises les conduites à une pression de 15 atmosphères.

Lorsqu'il a été reconnu que les conduites étaient établies dans les meilleures conditions, on a élevé vis-à-vis de chaque dé, transversalement à la galerie, une cloison en briques de $0^m,50$ d'épaisseur, reliée à la maçonnerie en moellons, et s'élevant à $0^m,20$ ou $0^m,25$ au-dessus du niveau supérieur du tuyau.

Ces cloisons forment ainsi un certain nombre de niches dans lequel il a été coulé un mortier de ciment composé de :

1 partie sable de Campine.
1 » ciment Portland.

Le remplissage de la partie supérieure de l'entaille est fait avec une maçonnerie en moellons de grès ou calcaire et mortier de ciment.

Pour effectuer ce remplissage, on a disposé, de chaque côté du vide restant de la galerie, un certain nombre de maçons, qui ont amené la maçonnerie en gradins suivant une coupe transversale (fig. 11). Ensuite, un seul maçon est allé fermer la brèche existant entre les gradins ; il avait soin de chasser avec force des cales au sommet de chaque assise.

La face extérieure du serrement est enduite de mortier en ciment.

Serrement d'amont. — L'emplacement du serrement d'amont étant indiqué par sa destination même, qui est de séparer le puits du réservoir, il a suffi de laisser entre le puits et le réservoir une épaisseur capable de résister à la poussée des eaux.

En outre, les couches recoupées par les galeries affleurant dans le réservoir, on a rapproché autant que possible le serrement du puits, afin de diminuer la longueur du champ des infiltrations qui peuvent se produire dans le sens de la stratification.

E. — CONDUITES EN TUYAUX DE FONTE (PL. V).

Les conduites partent du parement amont des serrements supérieurs; elles se raccordent d'une rive à l'autre en formant deux demi-circuits.

L'orifice amont des conduites est terminé par une bride à laquelle est fixé un ajutage convergent.

Les conduites sont posées, jusqu'à l'œil des galeries, sur des supports en maçonnerie ou en fonte.

A chaque changement de direction des conduites, l'extrémité des parties droites et les parties courbes sont emprisonnées dans une maçonnerie en bon mortier hydraulique, laissant toutefois le joint à découvert.

Le diamètre de ces conduites est de 85 centimètres à l'intérieur.

Les considérations qui ont déterminé le choix de ce diamètre sont de deux sortes.

D'abord, le débit d'eau par les conduites devait être mis en rapport avec le volume d'eau qui peut être transporté par l'aqueduc, sans dépasser la limite de vitesse qu'il convient d'adopter dans le cas d'une conduite présentant des courbes de faible rayon ou des coudes assez brusques.

En outre, il fallait, en cas de curage, rendre la durée du chômage aussi courte que possible.

En faisant choix d'un diamètre un peu considérable, on obtiendra aussi une évacuation rapide à faible pression, lorsque le niveau de l'eau du réservoir aura considérablement baissé.

Il est facile de rechercher les conditions dans lesquelles se fera l'écoulement dans des conduites de ce diamètre.

L'aqueduc pouvant débiter 2 mètres cubes d'eau par seconde, si l'on ajoute à ce volume celui qui, par moment, sera envoyé dans la Vesdre, et qu'on évalue à 1 mètre cube, les deux conduites devront satisfaire à un écoulement de 3 mètres cubes, ou chacune de 1,5 mètre cube.

La section de chaque conduite étant :

$$S = \frac{\pi\, 0{,}85^2}{4} = 0^{m2},56745$$

la vitesse sera :

$$V = \frac{D}{S} = \frac{1.50}{0,56745} = 2^m,6434$$

La perte de charge par mètre courant étant

$$\frac{nv^2}{D}$$

où le coefficient $n = 0,001435$,
en substituant, l'on obtient

$$\frac{0,001435 \times \overline{2,6434}^2}{0,85} = 0,011796.$$

Pour une longueur de $335^m,30$, longueur des conduites de la galerie (rive gauche), la perte de charge sera

$$335,30 \times 0,011796 = 3,955.$$

Les dimensions des tuyaux de conduite en fonte ont été calculées pour une pression de 10 atmosphères, d'après les formules suivantes: $e = 0,008 + 0,02\ D = 0,025$ *pour les tuyaux droits.*

D représentant le diamètre intérieur 0,85,
e l'épaisseur.

Pour les tuyaux courbes, $e = 0,010 + 0,025\ D = 0,03125$.

Les tuyaux placés à l'amont des vannes de sûreté, et qui, à certains moments, auront à supporter toute la charge des eaux du réservoir, ont une surépaisseur de 0,005 sur celle des tuyaux de la catégorie à laquelle ils appartiennent.

L'épaisseur des brides est égale à deux fois celle des tuyaux.

L'épaisseur des tampons est donnée par la formule :

$$\frac{D}{2}\sqrt{\frac{P}{T}} = 0^m,0672.$$

D représentant le diamètre 0,85,
P la charge par mètre carré = 50,000 kil.,
T la tension par mètre carré = 2,000,000 pour la fonte.

Tandis que la formule adoptée donne 0,025 pour l'épaisseur des tuyaux droits, la formule ordinaire donne :

$$e = \frac{p \times d}{4} = 21,94.$$

e épaisseur en millimètres,

d diamètre $= 0,85$,

p pression intérieure $= 10$ atmosphères.

La formule admise dans la pratique donne :

$$e = 0,01 + 0,02\,d = 0,027,$$

la pression étant de 10 atmosphères ;

Morin admet :

$$e = 0,0007\,pd + 0,01 = 0,1614.$$

Il s'ensuit que l'épaisseur admise pour les conduites de 0,85, qui n'auront jamais à supporter une charge de plus de cinq atmosphères, est largement suffisante.

Les conduites sont assemblées au moyen de *joints à emboîtement en plomb coulé* et de *joints à brides* (pl. V, fig. 5 et 6).

Dans le joint à emboîtement, on s'est appliqué à chercher pour les bouts mâles et femelles une disposition telle que, une fois le joint fait, la pression intérieure n'agit plus sur l'anneau en plomb obtenu par coulage, mais bien sur la fonte de l'emboîtement.

A cet effet, aux deux tiers de sa longueur, à partir du cordon, le bout mâle présente une arète qui est la circonférence de la base commune de deux troncs de cône, dont l'un, celui qui se trouve vers le cordon, a une plus grande hauteur que l'autre.

La surface interne de l'emboîtement présente en empreinte la forme que le bout mâle offre en saillie.

Cela étant, la pénétration de deux tuyaux consécutifs est moindre que la profondeur de l'emboîtement, de manière à laisser un jeu de dix millimètres pour la dilatation.

Dans ces conditions, les surfaces du bout mâle et de l'emboîtement sont parallèles et laissent entre elles une gaîne de 15 millimètres.

On introduit d'abord un anneau en caoutchouc au fond de l'emboîtement contre le cordon qui termine le tuyau (1).

(1) L'anneau en caoutchouc, qui présentait l'inconvénient de provoquer un mouvement de recul au tuyau, lors de l'introduction du tuyau dans l'emboîtement, a été supprimé dans le cours des travaux.

On le recouvre d'un anneau en corde de chanvre, imprégné de goudron de résine, régulièrement enroulé autour du bout mâle, enfoncé, puis maté à refus, de façon à laisser un vide annulaire ayant partout une profondeur de cinq centimètres pour recevoir le plomb.

Le caoutchouc et la corde garnissent toute la première surface tronconique, dont les génératrices ont 65 millimètres.

Le joint en plomb occupe toute la seconde surface tronconique, ainsi qu'une partie cylindrique du corps du tuyau avec laquelle se raccorde cette surface.

A la partie antérieure de l'emboîtement, il a été ménagé dans la fonte une rainure demi-ronde dans laquelle le plomb, faisant bourrelet, empêche le glissement du joint.

Le plomb est coulé à une température convenable pour que les deux courants de métal en fusion puissent se réunir sans fissure.

Après refroidissement, le plomb est maté à refus d'une manière uniforme sur tout son développement, de façon à éviter toute fuite et tout suintement.

La quantité de plomb est réglée de telle sorte qu'après le matage, il forme encore sur tout le pourtour du tuyau une légère saillie en dehors de l'emboîtement.

Les *joints à brides* sont faits de différentes façons, selon la position qu'ils occupent.

Pour les joints qui se trouvent à l'amont des appareils de tête, les surfaces d'assemblage sont dressées, rodées et polies de façon à former un joint sec.

Pour remédier aux fuites qui peuvent se produire, il a été ménagé une rainure trapézoïdale sur la face de chaque bride vers l'extérieur, pour être remplie, le cas échéant, par du plomb qui serait maté ensuite.

Pour les joints à l'aval, le même système est employé dans les assemblages exigeant une certaine précision.

Dans les autres cas, on emploie une rondelle en plomb concurremment avec des rondelles en cuir gras, ou bien une rondelle en plomb, ou bien encore une baguette cylindrique en cuivre rouge recuit.

Pour le premier système, on ménage, entre les brides laissées brutes, un intervalle suffisant pour recevoir une rondelle en plomb et deux rondelles en cuir gras qui embrassent la rondelle en plomb.

La rondelle en plomb est d'une seule pièce, d'une épaisseur de 15 millimètres; elle a la forme d'un anneau plat, dont le diamètre intérieur est égal à celui des tuyaux à raccorder et dont le diamètre extérieur est tel qu'il affleure les trous des boulons; elle est dressée de manière à s'appliquer le plus exactement possible sur les faces des brides.

Les rondelles en cuir gras ont les mêmes diamètres que la rondelle en plomb.

Les brides sont réunies par un certain nombre de boulons.

Les boulons sont serrés graduellement jusqu'à refus. Lorsque le serrage est parfait, la rondelle en plomb est refoulée avec un ciseau à mater, de manière à rendre le joint bien étanche.

Si l'on fait usage d'une simple rondelle, les surfaces jointives sont dressées, et on procède comme il vient d'être dit, après avoir enduit la rondelle d'un mastic de minium et céruse.

Si enfin on emploie une baguette en cuivre, les brides sont également dressées, et il est ménagé, moitié dans l'une, moitié dans l'autre, une entaille dont la section est un carré. La diagonale de ce carré passe par le plan des faces jointives et les côtés sont tangents à la baguette en cuivre.

Comme pour les joints secs, les brides sont creusées vers l'extérieur, de façon à laisser entre elles un espace en queue d'hironde dans lequel on coulera du plomb, si besoin est.

Nous donnons ci-après un tableau des poids et des dimensions principales des tuyaux en fonte. Nous y laissons figurer les chiffres relatifs aux diamètres de 0,20 et de 0,10 se rapportant à des conduites accessoires.

Au préalable, nous extrayons du cahier des charges quelques-unes des conditions dans lesquelles la fourniture des tuyaux doit être faite :

« Les tuyaux et autres pièces en fonte seront coulés en » seconde fusion.

» La fonte pour tuyaux sera de la meilleure qualité, d'un » grain grisâtre, bien homogène, point aigre, susceptible » d'être travaillée à la lime, sans aucune fente ni écornure; » toute fonte blanche ou légèrement truitée sera refusée.

» Les tuyaux de $0^m,20$ de diamètre et en-dessous peuvent » être coulés avec une inclinaison de 30° au minimum; les » autres devront être coulés debout.

» Les tuyaux seront essayés à une pression de quinze » atmosphères. Il pourra être exigé qu'ils restent dix minutes » sous cette charge. »

Poids et dimensions principales des tuyaux en fonte.

Diamètre intérieur.	Épaisseur normale.		Diamètre extérieur du corps.		Emboitement.						Brides.				Poids.						Observations.
					Diamètre intérieur.		Épaisseur.		Diamètre extérieur.						Tuyaux droits.			Courbes.			
	Droits.	Courbes.	Droits.	Courbes.	Droits.	Courbes.	Droits.	Courbes.	Droits.	Courbes.	Diamètre intérieur.	Épaisseur.	Nombre de trous.	Diamètre passant par le centre des trous.	1.00 m. de corps.	Emboitement.	Brides.	1,00 m. de corps.	Emboitement.	Brides.	
0.100	0.009 1/2	0.012	0.119	0.124	0.139	0.141 1/2	0.013 1/2	0.013 1/2	0.166	0.168 1/2	0.247	0.019	4	0.199	25	8	6	32	8	6	L'épaisseur de l'emboitement, pour les tuyaux de 0.85, est comptée sur l'épaisseur ordinaire des tuyaux, plus l'épaisseur du filet. 1re catégorie : 0.025 + 0.01 = 0.035 2e catégorie : 0.03 + 0.005 = 0035
0.200	0.011	0.014	0.222	0.228	0.242	0.245	0.015	0.015	0.272	0.275	0.362	0.024	6	0.308	55	14	11	71	14	11	
0.850	0.025	0.031	0.900	0.912	0.930	0.935	0.035	0.035	1.000	1.005	1.100	0.050	20	1.030	515	195	120	645	195	120	
0.850	0.030	0.035	0.910	0.922	0.940	0.946	0.035	0.035	1.010	1.016	1.100	0.050	20	1.030	620	195	120	750	195	120	

F. — CHAMBRE DES APPAREILS. — APPAREILS DE TÊTE.

§ 1. — Chambre des appareils.

La chambre des appareils, fig. 1 à 4, pl. V, consiste, comme nous l'avons dit, en un élargissement de la galerie.

La largeur entre les piédroits est portée de $2^m,50$ à 4 mètres; les piédroits sont élevés de $1^m,50$ à $4^m,50$; la voûte est en plein cintre.

La longueur des parties ainsi élargies et surhaussées est de 15 mètres. Sur une longueur de $7^m,50$, le sol de la galerie est descendu à 2 mètres en contre-bas du niveau général.

Une fondation, en pierres de fortes dimensions, y est établie pour l'assise des appareils de tête.

§ 2. — Appareils de tête.

Soupape automobile. — Cet appareil, figuré en A, fig. 1 et 2, pl. VI, consiste en une soupape à levée verticale, reposant dans une coquille en fonte sur un siége conique.

Cette soupape présente un renflement cylindrique à la partie supérieure; ce renflement, qui sert de guide, forme aussi piston dans la coquille.

Au-dessus du siége, la coquille est pourvue d'une tubulure avec bride pour la jonction avec la conduite d'amont; sous le siége, il se trouve également une bride pour le raccordement avec la conduite d'aval.

La coquille est garnie intérieurement d'un fourreau en bronze alésé au même diamètre que le renflement de la soupape, revêtu également d'une garniture en bronze parfaitement cylindrique.

La chape de la coquille porte une tubulure D de $0^m,10$, à laquelle est fixé un clapet d'arrêt se raccordant avec une conduite de $0^m,10$.

Celle-ci traverse le serrement d'aval, parcourt toute la galerie et est terminée par un autre clapet d'arrêt.

Cette conduite permet la manœuvre automatique de la soupape.

Lorsque le clapet d'arrêt, placé à l'extrémité de la conduite de $0^m,10$, qui est en communication avec la coquille, sera ouvert, la pression d'amont, agissant sur le renflement annulaire qui forme piston, soulèvera la soupape; si, au contraire, ce clapet est fermé, l'eau passant tout autour du piston rétablira l'équilibre sur les deux faces de la grande soupape, qui descendra par son propre poids; celle-ci une fois en place, la pression agira sur toute la section comprise dans le périmètre de contact.

Une tige en bronze, filetée à son extrémité supérieure, pénètre à l'intérieur de la coquille à travers une boîte à étoupe.

Elle traverse le premier croisillon de la soupape, qu'elle retient par une embase venue à son extrémité inférieure.

Un cavalier fixé sur le chapeau de la coquille tient emprisonné un écrou de manœuvre que traverse la partie filetée de la tige.

Cet écrou est rendu solidaire d'une roue commandée par une vis sans fin C, qui est manœuvrée au moyen d'une clef horizontale.

Cette disposition permet d'amener la tige à diverses hauteurs et partant, de limiter la course de la soupape à la descente.

Une autre tige, également en bronze, traverse l'estomac venu de fonte qui termine la soupape à sa partie inférieure.

Elle y est retenue, vers le milieu de sa hauteur, au moyen d'une embase à six pans en bronze venue de fonte, qui vient s'appliquer contre la petite face terminant l'estomac à la partie inférieure, et par un écrou s'engageant dans une partie filetée et noyé dans l'estomac à la partie supérieure.

Vers le bas, cette tige est guidée par une traverse fixée par des boulons à deux pattes venues de fonte à la coquille.

Vers le haut, elle se prolonge un peu au-dessus du croisillon du milieu de la soupape.

Lorsque, pour un besoin quelconque, on devra fermer la soupape, on descendra la tige qui retient la soupape jusqu'à ce que celle-ci vienne reposer sur son siége; en continuant le mouvement de descente, la tige seule descendra, en

glissant dans la douille du croisillon supérieur jusqu'à ce que son embase vienne s'appliquer sur le sommet de la tige faisant corps avec la soupape.

Dès lors la soupape sera maintenue fixe sur son siége.

Toutes les parties en contact sont garnies de bronze ; les tiges et leurs écrous sont en bronze, ainsi que le presse-étoupe.

Le fond de la boîte à étoupe est aussi garni d'une virole du même métal.

Soupape à double siége. — La soupape automobile est placée sur un tuyau courbe à double bride, formant un quart de cercle et reposant sur une semelle.

Un tuyau semblable, et placé symétriquement à 5 mètres aval du premier, supporte la soupape à double siége.

Ces deux courbes sont réunies par un tuyau droit pourvu d'un trou d'homme et d'une tubulure de décharge.

La soupape à double siége, fig. 1, B, est également à levée verticale, repose sur deux siéges coniques et est renfermée dans une cloche ou coquille en fonte.

