

V. INTERNATIONALER BINNENSCHIFFFAHRTS-CONGRESS
ZU PARIS — 1892

IV. FRAGE

DIE WASSERBEHÄLTER
DES HAUTE-MARNE- DEPARTEMENTS

BERICHTERSTATTER :

GUSTAV CADART

Ingenieur des Ponts et Chaussées, à Langres

F. Nr. 19383



PARIS

IMPRIMERIE GÉNÉRALE LAHURE

9, RUE DE FLEURUS, 9

1892



II - 354156

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000316741

DIE WASSERBEHÄLTER

DES HAUTE-MARNE-DEPARTEMENTS

BERICHTERSTATTER :

GUSTAV CADART

Ingénieur des Ponts et Chaussées, zu Langres.

EINLEITUNG

Das Haute-Marne-Departement wird von Norden nach Süden von einer noch nicht vollständig fertigen, künstlichen Wasserstrasse durchzogen, welche die Saône und die in dieselbe einmündenden Canäle mit dem Seitencanal der Marne und dem Marne-Rhein-Canal verbinden soll, welcher letztere ihrerseits mit dem Netze der Industriegegenden des nördlichen und östlichen Frankreich in Verbindung stehen.

Diese Wasserstrasse, welche sich an ihrem nördlichen Ende in das Marne-Departement hineinstreckt, und das Meuse-Departement streift, und welche an ihrem Süden im Departement Côte-d'Or in Heuilley-sur-Saône bei Pontailler endigt, weist eine Entwicklung von 250 Kilometern auf und führt nach einander die Namen : « Canal der oberen Marne » auf der 77 Kilometer langen Strecke zwischen ihrem Ursprung im Seitencanal der Marne und Rouvroy und « Marne-Saône-Canal » auf der 155 Kilometer langen Strecke zwischen letzterer Ortschaft und der Saône, ohne dass übrigens diese Doppelbenennung in irgend welcher geographischen oder technischen Erwägung ihre Rechtfertigung finden würde. Wirklich bildet diese Wasserstrasse in ihrer Gänze nur einen einzigen Canal mit einer einzigen Wasserscheide, welcher durch das Marne-Thal bis zur Quelle dieses Flusses unter Langres aufwärts fährt, indem er durch 72 Schleusen eine Gesamtsteigung von 242, 52 Meter erklimmt, und sodann durch das Vingeanne-Thal bis zur Einmündungsstelle dieses Flusses in die Saône wieder herabsteigt, indem er durch 45 Schleusen eine Höhe von 155,52 Meter durchfällt.

Diese Hauptlinie hat eine Breite