La coquille est reliée à la courbe par un joint à bride ; elle porte vers l'aval une tubulure qui se raccorde avec la conduite.

Les siéges sont fondus avec la coquille et ils sont garnis d'un anneau en bronze.

La partie cylindrique comprise entre le siége supérieur et la chape est garnie d'un fourreau également en bronze.

La soupape est un cylindre creux dont le fond présente dix ouvertures de $0^{m},05$ de diamètre, disposées suivant une circonférence. La partie supérieure est pourvue d'une saillie garnie d'une bague en bronze qui sert de guide.

Immédiatement en-dessous de cette saillie, ainsi qu'à la partie inférieure de la soupape, sont encastrés deux cercles en bronze dont la surface externe tronconique épouse exactement le siége supérieur et le siége inférieur de la coquille.

A la partie inférieure, la soupape est guidée comme la soupape automobile.

La tige de manœuvre passe dans la chape à travers une boîte à étoupes et retient la soupape par son croisillon

supérieur au moyen d'une embase et d'un écrou engagé sur le bout fileté.

La partie de tige qui pénètre dans la coquille est en bronze; l'extrémité supérieure porte une mortaise.

C. — PUITS. — APPAREILS DE MANŒUVRE.

§ 1. — Puits.

Les puits qui se trouvaient creusés un peu en amont de l'axe du barrage et dans l'axe des galeries avaient une section de $3^m,60$ sur $1^m,70$.

Les besoins de la prise d'eau ont exigé une modification de cette section.

Les puits ont reçu une section circulaire sous un diamètre définitif de $2^m,80$ (fig. 1, pl. V).

Le revêtement de $0^m,60$ d'épaisseur est construit en libages. Le raccordement avec la voûte de la chambre des appareils est en pierre de taille bouchardée.

Le niveau supérieur des puits qui débouchaient sur la rive gauche à la cote 71 et sur la rive droite à la cote 89, a été ramené à la cote 57 par une tranchée ouverte dans la montagne pour le puits de la rive gauche et par une galerie pour le puits de la rive droite.

Pour ménager l'accès au fond du puits, il a été établi un escalier tournant en fer et fonte, composé de paliers réunis par des volées.

Le premier palier se trouve à $5^m,70$ au-dessus du niveau du sol des galeries; la distance verticale entre deux paliers successifs est de 5 mètres environ; le palier supérieur est à 5 mètres en contrebas de l'œil du puits.

Les marches ont $0^m,65$ de longueur, $0^m,21$ de largeur et $0^m,17$ de hauteur; elles sont en fonte.

Les paliers comprennent la moitié de la section du puits; ils sont formés de plaques de fonte, reposant sur un gîtage en poutrelles en fer.

Pour descendre en-dessous du premier palier, il a été placé une échelle de fer composée de deux lisses de 40 sur 15 avec des échelons de 16 m/m.

§ 2. — Appareils de manœuvre.

La soupape automobile peut être manœuvrée du fond des puits, tandis que la soupape à double siége est manœuvrée de l'œil des puits.

Pour la manœuvre du premier appareil, il a été établi au niveau du palier inférieur un volant manivelle qui peut imprimer un mouvement de rotation à une tige portant à sa partie inférieure un pignon conique. Celui-ci commande un engrenage, également conique, qui transmet son mouvement à une tige horizontale, terminée par un gobelet dans lequel vient se loger la tête carrée de la vis sans fin. (Voir fig. 1, pl. V.)

La partie de la tige qui pénètre dans la soupape à double siége est reliée par un emboîtement à clavette à une tige qui vient à peu près jusqu'au jour (fig. 3 à 5, pl. VI).

Cette tige tient fixée à son extrémité une traverse *a*, portant des tiges jumelles reliées à leur sommet par une seconde traverse *b*. Celle-ci tient emprisonné un écrou pouvant circuler sur la vis de manœuvre.

Au sommet du puits, deux longerons *c* supportent le bâti sur lequel est établi la manœuvre, et un peu plus bas un autre longeron *d* sert d'appui à la vis.

Le mouvement peut être donné à cette vis par une double manœuvre, l'une à marche lente, l'autre à marche rapide.

La manœuvre à marche lente se compose d'une vis sans fin posée horizontalement sur le bâti, laquelle commande une roue calée sur la vis du mouvement.

La manœuvre à marche rapide consiste en un engrenage conique calé sur la vis, qui est commandé par un pignon conique placé sur un arbre horizontal.

Comme les deux systèmes s'appliquent à la même tige, on doit pouvoir débrayer à volonté la manœuvre à marche lente.

A cet effet, sur l'arbre qui porte la vis sont creusées deux gorges, dans l'une desquelles un encliquetage à levier *e* vient s'engager.

L'arbre peut avancer ou reculer de façon à engrener avec la roue ou à s'en écarter, et l'encliquetage le maintient dans l'une ou l'autre de ces positions.

La manœuvre à marche rapide ne sert que pour la fermeture, qui, dans certains cas, doit se faire dans le moins de temps possible.

Dans ce but, le pignon commandant l'engrenage conique est à celui-ci dans le rapport de 1 à 3, tandis que la vis et son engrenage, qui se rapportent à la montée, sont dans le rapport de 1 à 30. Il s'en suit que la descente s'effectuera dix fois plus rapidement que l'ascension.

Par la manœuvre lente, en supposant 3 tours de manivelle par 1′, la levée dans ce temps sera de $0^{m}02$. La course de la soupape étant de $0^{m}40$, la fermeture se fait en 20′, tandis que par la manœuvre rapide la fermeture n'exigera que 2′.

La vis de mouvement est en fer; elle repose verticalement dans une crapaudine placée sur le longeron inférieur.

La tige est formée de pièces d'une longueur de 5 mètres environ, assemblées à trait de Jupiter; les joints arrivent à $1^{m}20$ au-dessus de chaque palier.

H. — SERREMENT D'AVAL.

Le serrement d'aval doit former en quelque sorte le prolongement du barrage. Ainsi que nous l'avons vu, le terrain sur lequel est assis le barrage présente de puissants bancs de grès et de psammite, alternant avec un petit nombre de bancs de schiste, lesquels assurent l'imperméabilité de l'ensemble.

Ces bancs, à peu près verticaux, sont dirigés dans le sens de l'axe de l'ouvrage.

Il faut, pour que le serrement réponde convenablement à sa destination, qu'il soit logé dans les bancs recouverts par

le barrage, et qu'il soit encaissé, du moins en partie, dans un banc d'une imperméabilité complète.

En effet, s'il était placé à l'amont du barrage, il ne retiendrait pas les eaux qui pourraient s'infiltrer par les joints de stratification; s'il se trouvait à l'aval, les eaux qui se seraient introduites entre les deux serrements finiraient par sourdre à l'aval du barrage entre les bancs non recouverts, en raison de la grande pression à laquelle elles seraient soumises.

On rencontre, à 2m50 à l'aval du prolongement de l'axe du barrage, un banc de schiste de 1m50 de puissance, qui satisfait complètement à la condition d'imperméabilité et qui détermine, par conséquent, l'emplacement du serrement d'aval.

Un des effets du serrement d'aval est encore de tenir la chambre et les puits au niveau des eaux du réservoir.

I. — APPAREILS DE SURETÉ. — APPAREILS D'INONDATION ET DE VIDANGE.

§ 1. — **Appareils de sûreté.**

Immédiatement à la suite du serrement d'aval, dans une chambre où l'on peut toujours avoir libre accès, sont placés les appareils de sûreté, qui se composent de vannes à coin interrompant chacune des conduites (pl. VII, fig. 1 à 4).

Ce système de vanne consiste en un coin allongé renfermé dans une coquille en fonte.

Cette coquille porte deux tubulures avec lesquelles la conduite se raccorde.

Ces tubulures ont leurs faces intérieures inclinées suivant la forme du coin et garnies d'un cercle en bronze.

La coquille est surmontée d'un évidement en forme de dôme, destiné à loger le coin quand la vanne est ouverte. Sur ce dôme est fixée une chape portant une boîte à étoupes.

Pour recevoir les petits graviers qui pourraient pénétrer dans la conduite, il a été ménagé, dans le fond de la

coquille, une ouverture de $0^{m}06$, communiquant avec un canal de même diamètre placé horizontalement et dirigé transversalement à l'axe de la conduite.

Les extrémités de ce canal sont terminées par des brides et fermées au moyen de plateaux en fonte.

Le coin est une pièce circulaire en fonte portant sur ses faces latérales deux guides qui glissent dans des rainures ménagées dans la coquille.

Les faces du coin sont limitées par un renflement annulaire garni d'un cercle en bronze. Suivant son axe vertical, il a été ménagé un vide cylindrique. Comme ce vide laisserait trop peu d'épaisseur de fonte, surtout à la partie inférieure du coin, on a fait venir de fonte, sur la hauteur de celui-ci et à l'endroit du vide, un bourrelet vertical semi-cylindrique.

Au sommet du coin, un estomac venu de fonte tient emprisonné un écrou de manœuvre, dans lequel vient s'engager une tige filetée.

Cette tige porte à sa partie supérieure une embase retenue entre le dôme et la chape.

Elle traverse la boîte à étoupes et est terminée par une tête carrée.

Comme l'embase est emprisonnée, la tige ne peut recevoir qu'un mouvement de rotation, tandis que l'écrou avec le coin ont un mouvement de translation verticale.

A l'ascension, le bout fileté de la tige vient se loger dans le vide cylindrique ménagé dans l'épaisseur du coin.

Le mouvement est donné par une vis sans fin mue par un volant-manivelle et commandant un engrenage calé sur la tige.

§ 2. — Appareils d'inondation, de vidange et d'équilibre.

Les premiers obturateurs placés entre les deux serrements sont soumis à une pression pouvant s'élever jusqu'à cinq atmosphères.

Bien que cette pression maxima n'atteigne guère la limite de charge que peuvent supporter les appareils,

il convenait cependant d'écarter toute cause de rupture et de dérangements.

En amenant les eaux dans le puits au même niveau que dans le réservoir, on soustrait les appareils à l'action de la pression intérieure. Dans ce but, chacune des conduites de $0^m,85$, de part et d'autre de la vanne à coin, porte une tubulure de $0^m,20$, à laquelle est fixée une soupape équilibrée du système des appareils de tête. (Fig. 5 à 8, pl. VII.)

Les deux soupapes de l'amont sont reliées ensemble par un branchement de $0^m,20$ à une conduite de même diamètre, qui reçoit aussi un branchement reliant les deux soupapes de l'aval.

La conduite-maîtresse de $0^m,20$ vers l'amont traverse le serrement d'aval et vient se recourber dans l'excavation où sont assis les appareils de tête; vers l'aval, elle vient déboucher dans la galerie.

Dans la chambre des appareils, en dehors des branchements, sont établies, sur la conduite de $0^m,20$, deux soupapes du même genre que les précédentes ; la première, entre la vanne à coin et le serrement, est dénommée *soupape d'inondation*, l'autre *soupape de vidange*.

Les vannes de sûreté étant fermées et les obturateurs de tête ouverts, si l'on ferme les soupapes inférieures E'E', en ouvrant l'une ou l'autre, ou même les deux soupapes supérieures EE, et que l'on ferme la soupape aval V de la conduite-maîtresse, en ouvrant la soupape amont I de la même conduite, la conduite de $0^m,20$ se remplira et les eaux entreront dans le puits, où elles prendront le niveau du réservoir.

Si l'on ferme les soupapes des branchements (EEE'E'), en ouvrant les deux autres (IV), les eaux du puits s'écouleront par la galerie.

Ce système de branchements et de soupapes est encore utilisé pour une autre manœuvre.

Les vannes de sûreté, lorsqu'elles sont fermées, exigent un effort considérable pour être mises en mouvement, en raison du frottement que fait naître une pression quelque peu forte.

En amenant l'eau à l'aval des vannes de sûreté, on équilibre la pression sur les deux faces.

Pour atteindre ce but, il suffit de fermer les soupapes de vidange et d'inondation (VI) et d'ouvrir les soupapes dénommées *d'équilibre* placées sur les conduites de $0^m,85$.

Un éjecteur, placé dans un coin de la chambre des appareils de sûreté, est destiné à évacuer les eaux qui pourraient s'y trouver amenées.

J. — CHAMBRES DE JONCTION. — CONDUITES DE JONCTION. — BRANCHEMENTS VERS L'AVAL.

§ 1. — **Chambres de jonction.** (Pl. VIII.)

Les galeries de la rive droite et de la rive gauche débouchent à l'aval du barrage.

L'œil aval de la galerie rive droite et l'œil aval de la galerie rive gauche se trouvent à une distance d'environ 90 mètres sur une ligne à peu près parallèle à l'axe du barrage et à une distance de 125 mètres de ce dernier.

La chambre où s'opère la jonction est établie sur la rive droite, à une cinquantaine de mètres de l'œil aval de la galerie de cette rive.

La chambre où sont faits les branchements, devant conduire les eaux vers l'aqueduc et la Vesdre, est en prolongement de la galerie rive gauche.

Ces deux chambres se trouvent sur la droite qui unit l'œil aval des galeries des deux rives et sont en partie sous-sol.

Leur façade latérale interne est établie dans le lit même de la Gileppe, à une distance de $8^m,70$ l'une de l'autre.

La chambre où se fait la jonction est une enceinte maçonnée de 22 mètres de longueur sur $11^m,50$ de largeur et sur 5 mètres de hauteur.

La partie centrale de la façade vers l'aval est en retraite et présente deux voûtes en arc surbaissé.

L'enceinte est divisée suivant sa largeur en deux parties par un mur de 1 mètre d'épaisseur ; la partie vers l'amont

est divisée en cinq compartiments et celle vers l'aval en quatre compartiments.

Cette enceinte est fermée à la partie supérieure par des voûtes en maçonnerie sur poutrelles.

Des ouvertures munies de trapillons y sont ménagées aux endroits du compartiment central de la partie amont et des deux compartiments du centre de la partie aval.

Les voûtes portent un pavage en grès.

Les angles apparents et les têtes de voûte sont en pierre de taille bouchardées, ainsi que les couronnements des murs, qui servent de bordures au pavage.

Les parements vus sont en moellons smillés et les autres maçonneries en moellons bruts.

Une tranchée de dérivation établit une communication entre le pied de la façade aval et le lit de la Gileppe.

La chambre des branchements établie sur la rive gauche consiste en une enceinte maçonnée composée de deux murs parallèles, à 4 mètres d'écartement sur une longueur de 15 mètres, et deux murs retournés en équerre sur le mur d'aval, à 3 mètres d'écartement sur une longueur de 7 mètres.

A cette partie droite succède au même écartement une partie courbe de $8^m,50$ de rayon et de $4^m,62$ de développement, puis une partie droite de 4 mètres ; les deux directions raccordées par la courbe font entre elles un angle de 147° 30′.

Le sol de la première partie de la chambre est établi à la cote 6.80, tandis que celui de la partie retournée en équerre est à la cote 8.

Cette enceinte, également fermée à 5 mètres de hauteur, est construite dans les mêmes conditions que la chambre de jonction.

§ 2. — **Conduites de jonction.** (Pl. VIII.)

Les conduites venant de la galerie de gauche, dont la cote est 11.25, s'inclinent de $4^m,45$ au moyen de deux courbes reposant sur des semelles, de façon à gagner le niveau des chambres de jonction établi à la cote 6.80.

Elles traversent la chambre des branchements, passent

en sous-sol sous le thalweg, pour arriver à la façade latérale gauche de la chambre de jonction.

Les conduites de la rive droite, à leur sortie de la galerie, dont la cote est également 11.25, passent aussi, au moyen de courbes, à la cote 8.45. A partir de ce point, elles sont posées en sous-sol avec une pente telle qu'elles arrivent à la cote 6.80 à la façade latérale droite.

Les conduites des deux rives traversent respectivement les murs latéraux de la chambre de jonction et viennent se greffer dans les compartiments externes de la partie amont sur les cuves de jonction.

Les cuves de jonction sont des cylindres verticaux de $2^m,80$ de hauteur et de $1^m,10$ de diamètre intérieur. La partie supérieure est fermée par un dôme hémisphérique de même diamètre; la partie inférieure retient un plateau.

Le cylindre porte vers l'intérieur de la chambre, et suivant une même génératrice, deux tubulures écartées de $1^m,20$ de centre à centre; vers l'extérieur, il n'en porte qu'une seule, symétriquement placée par rapport à la tubulure inférieure.

C'est avec ces tubulures inférieures que se raccordent les conduites de l'extérieur.

Les tubulures supérieures internes reçoivent des tronçons de conduite qui se dirigent en ligne droite vers le compartiment central, où les vannes de jonction, en les réunissant, permettent d'établir ou d'intercepter la communication entre la rive droite et la rive gauche.

Les tubulures inférieures internes reçoivent un bout de tuyau droit qui reporte les orifices dans les compartiments voisins du compartiment central.

A ces orifices sont fixées des conduites qui se recourbent suivant un quart de cercle; un bout de tuyau droit qui succède, amène l'extrémité de chaque conduite dans les compartiments du centre de la partie aval, où sont établies quatre vannes de décharge reliées d'une part aux conduites et, vers l'aval, à un ajutage légèrement recourbé vers le haut, de façon à éviter les affouillements dans la tranchée de dérivation.

Cette disposition des vannes de décharge permet à un

moment donné d'évacuer les eaux du réservoir au moyen des quatre conduites à la fois.

Les vannes de jonction et de décharge sont des vannes à coin du même système que celles décrites pour les appareils de sûreté. Seulement, comme la manœuvre de ces vannes serait excessivement pénible, surtout au démarrage, par suite de l'impossibilité de pouvoir équilibrer la pression sur les deux faces du coin, on a songé à faciliter le mouvement par une manœuvre hydraulique. (Pl. VII, fig. 9 à 11.)

A cet effet, la vanne repose sur un cylindre dans lequel se meut un piston. Celui-ci porte une tige en bronze de 50 mill. qui traverse, dans une douille, la semelle et la coquille de la vanne et vient buter contre le coin à sa partie inférieure.

Le cylindre porte latéralement deux tubulures de $0^m,10$, l'une au-dessus, l'autre en-dessous du piston. Ces deux tubulures sont reliées par des conduites de même diamètre aux deux brides opposées d'un robinet spécial à quatre ouvertures. (Pl. VII, fig. 12 et 13.)

Les deux autres brides sont réunies, l'une avec la conduite de $0^m,10$ greffée sur la conduite de $0^m,85$, à l'amont des appareils de tête, l'autre avec un bout de conduite qui se termine à l'avant de la chambre de jonction.

S'il s'agit de faire monter la vanne, le tampon du robinet se trouve alors dans la position indiquée au plan, fig. 13; l'eau avec toute sa pression traverse la conduite libre (p, p', p'') du robinet et vient agir contre la face inférieure du piston, tandis que l'eau qui se trouvait renfermée entre la face supérieure du piston et le couvercle du cylindre trouve un écoulement par le conduit (c, c', c''), et le piston montera avec sa tige. Celle-ci venant buter contre le coin favorisera ainsi l'ascension de ce dernier.

Lorsqu'on opérera la descente, le tampon du robinet aura la position pointillée fig. 13; l'eau prendra la direction $p\ d\ c$ et passera sur la face supérieure du piston, tandis que l'eau qui se trouve en-dessous s'écoulera par le conduit $p''\ d'\ c''$, et le piston descendra.

La manœuvre de la vanne, comme celle du robinet, se fait au moyen d'une vis sans fin, commandant un engrenage calé sur un arbre. (Pl. VII, fig. 14 et 15.)

L'extrémité inférieure de l'arbre porte un emboîtement qui reçoit la tête carrée de l'extrémité de la tige.

Une clavette rend la tige solidaire de l'arbre.

L'arbre gagne la partie supérieure de la chambre, traverse la voûte à l'endroit du trapillon, passe dans une colonne creuse surmontée d'un chapiteau, dans lequel l'arbre vient buter par un épaulement.

Dans le corps du chapiteau, une vis sans fin horizontale agit sur l'engrenage.

Un cadran renfermé dans la partie supérieure, formant boîte, indique la position de la vanne.

§ 3. — Branchements vers l'aval. (Pl. VIII.)

Nous avons vu que les moyens employés pour amener les eaux à l'aval du barrage étaient identiques pour les deux rives, et que chacune de celles-ci, isolément, pouvait satisfaire aux exigences d'un débit maximum réglé par le volume qui pouvait être transporté par l'aqueduc et la provision à fournir à la Vesdre.

Il s'en suit que deux branchements seulement ont été faits vers l'aval sur les conduites de jonction.

En outre, l'aqueduc qui doit conduire les eaux vers Verviers, se trouvant sur la rive gauche de la Gileppe, on a naturellement pensé à utiliser, pour le service ordinaire, les conduites de la rive gauche, et à réserver les conduites de la rive droite, pour le cas où des accidents survenus aux conduites ou aux appareils de la rive gauche entraîneraient un arrêt de service pour cette rive.

Les branchements sont faits dans la chambre des branchements, à $11^m,20$ de la tête aval de la galerie rive gauche, au moyen de deux cuves qui ne diffèrent des cuves de jonction qu'en ce qu'elles portent deux tubulures opposées à la partie inférieure et une troisième à un niveau de $1^m,20$ supérieur à celui des premières et dans une direction perpendiculaire.

Les deux tubulures inférieures de chaque cuve se relient de part et d'autre à chacune des conduites de jonction,

tandis que la tubulure supérieure se rattache aux conduites qui se dirigent vers les ouvrages de l'aval.

K. — PUITS DE DISTRIBUTION. — APPAREILS DU PUITS. — APPAREILS DE MANŒUVRE.

§ 1. — Puits de distribution.

A la suite de la chambre des branchements est établie une galerie qui se prolonge en ligne droite, suivant la dernière direction de cette chambre, sur une longueur de 33,60 mètres, en passant sous le déversoir de superficie, dont la cote correspondante est 12,39, et normalement à son axe longitudinal.

A partir de ce point, la galerie prend une nouvelle direction parallèle à celle de l'aqueduc et à peu près parallèle au lit de la Gileppe.

Ces deux directions font entre elles un angle de 126°20′ et sont raccordées par une courbe de 5 mètres de rayon et de 4^m,68 de développement.

La partie droite qui succède à la courbe a 9^m,80 de longueur. Son extrémité se raccorde avec le puits de distribution.

La galerie a 3 mètres de largeur et une hauteur de 3^m,50 sous clef.

Les deux conduites, en quittant la chambre des branchements, sont posées dans la galerie et suivent les inflexions de celle-ci jusqu'aux appareils de distribution.

Le centre du puits de distribution se trouve à une distance de 31^m,50 de l'œil amont de l'aqueduc et à une distance de 35 mètres environ de la rive gauche de la Gileppe. (Pl. IV.)

Le puits a 5 mètres de diamètre à l'intérieur de son revêtement. (Pl. IX.) Son radier est établi à la même cote que celui de la galerie, c'est-à-dire à la cote 8. De 3 mètres en 3 mètres de distance, sur toute la hauteur du puits, sont établis des planchers reposant sur des poutrelles ; la com-

munication entre les planchers se fait par des échelles en fer. Le niveau supérieur des tablettes atteint la cote 23.

A la partie inférieure du puits et vers l'amont, la galerie vient se raccorder avec le revêtement intérieur; au même niveau et sous un angle de 140°58′, vers l'aval, une seconde galerie part du puits.

Vers le haut et vers l'aval, dans la même direction que la dernière partie droite de la galerie de l'amont, une petite galerie, dont le radier est à la cote 18.50, relie le puits au bassin de distribution.

§ 2. — **Appareils du puits.** (Pl. IX.)

Les appareils de tête seront ouverts de manière à donner le plus approximativement possible le volume d'eau réclamé pour les besoins de Verviers et de la Vesdre, de sorte que la pression dans les conduites n'excède jamais une certaine limite.

Les appareils du puits de distribution régulariseront l'écoulement et le proportionneront aux exigences du service.

Dans le puits, à la cote 8, sont établies deux cuves de distribution, munies chacune de deux tubulures, dirigées horizontalement dans le sens des galeries inférieures, et d'une troisième au sommet.

Les deux conduites amenant l'eau de l'amont viennent se raccorder avec l'une des tubulures de chaque cuve. Les deux autres tubulures retiennent chacune une vanne à coin simple.

Les tubulures supérieures portent chacune deux colonnes de tuyaux, comprenant trois tronçons de $2^{m},75$ de hauteur, terminées à la partie supérieure par une soupape équilibrée semblable aux soupapes à double siége des appareils de tête.

Ces soupapes portent vers l'aval une tubulure qui retient un bout de conduite encastré dans un serrement remplissant toute la galerie supérieure et débouchant à son extrémité.

La tige des soupapes équilibrées est interrompue sur une partie de sa hauteur par des jumelles. L'extrémité filetée engagée dans la traverse supérieure de celles-ci vient dans un bâti posé sur le puits suivant la direction d'un diamètre.

Les vannes à coin, placées au fond du puits et en dehors de l'axe du bâti, sont manœuvrées par un arbre reposant verticalement dans une crapaudine et s'élevant jusque dans le bâti.

Cet arbre transmet le mouvement à la vanne au moyen d'un pignon commandant un engrenage calé sur la tige de la vanne.

Les diamètres du pignon et de l'engrenage sont dans le rapport de 1 à 2.

L. — BASSIN DE DISTRIBUTION. — BRISE-LAMES. — GRILLE FILTRANTE. — APPAREIL DE JAUGE. — BASSIN DE DISTRIBUTION PROPREMENT DIT.

§ 1. — **Bassin de distribution.** (Pl. IX.)

Du serrement amont au bassin de distribution, les eaux circulent dans les conduites en fonte avec une certaine pression.

Le bassin de distribution a pour effet d'amortir la vitesse des eaux, de retenir les matières en suspension que les eaux pourraient entraîner et enfin de déterminer la quantité d'eau qui s'écoulera.

Ce bassin, qui consiste en un chenal à ciel ouvert d'une longueur totale de $19^m,25$ sur $4^m,90$ de largeur et $4^m,50$ de profondeur, est établi suivant l'axe de la galerie supérieure. Il comprend trois compartiments destinés à loger le brise-lames, la grille filtrante et l'appareil de jauge.

Ce chenal communique avec le bassin de distribution proprement dit, qui mesure 7 mètres de longueur pris sur l'axe longitudinal et 11 mètres de largeur.

Les murs qui limitent le bassin de distribution ont $0^m,75$ d'épaisseur et sont en moellons de choix.

§ 2. — Brise-lames. (Pl. X, fig. 1 à 5.)

La partie du bassin réservée au brise-lames mesure une longueur de $5^m,25$ sur toute la largeur du bassin.

Ce compartiment est limité vers l'aval par un mur dont la margelle est à $3^m,50$ du fond.

Les appareils placés à l'orifice des tuyaux venant du puits de distribution comprennent chacun une série de onze lunettes en fonte, présentant des jours circulaires qui vont en diminuant graduellement de $0^m,775$ diamètre au premier jusque $0^m,10$ diamètre à l'avant-dernier. La dernière lunette ne présente pas de vide.

Suivant les extrémités du diamètre vertical, chaque lunette présente deux saillies. La saillie vers le haut porte une patte formant Γ, celle vers le bas en porte deux formant ⊥.

Sous la bride qui termine le tuyau est posée directement sur le fond du bassin une poutrelle de 0,20, rendue solidaire de la bride. Les rebords inférieurs de chaque disque sont fixés à la poutrelle par quatre boulons.

A la partie supérieure, la bride retient un fer en ⊥. Le rebord supérieur des disques est fixé à celui-ci au moyen de deux boulons.

Les fers en ⊥ courant sur chacune des séries sont reliés par des entretoises en fer équerre, de façon à rendre les deux appareils solidaires.

La colonne liquide, débouchant par un tuyau de $0^m,85$, rencontre le premier disque, qui ne mesure qu'un jour de $0^m,775$ de diamètre; il s'ensuit qu'une zône circulaire de $0^m,0375$ ne peut trouver passage par cette ouverture et s'écoule par les vides latéraux que laissent entre eux deux disques consécutifs.

La colonne liquide, réduite à $0^m,775$ de diamètre, vient rencontrer le 2e disque, dont l'ouverture est de $0^m,700$. Une nouvelle zône circulaire de $0^m,0375$ s'échappe latéralement, et ainsi jusqu'à l'avant-dernier disque, dont le vide est de $0^m,10$.

Des murs latéraux du bassin réservé aux appareils du brise-lames partent deux canaux qui viennent déboucher dans le bassin de distribution proprement dit.

Ces canaux ont $0^m,50$ de largeur et des pieds-droits de 2 mètres de hauteur, réunis dans l'épaisseur des murs du bassin par des voûtes en arc surbaissé et en dehors des murs par des voûtes en plein-cintre.

Les raccordements avec les murs du bassin sont en pierre taillée au ciseau fin ; à l'extérieur de ces murs, les canaux ont les pieds-droits en moellons piqués et les voûtes en briques.

L'entrée de ces canaux est protégée par une vanne de secours et une grille verticale.

La vanne de secours comprend un châssis logé dans des feuillures pratiquées dans le seuil et les montants de la tête en pierre de taille. Ce châssis présente des rainures parfaitement dressées dans lesquelles glisse une vanne plate.

Le chapeau est fixé, par de forts boulons sur chaque montant, au moyen de deux équerres formant console ; il est renforcé par une double nervure. La face supérieure du chapeau, convenablement dressée, reçoit les organes de la manœuvre.

Celle-ci s'opère au moyen de deux tiges filetées, retenues par une embase à la tête du châssis et de deux écrous logés dans la vanne.

Dans la direction des tiges, la vanne présente deux vides pour leur passage pendant l'ascension.

Les châssis et les vannes sont en fonte ; les tiges filetées en fer forgé et les écrous en bronze.

§ 3. — Grille filtrante.

Dans le premier compartiment du bassin de distribution, les eaux s'élèvent au-dessus de la margelle du mur antérieur, d'une hauteur en rapport avec la quantité d'eau à fournir, pour venir se déverser ensuite sur la grille filtrante.

Le compartiment réservé à la grille filtrante occupe une

longueur de $7^m,20$ à l'extérieur des murs ; sa largeur est celle du bassin.

Le mur vers l'amont, dont la face est droite dans le premier compartiment, forme déversoir dans le second. Son épaisseur au sommet est de $0^m,50$, tandis qu'à la base, elle atteint $3^m,50$. Le mur vers l'aval est élevé à $1^m,70$ du pied du dernier gradin du déversoir ; il présente une épaisseur de 2 mètres sur 3 mètres de hauteur.

A ce niveau, l'épaisseur est ramenée à 1 mètre.

La retraite de 1 mètre est couronnée par une assise en pierres de taille présentant une gorge de $0^m,38$ de diamètre, courant sur toute la largeur du bassin.

A la base de ce mur sont ménagées deux ouvertures de 2 mètres de largeur sur $1^m,50$ de hauteur, fermées par des voûtes surbaissées d'une flèche de 0^m50.

La grille occupe tout le vide laissé entre les têtes de mur ; elle affleure vers l'amont avec la margelle et vers l'aval avec le petit chenal, s'inclinant ainsi de $0^m,50$ sur sa longueur.

Cette grille repose sur un gîtage en poutrelles de fer de $0^m,25$ de hauteur.

Ces poutrelles, au nombre de huit, sont espacées de $0^m,70$ d'axe en axe ; elles ont une longueur de $5^m,10$ et portent de $0^m,20$ dans les murs d'amont et d'aval. Des entretoises en fer plat de $0^m,12$ sur $0^m,01$ d'épaisseur, affleurant avec le dessus des poutrelles, divisent les entrevous en carrés de $0^m,70$ de côté d'axe en axe des poutrelles et des entretoises.

La grille est formée de châssis en fer équerre recouverts d'une tôle perforée de trous de cinq millimètres. Ces châssis s'engagent dans les carrés et sont retenus par le bord supérieur de l'encadrement.

Dans la paroi antérieure du bassin et en prolongement du chenal est établie une vanne de $0^m,38$ de diamètre dite *vanne circulaire du filtre.* (Pl. X, fig. 6 à 9.)

Cette vanne est renfermée dans une caisse rectangulaire en fonte dont la face extérieure porte une tubulure venue de fonte ; le côté vers l'intérieur est ouvert. Deux saillies

recouvrent l'épaisseur des deux parois verticales et forment, avec une retraite ménagée dans le corps de la caisse, une rainure dans laquelle est guidée la vanne.

Les deux parois horizontales forment l'une le fond, l'autre le chapeau.

Un peu au-dessous du chapeau, une cloison divise la caisse en deux compartiments.

La vanne est un disque portant latéralement deux guides qui glissent dans les rainures formées dans la caisse. A son sommet, un estomac venu de fonte tient emprisonné un écrou dans lequel s'engage une tige de manœuvre.

Suivant son diamètre vertical, se trouve ménagé un vide dans lequel vient se loger la tige pendant son ascension.

La tige filetée porte à sa partie supérieure une embase retenue dans la cloison inférieure au chapeau.

Un orifice ménagé dans le chapeau donne accès à la tête de la tige.

La nappe liquide qui viendra se déverser sur la grille exigera pour s'écouler une surface d'autant plus grande que cette nappe présentera une plus forte épaisseur.

Pour un certain débit, la grille étant nettoyée, cette surface sera d'abord un minimum. Au bout d'un temps plus ou moins long, selon la pureté des eaux, les matières en suspension boucheront certaines ouvertures et formeront à la limite de filtration des eaux sur la grille, un petit bourrelet qui sera constamment entraîné par le courant, de façon à donner à la nappe le même écoulement en découvrant de nouveaux vides.

Les matières en suspension récoltées dans le canal transversal seront évacuées par la vanne du filtre, qui les déversera dans un petit chenal en pierre de taille placé sur la voûte du canal de secours; de là elles tomberont par un regard dans un égout qui débouche sur le déversoir du bassin de distribution.

Ce nettoyage s'effectuera rapidement et sans interruption d'aucune partie du service.

Lorsqu'un nettoyage plus parfait sera reconnu nécessaire,

on laissera s'accumuler les eaux dans le compartiment de la grille filtrante. A cet effet, on interceptera la communication avec le bassin de distribution proprement dit et, pour ne pas interrompre complètement le service de l'aqueduc, on donnera une certaine ouverture aux vannes de secours.

La vanne du filtre, soulevée, laissera évacuer les eaux qui auront remis en suspension les matières engagées dans les orifices.

Si l'encrassement devenait trop considérable, il resterait la ressource d'enlever les châssis, travail qui se ferait avec la plus grande facilité.

§ 4. — Appareil de jauge.

Les eaux traversent la grille filtrante, tombent sur le déversoir et sont amenées, par les ouvertures ménagées dans le mur d'avant, dans le troisième compartiment. Celui-ci mesure $6^m,75$ de longueur et communique directement avec le bassin de distribution proprement dit. A $2^m,40$ du mur limitant le second compartiment, un mur de $2^m,95$ de hauteur est établi en déversoir vers l'aval. Ce mur sert d'assise à l'appareil de jauge. (Pl. X, fig. 10 à 12.)

L'appareil de jauge consiste en une cloison en fonte posée en travers du courant et parfaitement encastrée par sa base dans la tête de mur et par ses côtés dans les murs latéraux du bassin.

Cette cloison a une hauteur totale de $1^m,26$; elle est percée d'un orifice longitudinal qui a 2 mètres dans le sens horizontal et $0^m,50$ de hauteur ; l'arête supérieure de la plaque se trouve à $0^m,60$ du centre de l'orifice.

Deux saillies courant sur les longs côtés de l'orifice forment, avec les bords de celui-ci, deux rainures dans lesquelles manœuvre une glissière.

Les parties en contact sont garnies de bronze.

Cette glissière est mise en mouvement par une tige filetée et un écrou emprisonné dans un renflement venu de fonte à la glissière.

La tige est commandée par un engrenage à vis sans fin, dont la manœuvre se trouve au niveau du sol.

Les proportions de l'appareil de jauge sont telles qu'un tour de l'arbre moteur donne une ouverture de 1 millimètre et un écoulement de 1 litre par seconde; par conséquent, l'ouverture complète donnera 2 mètres cubes à la seconde.

Deux problèmes peuvent se présenter :

Ou bien *déterminer le volume d'eau qui s'écoule à un moment donné ;*

Ou bien *fournir une quantité d'eau fixée à l'avance.*

Dans le premier cas, on laisse les appareils régulateurs dans l'état où ils se trouvent ; on manœuvre la glissière pour que les eaux, dans le compartiment de jauge, atteignent le sommet de la plaque sans le dépasser : le degré d'ouverture de l'orifice chargé donnera la mesure exacte de l'écoulement par seconde.

Pour le second cas, on amène la glissière à une position correspondant au volume demandé avec la charge de $0^{m},60$, et on ouvrira l'appareil régulateur, pour que les eaux atteignent exactement le dessus de la plaque.

Une bonde de décharge (pl. X, fig. 13 et 14), placée un peu en contre-bas du radier du bassin, dans le compartiment de jauge, permet, dans le cas de réparation, d'évacuer complètement les eaux du compartiment aussi bien que celles du compartiment de la grille filtrante.

La bonde de décharge consiste en une soupape en bronze reposant sur un siége de fonte garni en bronze ; la manœuvre se fait au moyen d'une tige filetée à la partie supérieure, traversant un écrou fixé dans un bâti. Ce bâti est au niveau du radier.

La partie filetée de la tige et l'écrou sont en bronze.

§ 5. — Bassin de distribution proprement dit.

Les eaux jaugées tombent sur le déversoir, qui les amène dans le bassin de distribution proprement dit.

Ce bassin est une enceinte maçonnée de forme rectangulaire, dont le radier est établi à la cote 17,50, c'est-à-dire à

1 mètre en contre-bas du niveau général du bassin et de l'aqueduc, et le couronnement du mur à la cote 22.

Les longs côtés du rectangle sont reliés vers l'amont avec les ouvrages précédents et vers l'aval avec l'aqueduc.

Sur une partie de la longueur du petit côté faisant face à la rivière se trouve adossé un déversoir.

Sur l'autre partie de cette longueur est encastrée dans l'épaisseur du mur une vanne plate qui communique avec un canal débouchant sur les gradins du déversoir.

Un escalier établi sur le petit côté opposé permet l'accès au fond du bassin.

L'entrée de l'aqueduc est protégée par une vanne de garde.

Au-delà de la vanne, une bonde de décharge est logée en contre-bas du radier de l'aqueduc.

Cette bonde est reliée à une conduite en fonte qui débouche sur le déversoir.

Un petit pavillon est élevé à l'entrée de l'aqueduc.

Le déversoir, pour le trop plein du bassin de distribution, est relié avec le lit de la Gileppe par une série de gradins disposés entre deux bajoyers.

La cote au sommet est $19^{m},90$; celle de la base est 6 mètres.

Ce déversoir retient les eaux de l'aqueduc jusqu'à $0^{m},10$ de la naissance des voûtes. Le débit de l'aqueduc est alors de $1^{m^3},410$ par seconde.

En prévision de besoins plus grands, on a pensé à augmenter le volume débité par l'aqueduc.

Dans ce but, on a surmonté le déversoir en maçonnerie d'un déversoir mobile. (Pl. X, fig. 15 à 17.)

Celui-ci permettra d'amener la lame d'eau dans l'aqueduc jusqu'à 2 mètres de hauteur, ce qui correspondra à un débit de 2 mètres par seconde.

Il comprend une plaque mobile en fonte de $0^{m},50$ de hauteur semblable aux vannes à glissière, et qui fonctionne comme elles dans un encadrement en fonte.

Pour le passage au-dessus du déversoir, on a établi une passerelle formée de deux longerons en fonte avec tablier en bois.

La vanne placée à côté du déversoir a son assise au niveau

du sol du bassin, ce qui permettra, au besoin, la vidange complète des eaux. Elle est construite comme les vannes de secours.

La vanne de garde (pl. XI, fig. 1 à 3) comprend un châssis dans lequel glisse une vanne plate, du même système que les précédentes. Elle établit ou interrompt la communication entre le bassin de distribution et l'aqueduc.

La bonde de décharge permettra l'assèchement complet du radier de l'aqueduc en ce point.

La manœuvre de la vanne de garde et de la bonde de décharge se fera dans le petit pavillon, où seront également installés des appareils d'observation, échelles, flotteurs, manomètres, etc.

M. — MANŒUVRES DES APPAREILS.

Les divers obturateurs du puits et du bassin de distribution sont mis en mouvement au moyen de vis commandées à l'aide de transmissions à engrenages ou par des vis sans fin et des engrenages.

Dans le cas d'une modification au régime des eaux, on peut avoir à mettre en mouvement presque tous les appareils à la fois.

La manœuvre à la main de chacun des appareils, dont la marche devra être modifiée, demanderait un temps très-long, 30 à 40 minutes, sans compter que l'impossibilité d'opérer certains mouvements simultanés, si l'on emploie le travail d'un seul homme, amènerait des irrégularités dans le service.

L'emploi comme force motrice des eaux du réservoir remédie aux inconvénients du travail manuel. Il donne la promptitude des mouvements, leur simultanéité d'une façon peu coûteuse et sûre.

Le problème à résoudre comporte quatre points :

1° *Mettre en mouvement, soit pour ouvrir ou pour fermer alternativement ou simultanément, tous les appareils régulateurs ou de distribution ;*

2° *Soustraire automatiquement à l'action du moteur la*

manœuvre des divers appareils, lorsqu'ils seront arrivés à l'une ou à l'autre des extrémités de leur course;

3° *Faire exécuter au moteur un travail fixé d'avance, c'est-à-dire opérer l'ouverture ou la fermeture des appareils d'une quantité déterminée;*

4° *Se réserver le moyen de commander les diverses manœuvres à la main.*

Au fond du puits de distribution, est établie une turbine de 0m,50, qui reçoit les eaux avec toute leur pression par une conduite branchée sur les tuyaux de 0m,85 à l'amont des appareils de tête. (Pl. XI, fig. 4 et 5.)

Cette turbine est montée sur un arbre horizontal, et elle commande un arbre vertical au moyen d'une vis sans fin et d'un engrenage. Cet arbre s'élève jusque dans le bâti qui recouvre le puits. Un pignon conique, placé à son sommet, commande une roue folle sur un arbre horizontal reposant sur des crapaudines fixées au bâti; un encliquetage à griffes, glissant sur cet arbre horizontal, peut le rendre solidaire de la roue folle. (Pl. XI, fig. 6 à 8.)

Cet arbre est destiné à la manœuvre des appareils du puits.

Sous le bâti, l'arbre vertical porte un second pignon conique, commandant un engrenage conique calé sur un arbre horizontal. Celui-ci met en mouvement des arbres horizontaux placés au-dessus des appareils du bassin de distribution.

La turbine est manœuvrée par un levier agissant sur un arbre horizontal posé dans le bâti. Cet arbre, au moyen de leviers de transmission et d'une bielle, en commande un second, qui porte une manivelle agissant sur la tige de manœuvre.

Pour chaque mouvement se trouvent placées, sur l'arbre horizontal de transmission correspondant, deux roues d'angle qui sont folles et qui reposent sur des paliers dans lesquels elles tournent librement; les faces opposées des estomacs de ces roues présentent des creux correspondant aux saillies d'un manchon à griffes qui court sur l'arbre. (Pl. XI, fig. 9 à 13.)

Ces deux roues engrènent avec une troisième qui est calée à l'extrémité de la vis de manœuvre ou de l'arbre qui commande cette vis.

Entre les deux roues folles, le double manchon à griffes peut glisser sur l'arbre, mais tourne avec lui, résultat obtenu en pratiquant à l'intérieur de l'estomac du manchon une rainure qui correspond à une saillie de l'arbre.

Selon qu'on poussera le manchon à droite ou à gauche, le mouvement se transmettra à l'arbre vertical dans l'un ou l'autre sens. Les vis de manœuvre étant fixes, les écrous se déplaceront en montant ou en descendant, entraînant avec eux les obturateurs dont ils sont solidaires.

Pour arrêter la marche des appareils aux extrémités de leur course, on a recours à la disposition suivante.

Une vis, posée horizontalement, reçoit le mouvement de l'arbre moteur par un pignon et un engrenage. Un arbre fixe, également horizontal, est placé à l'avant de la vis.

Deux taquets, toujours distants d'une longueur invariable, sont engagés sur la vis sans fin et glissent dans une douille sur cet arbre. A chaque extrémité de leur course, ils atteignent un levier d'embrayage qui ramène le manchon entre les deux roues d'angles folles sur l'arbre horizontal.

Pour modifier dans un sens ou dans l'autre la position acquise, l'embrayage à droite ou à gauche doit se faire à la main.

Pour opérer l'ouverture ou la fermeture d'une quantité déterminée, deux taquets mobiles, tournant autour de l'arbre antérieur, sont conduits par un demi-écrou qui se rabat sur la vis.

Le taquet, amené à la main en un point de la vis correspondant à la position qu'on veut donner à l'obturateur, vient, après un certain nombre de tours de l'arbre moteur transmis à la vis, buter contre le levier d'embrayage et la manœuvre cesse.

Pour commander les diverses manœuvres à la main, est placée sur chaque bâti une vis sans fin qui commande, au moyen d'un engrenage, l'arbre horizontal, ou bien des transmissions d'engrenage agissent sur la vis de manœuvre des obturateurs.

Enfin, une transmission de mouvement indique, sur un cadran placé au-dessus de la manœuvre, le degré d'ouverture de l'orifice.

N. — BASSIN D'ALIMENTATION DE LA VESDRE. (Pl. XII.)

Le bassin pour l'alimentation de la Vesdre est relié au puits de distribution par une galerie d'une vingtaine de mètres de longueur.

Ce bassin consiste également en un chenal à ciel ouvert, à peu près parallèle au déversoir de superficie du barrage. Il mesure, à l'intérieur des murs, 12 mètres de long sur 5 de large. Trois appareils y sont disposés, un brise-lames, une plaque de jauge semblable à celle du bassin de distribution et une roue de jauge, dont l'emploi a été préconisé par M. l'ingénieur Maus.

Un déversoir, succédant à ce dernier appareil, se raccorde avec le lit de la Gileppe.

Une bonde de décharge, placée à l'extrémité et en contrebas du premier compartiment, permettra, en cas de besoin, l'évacuation complète des eaux.

Deux conduites de $0^m,85$, reliées aux vannes à coin du puits de distribution, traversent la galerie et viennent déboucher dans le brise-lames.

Un mur gauche, partant de la façade aval de la galerie et longeant le côté droit du déversoir sur une longueur de 17 mètres, prévient la descente des terres.

O. — AQUEDUC. — GRANDES ARTÈRES DE VERVIERS.

L'aqueduc qui amène les eaux de la Gileppe à Verviers prend naissance à environ 170 mètres du pied du barrage; sa largeur est de 2 mètres; les pieds-droits ont $1^m,50$ de hauteur et sont réunis par une voûte en plein-cintre; le radier présente une surface plane.

L'aqueduc passe sur le territoire de Jalhay, traverse la vallée de la Borchène, passe à Goé, Limbourg, Stembert et se termine à proximité du Tir communal de Verviers, au lieu dit « *les Roches*, » par une cuve de distribution.

Sa longueur totale est de 9,000 mètres ; la pente est de quinze centimètres par kilomètre.

De distance en distance sont établis des regards avec décharge.

Les pieds-droits de l'aqueduc sont en moellons ; le radier en béton ; la voûte est en briques sur une partie de sa longueur, en béton sur l'autre partie.

L'enduit en mortier de ciment qui recouvrait d'abord les pieds-droits a été appliqué jusqu'à $0^m,55$ au-dessus de la naissance des voûtes, pour le cas où la lame d'eau atteindrait 2 mètres de hauteur, ce qui correspond à un écoulement de 172,800 mètres cubes par 24 heures.

L'aqueduc peut emmagasiner 25,000 mètres cubes d'eau.

La cuve de distribution se trouve à environ 85 mètres du niveau moyen de la ville de Verviers et à 114 mètres du seuil de l'Hôtel communal d'Ensival.

De cette cuve partiront quatre conduites en fonte de $0^m,60$ de diamètre intérieur, dont l'entrée est protégée par une bonde de décharge.

Deux conduites sont actuellement placées.

Elles sont posées parallèlement sur une certaine longueur, puis se bifurquent ; l'une passe sous le sol des rues voisines du lit de la Vesdre, l'autre continue à peu près en ligne droite, en empruntant les rues écartées du lit de la rivière.

La première artère arrive au pont des Récollets, passe sous le lit de la rivière et continue jusqu'au pied de la rue de Dison.

La deuxième artère arrive au carrefour de l'Harmonie ; un branchement de $0^m,50$ se dirige vers Gérard-Champs et la commune d'Ensival, tandis que la conduite de $0^m,60$ arrive au Pont du Chêne, passe sous le lit de la rivière et vient se raccorder avec la première au commencement de la rue de Dison.

De ce point partira une conduite de $0^m,60$ pour alimenter la commune de Dison.

La commune de Hodimont est alimentée par une conduite de $0^m,40$, branchée sur la conduite de $0^m,60$ allant à Dison et reliée, en traversant le Pont Léopold, à la conduite de $0^m,50$ desservant Ensival.

On pouvait passer sous le lit de la rivière en conservant à la conduite sa section, ou bien passer sous le pavage du pont, au moyen de plusieurs conduites d'un plus faible diamètre.

On a suivi ce dernier mode, qui offre moins de chances de rupture ou d'arrêts de service que le premier.

A cet effet, la conduite de $0^m,40$ au-delà du pont se divise en deux conduites de $0^m,30$, qui se subdivisent à leur tour en deux conduites de $0^m,20$. Les quatre conduites de $0^m,20$ se réunissent deux à deux en-deçà du pont en deux conduites de $0^m,30$, lesquelles se relient à la conduite de $0^m,40$.

P. — BARRAGE DE LA BORCHÈNE.

L'aqueduc d'amenée des eaux à Verviers devait traverser la vallée de la Borchène.

Parmi les moyens proposés, on s'est arrêté à l'idée d'un barrage qui, en permettant le passage de la vallée, retiendrait en même temps les eaux de la Borchène. (Pl. XIII.)

Ce barrage comprend un mur se raccordant avec les deux flancs de la vallée. Il mesure 33 mètres de longueur suivant son axe longitudinal, 8^m50 de largeur et 6 mètres de hauteur sous le couronnement; vers l'amont, il présente une saillie rectangulaire de 17 mètres sur 11^m50, dont les côtés latéraux se prolongent dans l'épaisseur du mur jusqu'à la façade aval du barrage. C'est dans cette partie du barrage que sont installés tous les appareils de prise d'eau.

Les parties en retraite de part et d'autre de la saillie présentent une face droite vers l'amont et sont établies en déversoir vers l'aval. C'est par ces déversoirs que s'effectuera la décharge du trop-plein du réservoir.

L'aqueduc traverse longitudinalement le barrage; il passe en galerie sous les déversoirs, en conservant sa section; dans la partie centrale de l'ouvrage, l'aqueduc a 3 mètres de largeur, $2^m,75$ de pieds-droits, réunis par une voûte en plein cintre.

En prenant pour cote 0, l'assise du mur à l'amont, le

radier de l'aqueduc dans les déversoirs est à la cote 2,50 et à la cote 2,00 dans la partie centrale.

Dans la façade amont de la partie en saillie sont ménagées une niche centrale et quatre ouvertures, dont deux de chaque côté de l'axe.

L'assise de la niche centrale est à la cote 1,60; sa voûte est la cote 6.00.

Dans cette niche sont logées les extrémités de deux conduites en tuyaux de fonte, dont l'une débouche à la base, l'autre au sommet.

Ces conduites traversent le barrage sous le radier de l'aqueduc et sont reliées à une turbine.

Les quatre ouvertures sont munies de vannes plates; les ouvertures les plus rapprochées de la niche centrale ont leur radier à la cote 0; elles sont destinées à la prise d'eau; les deux ouvertures extérieures ont leur radier à la cote 2.00; elles sont destinées au nettoyage du filtre.

Deux ouvertures d'un même côté de l'axe débouchent dans un compartiment affecté à la grille filtrante; l'une au-dessous, l'autre au-dessus du filtre.

Une vanne, dont l'arête inférieure abaissée est à la cote 2.00, met en communication la partie supérieure du filtre avec l'aqueduc.

Une seconde vanne, établie à la cote 0, met en communication, par un canal de décharge, la partie inférieure du filtre avec le lit de la Borchène.

Deux vannes transversales à l'aqueduc permettent d'intercepter ou d'établir la communication entre la Gileppe et la Borchène; deux autres, placées symétriquement aux premières, isolent les réservoirs de la partie de l'aqueduc à l'aval de la Borchène ou les font communiquer avec elle.

Deux bondes de décharge, placées extérieurement aux vannes jumelles et en contre-bas du radier, permettent l'évacuation complète des eaux.

Elles sont mises en communication avec les canaux de décharge.

Dans un compartiment réservé dans la partie aval du barrage sont installés une turbine et un compteur.

La turbine est destinée à mettre en mouvement les différentes vannes.

En temps ordinaire, elle recevra ses eaux par la conduite inférieure de la niche centrale de la façade amont.

Lorsqu'on prévoira une crue rapide, on disposera la manœuvre des vannes de façon que la turbine mise en mouvement ouvre certains obturateurs et ferme les autres.

Le niveau des eaux s'élevant dans le réservoir atteindra l'orifice supérieur de la deuxième conduite en communication avec la turbine.

Le compteur est destiné à évaluer le volume des eaux qui s'écoulera par le déversoir. A cet effet, on a établi latéralement au déversoir un petit bassin dont l'arête supérieure est au même niveau que le premier gradin du déversoir. La longueur de cette arête et la largeur du déversoir sont dans un certain rapport.

En mesurant l'eau recueillie dans le petit bassin, on en déduira le volume d'eau déversé.

La disposition des vannes permet de satisfaire à toutes les exigences du service.

Les eaux sont amenées par les vannes de prises d'eau *k k*, sous les grilles filtrantes *b b*; elles les traversent de bas en haut et s'écoulent dans l'aqueduc par les vannes *n n*.

Pour nettoyer les filtres, on ferme les vannes *n n*, on ouvre les vannes *l* et *m*, les eaux arrivent sur les grilles, les traversent et s'écoulent dans les canaux de décharge par les vannes *m m*.

Pour alimenter le réservoir de la Borchène par le réservoir de la Gileppe, on ferme les vannes d'aval *o o* et on ouvre les vannes d'amont *o o*.

Pour laver les filtres avec les eaux de la Gileppe, on ferme les vannes d'aval *o o*, on ouvre les vannes *n* et *m*.

En terminant cette notice, nous regrettons de ne pouvoir citer tous ceux auxquels la ville de Verviers et les bords de la Vesdre sont redevables des bienfaits qu'est destiné à leur

procurer le bassin de la Gileppe; d'une part, les membres des Conseils provincial et communal et des assemblées législatives, qui ont déterminé le gouvernement à faire entreprendre les nombreuses études qui devaient aboutir au projet définitif de ce beau travail; d'autre part, les hommes techniques, qui ont participé à sa réalisation.

Nous avons eu déjà l'occasion de citer les noms de plusieurs de ces derniers; nous croyons ne pas pouvoir omettre d'ajouter à côté de ceux de MM. Bidaut, A. Donckier, Carez, Moulan, ceux de M. de Gemblinne, ingénieur qui collabora puissamment à la confection des plans et des calculs du projet de M. Bidaut; de M. Pinsart, qui fut chargé dès le commencement des travaux d'en régler l'exécution, comme ingénieur des ponts et chaussées, et continua à s'en occuper, dans la suite, comme ingénieur en chef; de M. Bodson, ingénieur civil des mines, qui fut attaché par le gouvernement à la surveillance spéciale des travaux et dirigea le percement des galeries et les premiers ouvrages du barrage, et de M. l'ingénieur des ponts et chaussées De Groote, qui a dirigé et mené à bonne fin tout le reste des travaux, assisté dans cette tâche difficile par M. le conducteur Nepper.

Nous devons à l'obligeance de ces ingénieurs, à celle de M. Bède et de l'administration communale de Verviers, d'avoir pu réunir les renseignements qui nous ont mis à même de publier cette notice; qu'il nous soit permis de leur adresser ici nos remercîments.

procurer le bassin de la Gélaque; d'une part, les membres des Conseils provincial et communal et des assemblées législatives, qui ont déterminé le gouvernement à faire entreprendre les manœuvres ainsi que devraient obtenir un projet définitif de ce bassin; d'autre part, les hommes techniques, qui ont participé à sa réalisation.

Nous avons eu déjà l'occasion de citer des noms de plusieurs de ces dernières, nous croyons ne pas pouvoir omettre d'ajouter à côté de ceux de MM. Hidaut, A. Demeldenaere, Houlan, ceux de M. de Gemmeline, ingénieur qui collabora puissamment à la confection des plans et des calculs du projet de M. Hidaut; de M. Finant, qui fut chargé des commencements des travaux d'en régler l'exécution, comme ingénieur des ponts et chaussées, et continua à en occuper, dans la suite, comme ingénieur en chef, de M. Bodson, ingénieur civil des mines, qui fut attaché par le gouvernement à la surveillance spéciale des travaux et dirigea le percement des galeries et les premières ouvrages du barrage, et de M. l'ingénieur des ponts et chaussées De Groote, qui a dirigé et mené à bonne fin tout le reste des travaux, assistés dans cette tâche difficile par M. le conducteur Tepper.

Nous devons à l'obligeance de ces ingénieurs, à celle de M. Bâhs et de l'administration communale de Verviers, d'avoir pu réunir les renseignements qui nous ont mis à même de publier cette notice; qu'il nous soit permis de leur adresser ici nos remerciments.

NOTES.

Pendant le cours des travaux de la prise d'eau de la Gileppe, il a été apporté quelques modifications dont nous signalons ici les plus importantes.

PAGE 41. — *Conduites traversant les serrements d'aval.*

Les serrements d'aval sont, de plus, traversés :

3° Au lieu de : Par une conduite de 0.10,..... *Par une conduite de 0.15 m.*

Et 4°, *Par une conduite de 0.15*, à un niveau supérieur aux trois conduites précédentes.

Cette conduite, terminée à l'aval par une vanne, permet d'établir un courant d'air entre le puits des appareils de tête et la galerie.

PAGE 51. — *Joints à brides.* — Pour les joints à brides, on s'est borné à ménager entre les brides, vers l'intérieur du tuyau, un intervalle suffisant pour recevoir une rondelle en plomb qui était au préalable enduite d'un mastic de minium et céruse par parties égales. Après serrage des boulons, on matait la rondelle par l'intérieur du tuyau.

Les brides présentaient en outre, vers l'extérieur, un espace en queue d'hironde destiné à y couler du plomb, si le joint était défectueux.

PAGE 60. — *Assemblage des pièces de la tige de la soupape à double siége.* — Les extrémités des pièces présentent une

gorge. Deux pièces consécutives sont réunies par deux demi manchons dont la surface interne présente deux saillies correspondant aux gorges des extrémités de 2 tronçons de la tige.

Les deux demi manchons sont serrés par deux frettes.

Ce mode présente plus de facilité pour le montage et offre plus d'économie que l'assemblage à traits de Jupiter.

PAGES 63 et 64. — *Appareils d'inondation, de vidange, etc.* — La conduite de 0.20, comme il a été dit, est terminée à l'amont par une courbe qui plonge jusqu'au fond du puits des appareils de tête; vers l'aval, la conduite se prolonge jusqu'au bout de la galerie, où une courbe et une vanne amènent son extrémité à 1.50 m. en contre-bas du point inférieur de l'extrémité amont.

Cette disposition a été prise dans le but d'assurer la vidange complète du puits par la conduite faisant siphon.

La conduite de 0.10 branchée à l'amont des appareils de tête, a été reliée à la conduite portant les soupapes E E (pl. VII, fig. 8), de façon à permettre l'amorçage du siphon de vidange.

Cette disposition permet encore de mettre les grandes conduites en charge.

La conduite de 0.15, destinée à la manœuvre des appareils automobiles, est reliée à la conduite portant les soupapes E' E', de façon à permettre aux eaux des appareils de se déverser dans la conduite.

Une tubulure portant une vanne, prise également sur la conduite de 0.15, permet de déverser les eaux dans la galerie.

PAGE 68. — *Vannes de sûreté à l'extrémité aval des conduites de la rive gauche.* — A la suite du paragraphe: « En outre, l'aqueduc qui doit conduire..... » Deux vannes de sûreté ont été établies sur les conduites de la rive gauche immédiatement à la sortie de la galerie et avant les courbes qui reportent la conduite à un niveau inférieur.

Cette disposition a été prise dans le but d'isoler complètement les conduites posées dans cette galerie, et partant d'utiliser les conduites de la rive droite dans le cas d'accident à l'amont de ces vannes.

PAGE 74. — *Grille filtrante. — Châssis.* — La grille est formée de châssis en fer équerre recouvert d'un treillis en fil de

fer galvanisé à mailles de 12 millimètres, lequel supporte un tissu métallique en fil de cuivre n° 70.

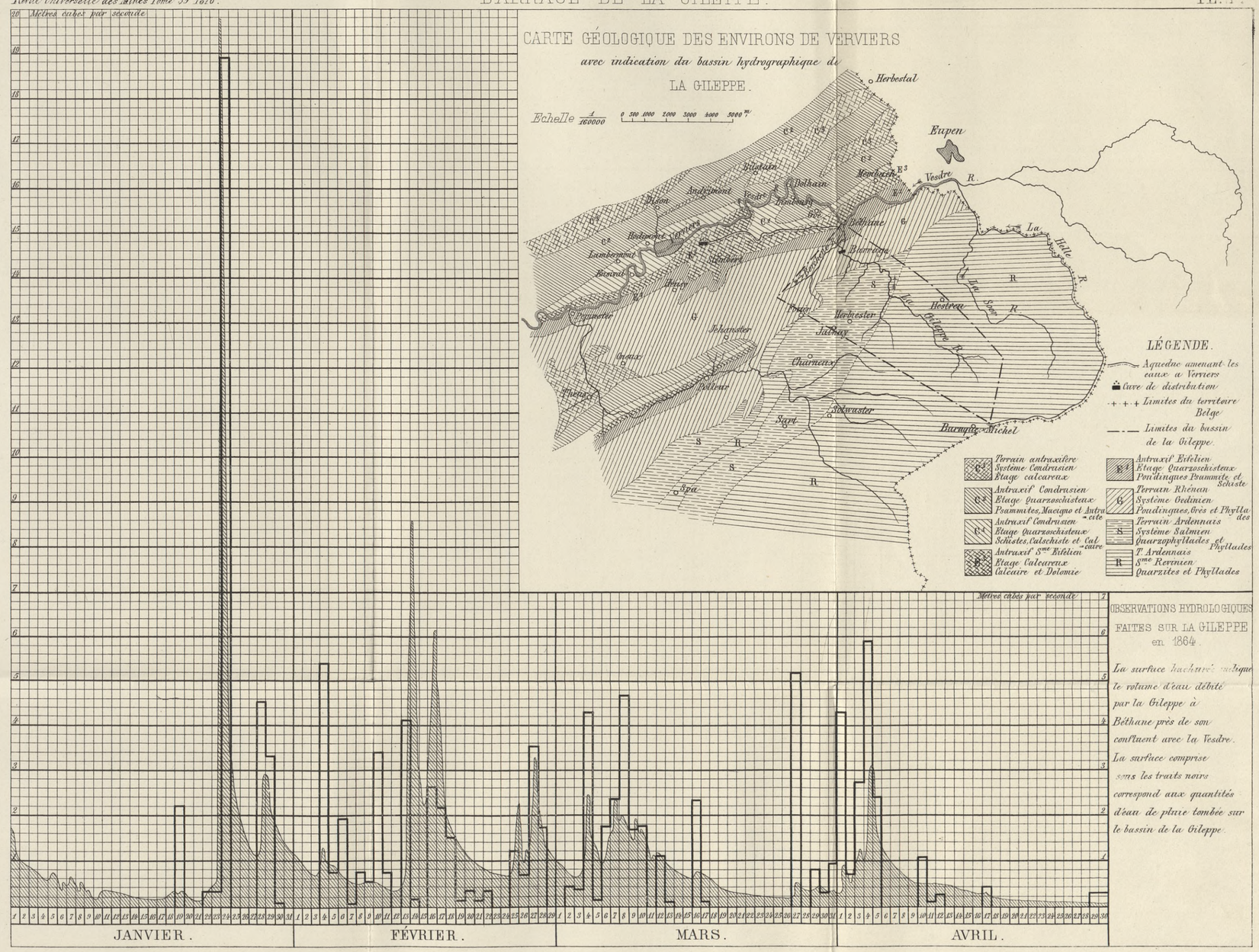
Le calibre n° 70 correspond à 70 vides par pouce courant de France ou par $0^m,02707$.

Page 80. — *Transmission de la turbine.* — Le mouvement de la turbine se transmet à l'arbre vertical au moyen d'un pignon, d'un engrenage droit et de deux engrenages coniques.

On a donc supprimé le système adopté d'abord d'une vis sans fin et d'un engrenage.

Ce changement a été motivé par l'échauffement de la vis sans fin.

BARRAGE DE LA GILEPPE.



Paris Liége Imprimerie de la Revue Universelle.

BARRAGE DE LA GILEPPE.

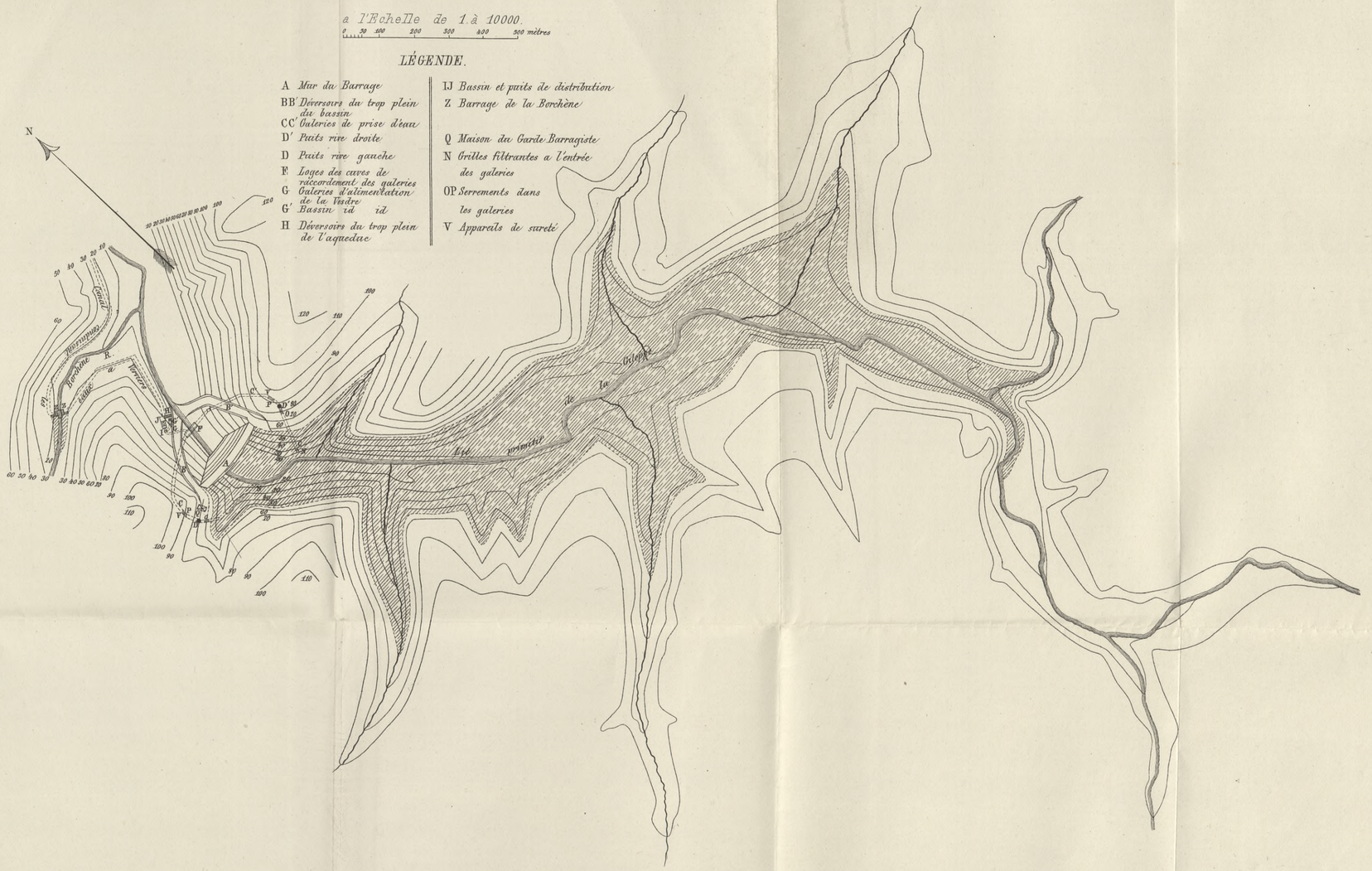
PLAN GÉNÉRAL
DU LAC RÉSERVOIR DE LA GILEPPE.

a l'Echelle de 1 à 10000.

0 50 100 200 300 400 500 mètres

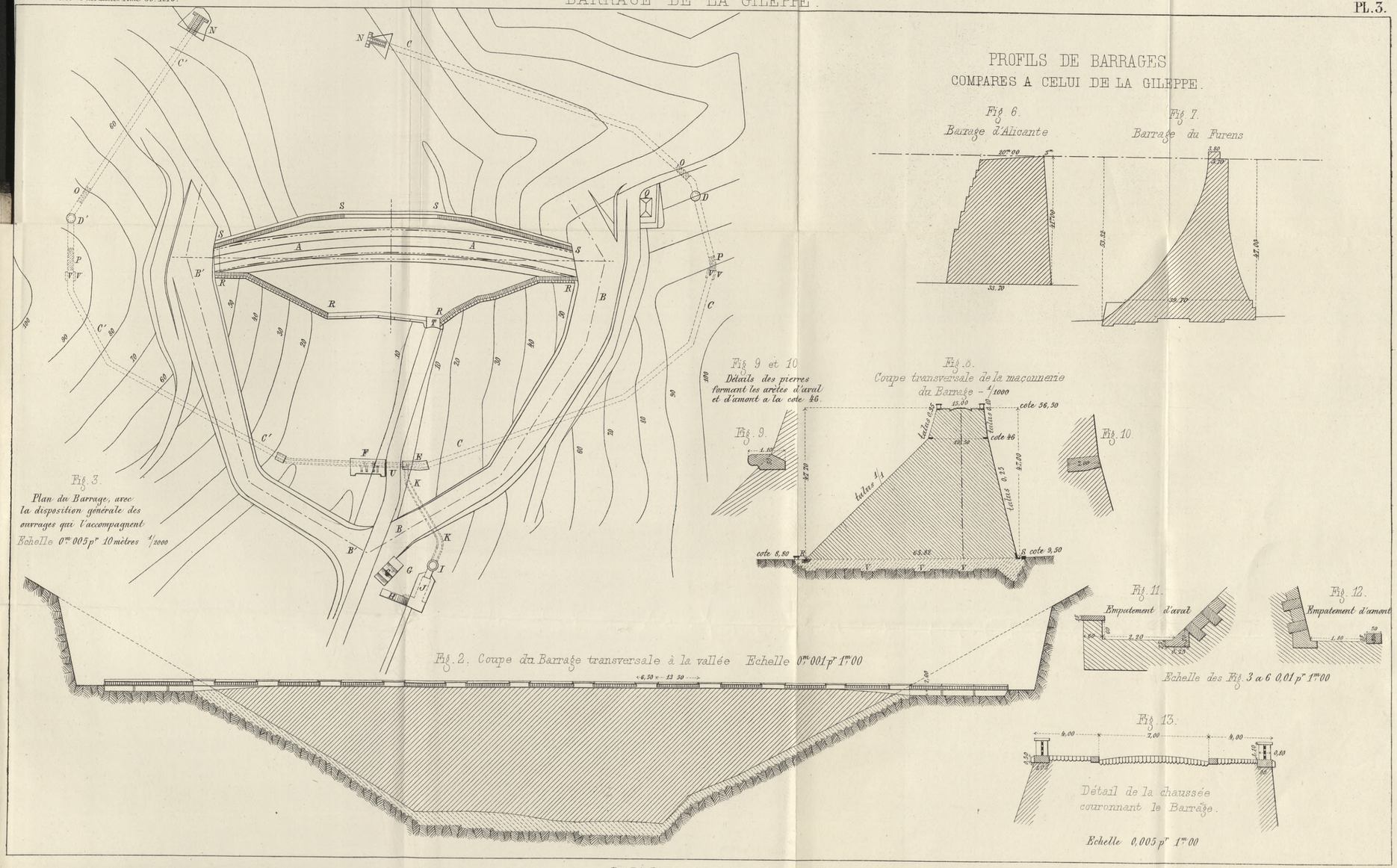
LÉGENDE.

A *Mur du Barrage*
BB' *Déversoirs du trop plein du bassin*
CC' *Galeries de prise d'eau*
D' *Puits rive droite*
D *Puits rive gauche*
E *Loges des cuves de raccordement des galeries*
G *Galeries d'alimentation de la Vesdre*
G' *Bassin id id*
H *Déversoirs du trop plein de l'aqueduc*
IJ *Bassin et puits de distribution*
Z *Barrage de la Borchène*
Q *Maison du Garde Barragiste*
N *Grilles filtrantes a l'entrée des galeries*
OP *Serrements dans les galeries*
V *Appareils de sureté*



Paris Liége Imprimerie de la Revue Universelle.

BARRAGE DE LA GILEPPE.



Paris Liége Imprimerie de la Revue Universelle.

BARRAGE DE LA GILEPPE

Disposition générale des appareils de prise et de distribution d'eau.

ECHELLES { Fig 1 1/1000 ; Fig 2 et 3 1/500

Fig 1.
Plan par la ligne ABCD de la Fig 2.

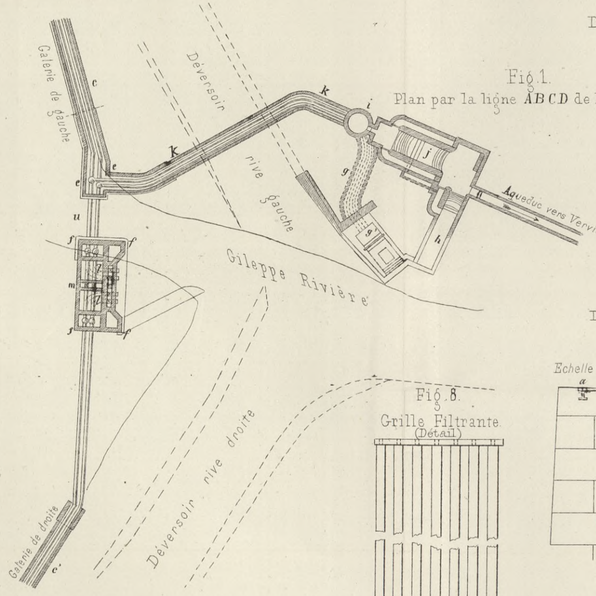
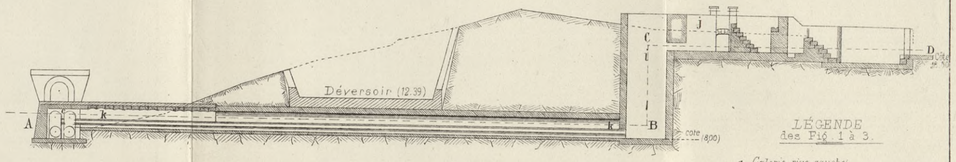


Fig 2
Coupe suivant l'axe de la galerie (k) et du bassin (j)



LÉGENDE
des Fig 1 à 3.

c. Galerie rive gauche
c' id rive droite
e. Loge des cuves pour raccordement des conduites ainsi avec le bassin de distribution et d'alimentation de la Vesdre.
k. Galerie de raccordement avec le puits de distribution.
i. Puits de distribution.
j. Bassin de distribution.
g. Galerie d'alimentation de la Vesdre.
q. Bassin avec brise-lames et mugueur
h. Déversoir du bassin de distribution
l. Conduites et Vannes de décharge.
m. Vannes de communication des deux galeries
f. Loges des cuves de raccordement entre les deux galeries et des conduites de décharge.
u. Cunette amenant les eaux du glacis.

Fig 9.
Détails de la tête et du Couronnement des bajoyers.

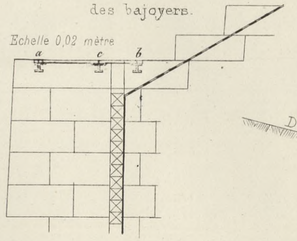


Fig 3.
Coupe suivant l'axe du déversoir de la rive gauche.

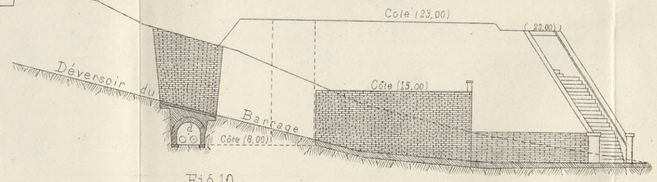


Fig 8.
Grille Filtrante
(Détail)

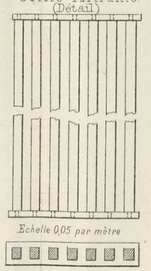
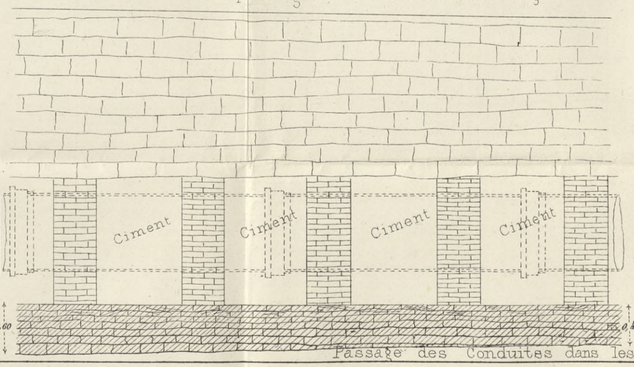


Fig 10.
Coupe longitudinale suivant AB de la Fig 11.



Passage des Conduites dans les Serrements

Fig 11.
Coupe transversale face aval du serrement

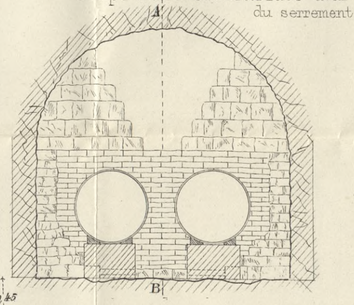


Fig 4.
Elévation et Coupe par CD

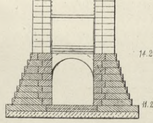


Fig 5.
Coupe longitudinale

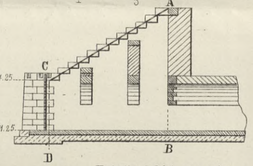


Fig 6.
Coupe par AB

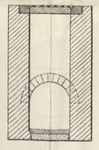
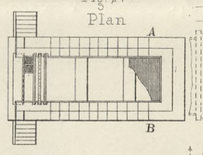


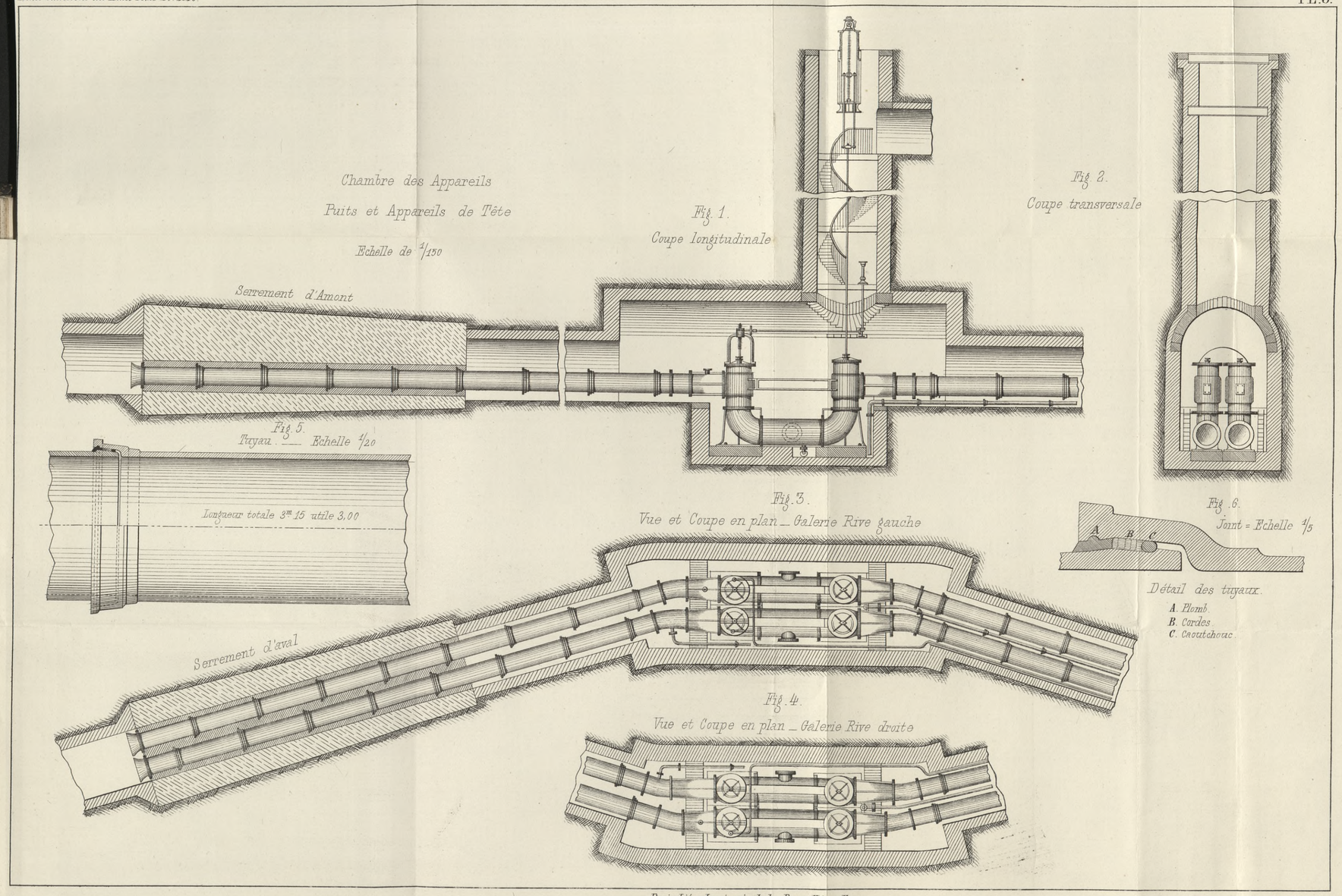
Fig 7.
Plan



Echelle 0,004 par mètre
Grille filtrante et Barrage à poutrelles.

Paris Liége. Imprimerie de la Revue Universelle.

BARRAGE DE LA GILEPPE.



Paris Liége Imprimerie de la Revue Universelle.

BARRAGE DE LA GILEPPE.

Appareils de Tête.

LÉGENDE

A Soupape automobile

B Soupape à double siège placée au fond du puits et manoeuvrée à la main.

C Vis sans fin pour le mouvement de la tige qui limitera la course de la soupape automobile.

D Soupape d'arrêt à la naissance de la conduite de 0,10 qui sert à la manoeuvre automatique.

E. Trou d'homme

F. Tubulure de décharge.

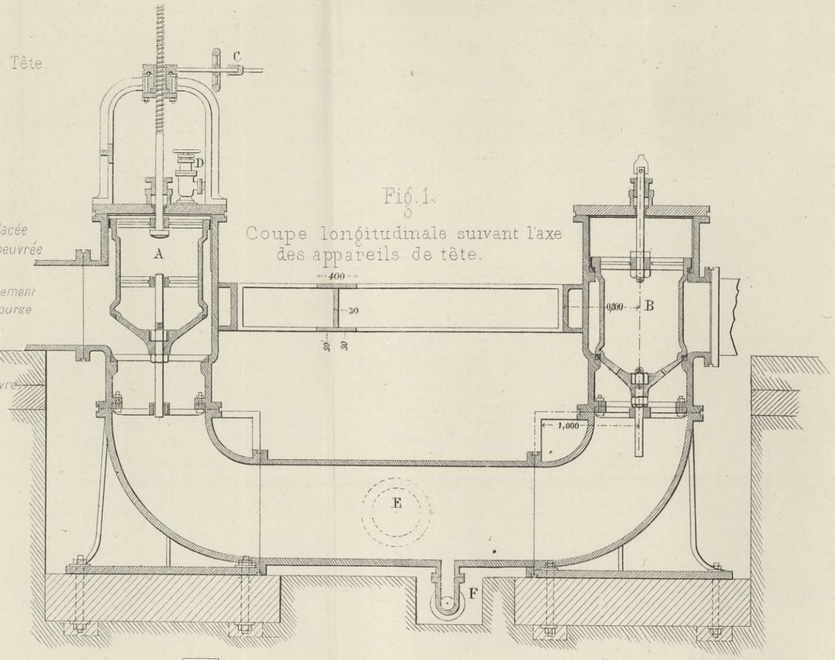


Fig. 1.
Coupe longitudinale suivant l'axe des appareils de tête.

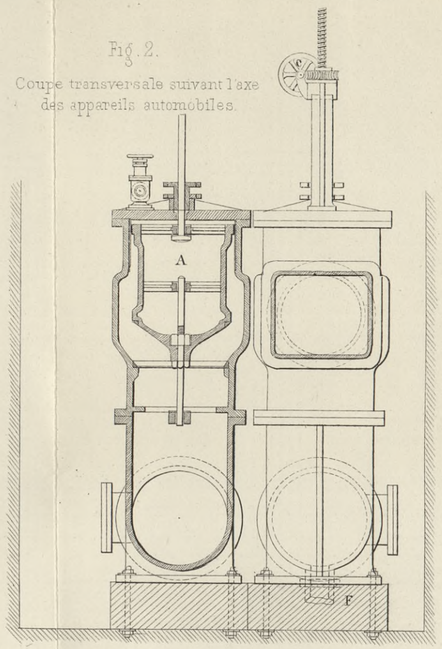


Fig. 2.
Coupe transversale suivant l'axe des appareils automobiles.

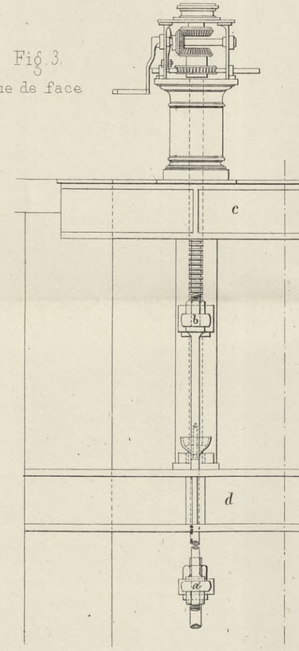


Fig. 3.
Vue de face

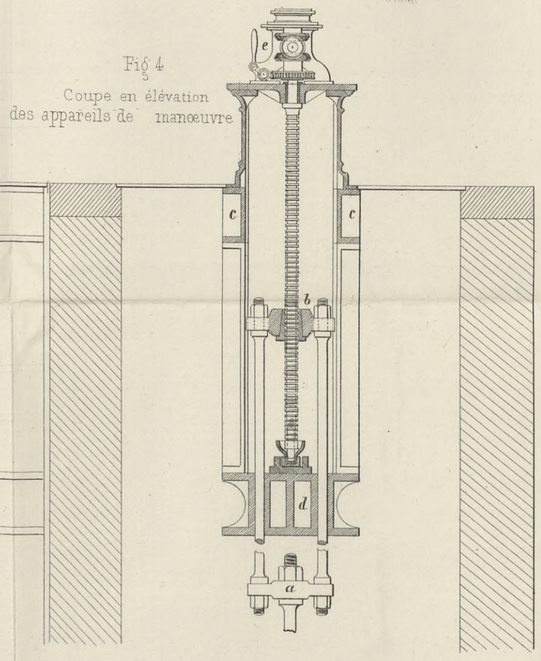


Fig. 4
Coupe en élévation des appareils de manœuvre

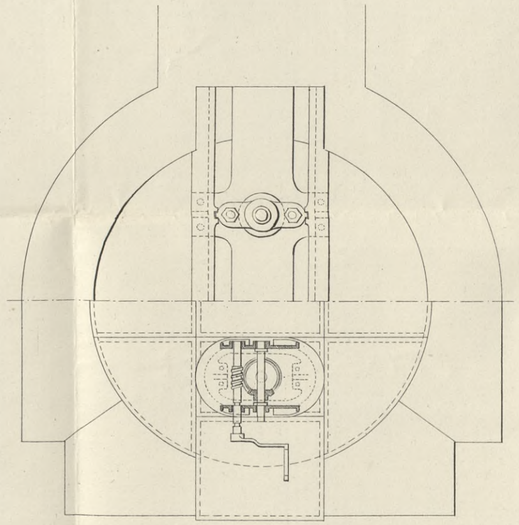
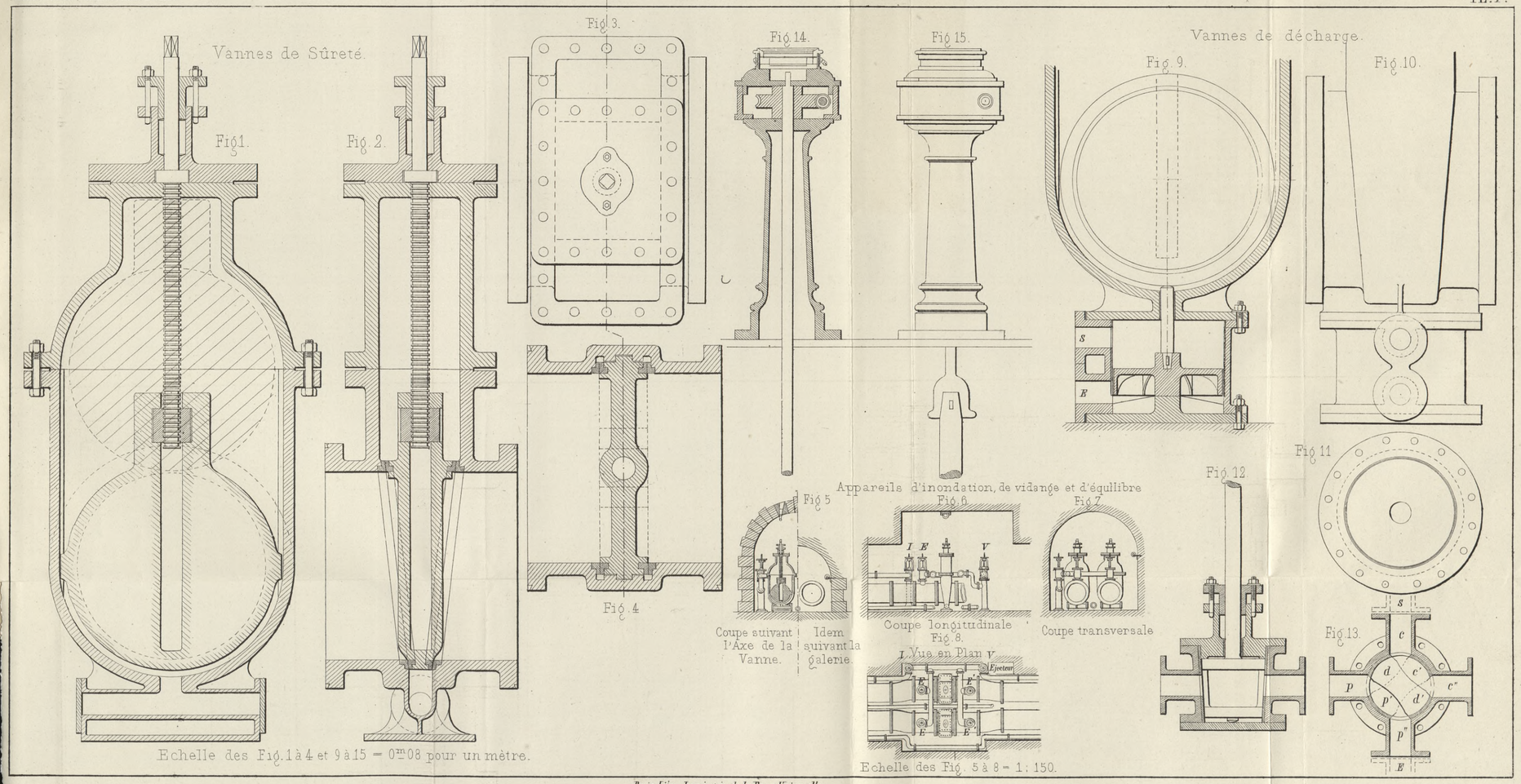


Fig. 5
Coupe et Vue en plan de l'Oeil des Puits

Echelles { Fig 1 et 2 : 1 à 50. Fig 3, 4 et 5 : 1 à 40

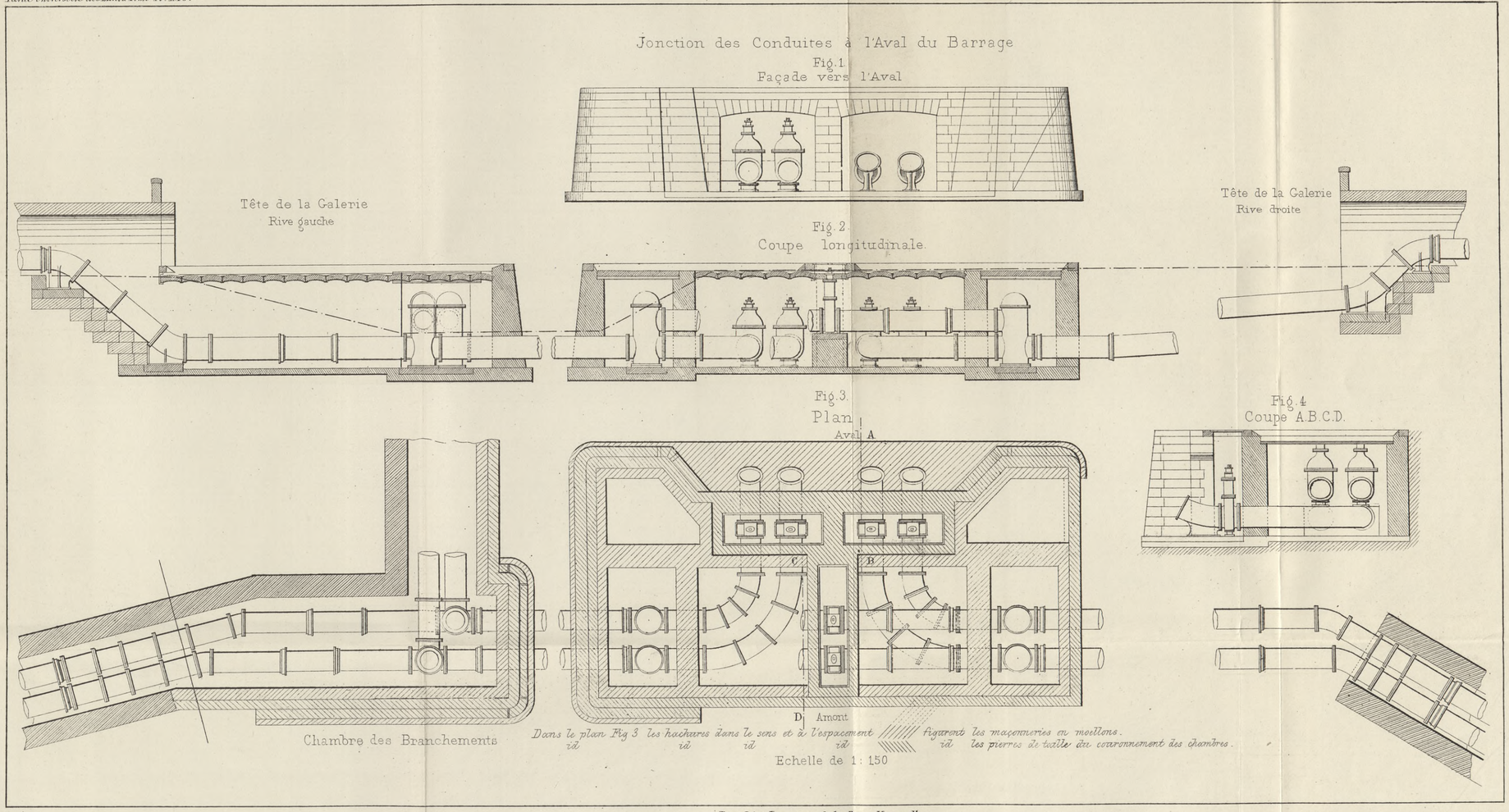
Paris Liége Imprimerie de la Revue Universelle.

BARRAGE DE LA GILEPPE.



Paris Liége. Imprimerie de la Revue Universelle.

BARRAGE DE LA GILEPPE



Paris Liége. Imprimerie de la Revue Universelle.

BARRAGE DE LA GILEPPE.

Puits et Bassin de Distribution

Fig. 1.
Coupe longitudinale.

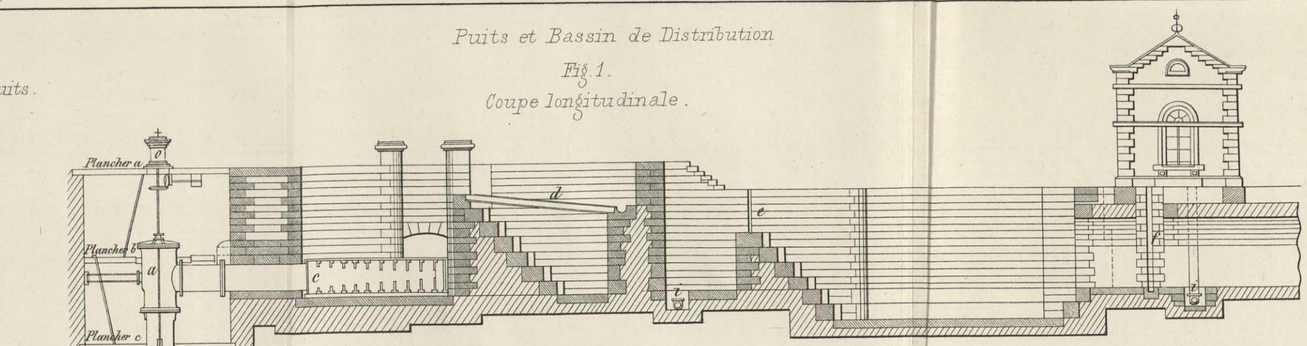
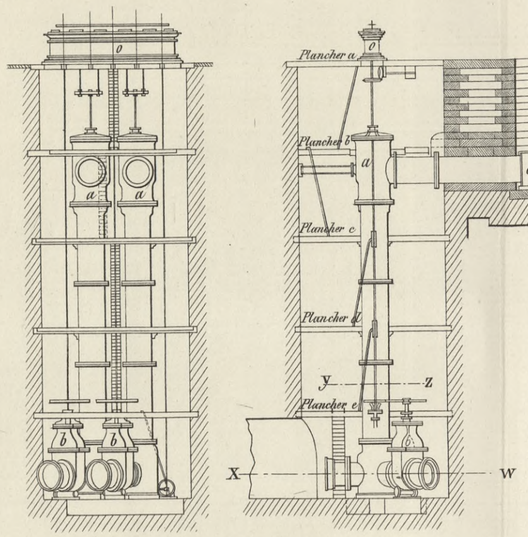


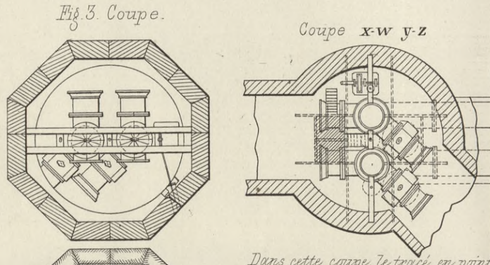
Fig. 2.
Coupe transversale du puits.



LÉGENDE.

- a Soupapes équilibrées pour régulariser le régime de l'aqueduc.
- b Vannes-à-coin pour l'alimentation de la Vesdre.
- c Brise-lames.
- d Grille filtrante.
- e Appareil de jauge.
- f Vanne de garde.
- g Déversoir pour la décharge du trop plein.
- h h Conduits de secours. h' h' Vannes de secours. h'' h'' Grilles verticales.
- i Bondes de décharge.
- k Passerelle.
- l Flotteur.
- m Vanne circulaire du filtre.
- n Vanne de vidange du bassin.
- o Bâti supportant les appareils de manœuvre.

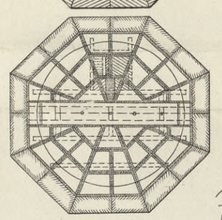
Fig. 3. Coupe.



Coupe x-w y-z

Dans cette coupe, le tracé en pointillé figure les planchers c d e, l'échelle pointillée est la même pour c et d, seule la dernière e diffère; elle figure en traits continus.

Fig. 4.
Vue de dessus.



Dans la Fig. 4 la charpente du plancher supérieur a est représentée en traits continus, les hachures figurent les joints des tôles. L'échelle en traits continus est celle qui part du 1er plancher.
Le tracé en pointille se rapporte exclusivement à 2e plancher b.

Fig. 5. Plan.

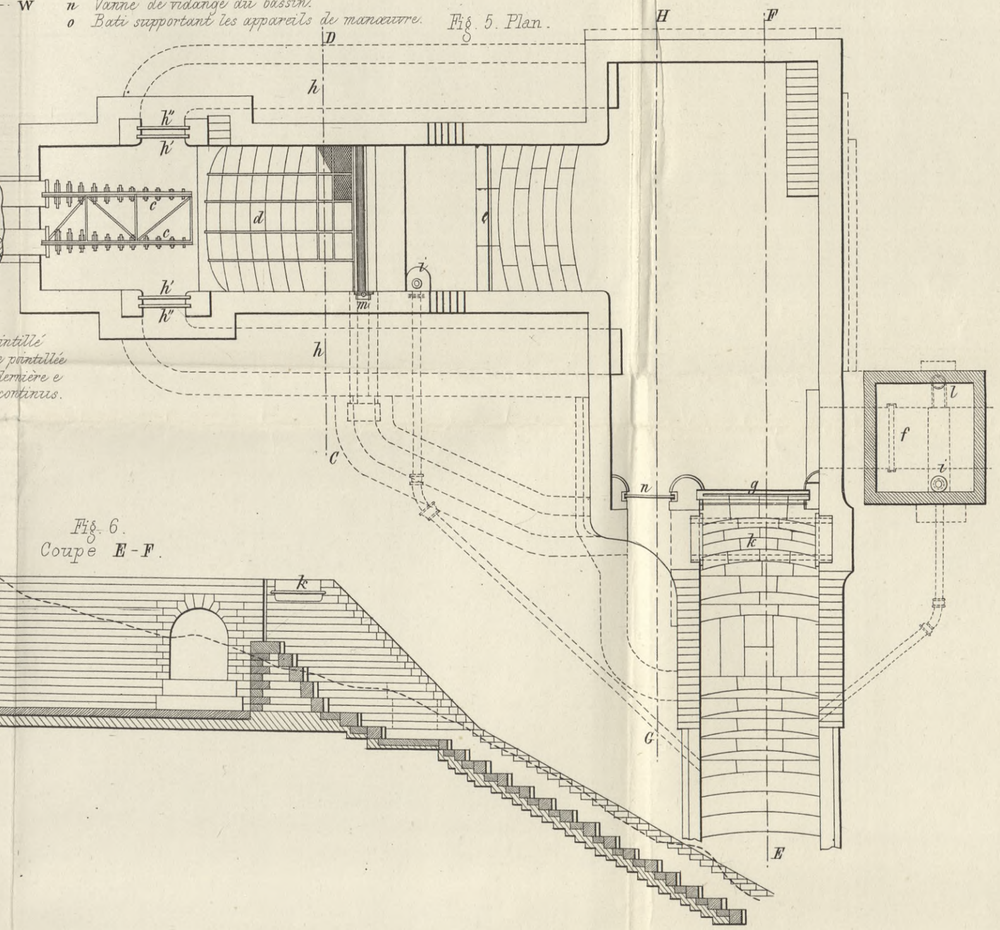


Fig. 6.
Coupe E-F.

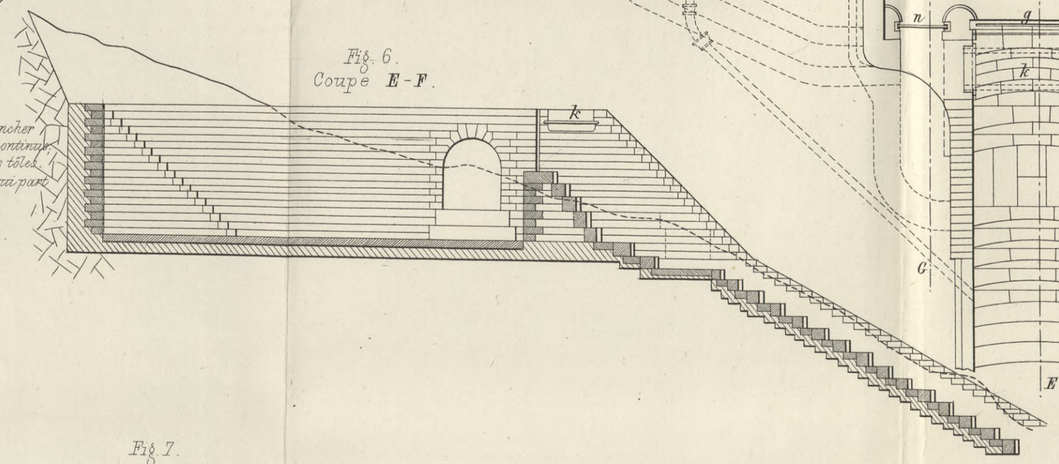


Fig. 7.
Coupe C-D

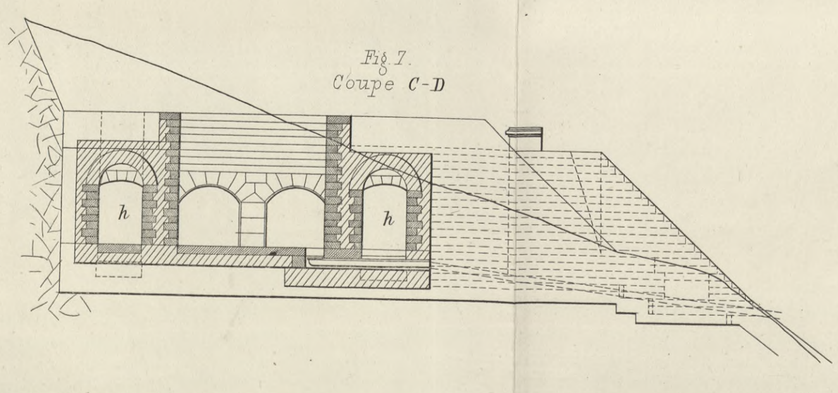
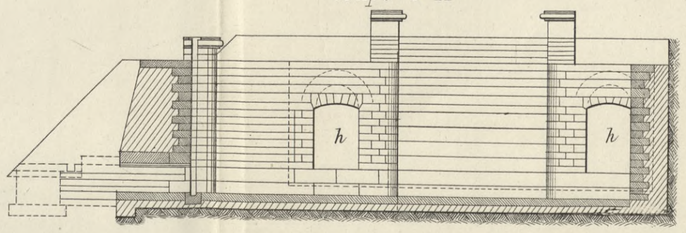
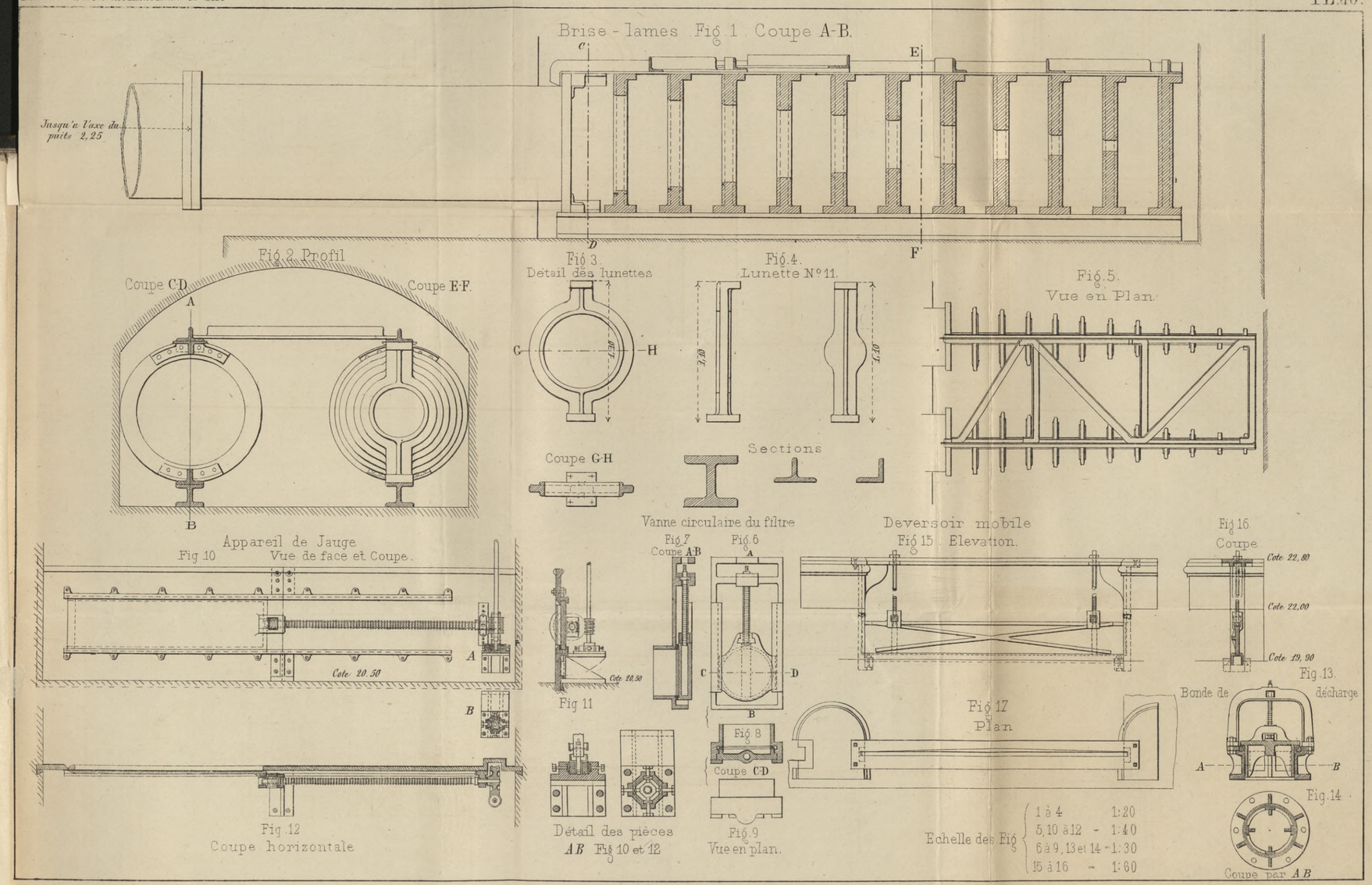


Fig. 8.
Coupe G-H



Paris. Liége. Imprimerie de la Revue Universelle.

BARRAGE DE LA GILEPPE



Paris Liége. Imprimerie de la Revue Universelle.

BARRAGE DE LA GILEPPE.

VANNE DE GARDE.

Fig. 2. Coupe par l'axe.

Fig. 1. Coupe longitudinale.

Fig. 3.

Coupe horizontale dans le bâti de manœuvre.

MANŒUVRE DE LA TURBINE.

(Bati du puits de distribution)

Fig. 6. Coupe AB

Fig. 7. Coupe GH

Fig. 8. Coupe CD

Coupe EF

TURBINE

Fig. 4. Elévation

Fig. 5. Plan.

MANŒUVRE DES APPAREILS DU PUITS ET DU BASSIN DE DISTRIBUTION.

Fig. 12. Vue de côté

Fig. 13. Coupe AB

Fig. 9. Coupe longitudinale

Fig. 10. Coupe transversale

Fig. 11. Vue en plan

LÉGENDE des Figures 9 a 13

- a Arbre principale
- b Manchon et embrayage
- c c' Taquets a vis fixes
- d d' Taquets a vis mobiles
- e Cadran
- f Levier d'embrayage
- m Manœuvre a la main

LÉGENDE des Fig 4 et 5

Chute	20m
Force en chevaux	2
Nombre de tours de la turbine	64.5
id de l'arbre A	15

Echelles des Fig 1 a 3 = 1:40
id. 4 a 13 = 1:20

Paris Liége Imprimerie de la Revue Universelle.

BARRAGE DE LA GILEPPE.

GALERIE ET BASSIN D'ALIMENTATION DE LA VESDRE.

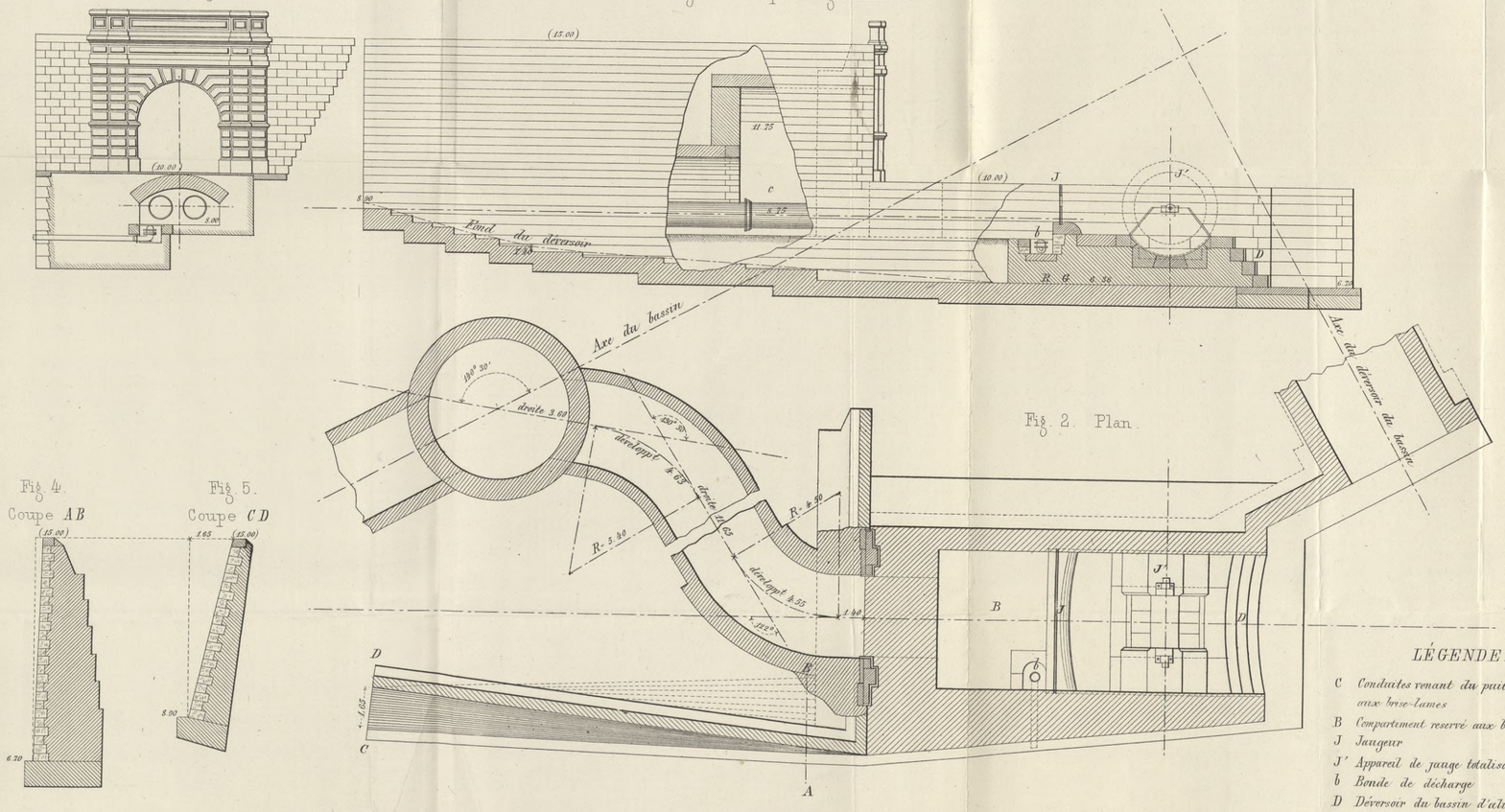
Fig. 1. Coupe longitudinale.

Fig. 3. Tête de la galerie.

Fig. 2. Plan.

Fig. 4. Coupe AB

Fig. 5. Coupe CD



LÉGENDE.

C Conduites venant du puits de distribution aux brise-lames

B Compartement reservé aux brise-lames

J Jaugeur

J' Appareil de jauge totalisateur

b Bonde de décharge

D Déversoir du bassin d'alimentation de la Vesdre

Paris Liége Imprimerie de la Revue Universelle.

BARRAGE DE LA GILEPPE.

PRISE D'EAU DE LA BORCHÊNE.

Echelle de 0,005 par mètre.

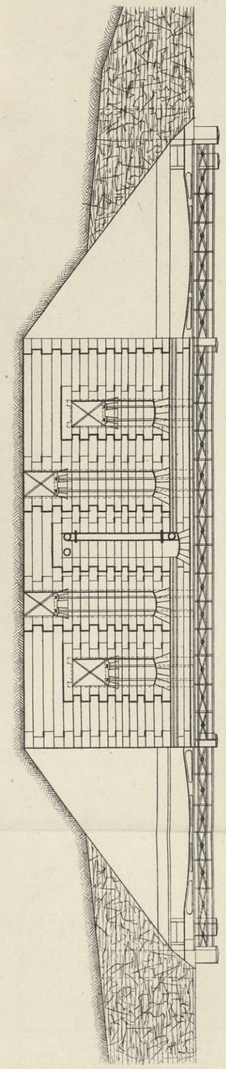


Fig. 1. Elévation d'amont.

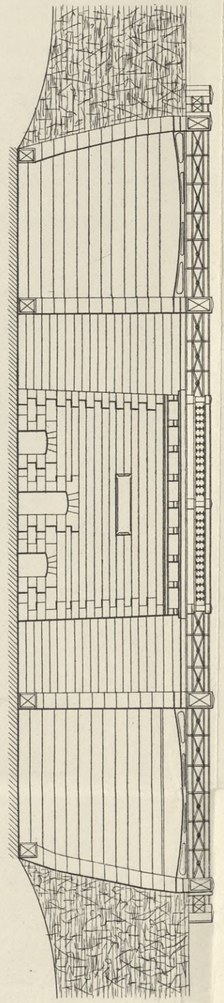


Fig. 2. Elévation d'aval.

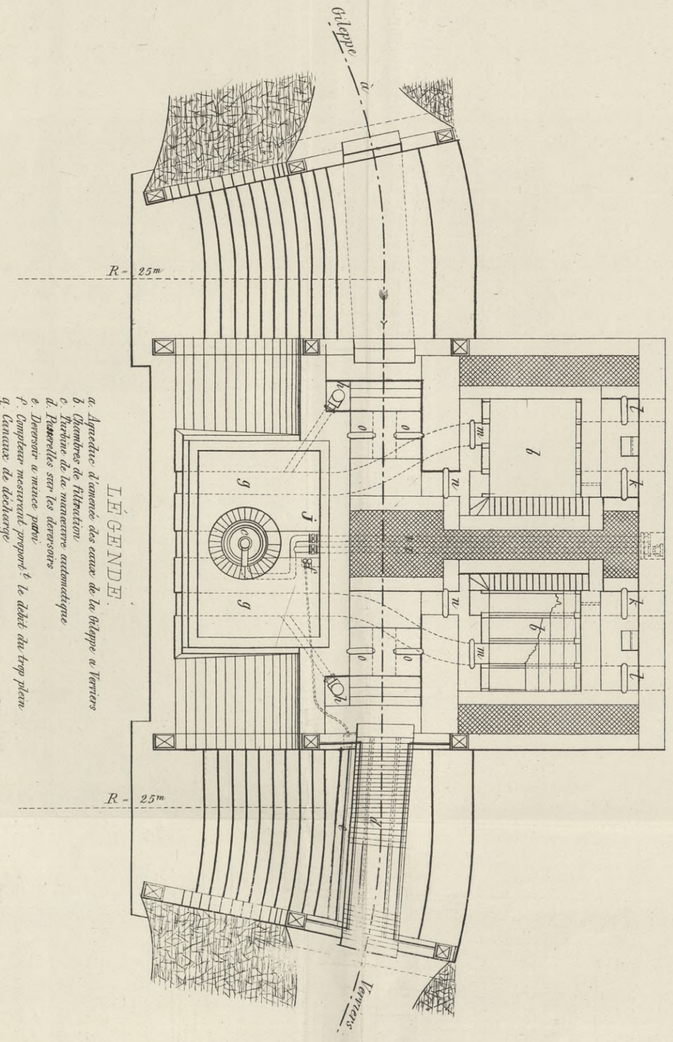


Fig. 3. Plan. (dépouvru des saillies du couronnement.)

LÉGENDE.

a. Aqueduc d'amenée des eaux de la Gileppe à Verviers
b. Chambres de filtration
c. Vanne de la manœuvre automatique
d. Tuyaux des vis sur les déversoirs
e. Déversoir à mince paroi
f. Compteur mesureur proprement le débit des trop plein
g. Cuvaux de décharge
h. Décharges et appareils régulateurs du niveau d'eau
i. Poteaux de la turbine
j. Vannes de la turbine
k. " de grace d'eau
l. " de lavage des filtres
m. " de décharge
n. " d'entrée dans l'aqueduc
o. " de distribution ou de garde

Paris Liége Imprimerie de la Revue Universelle.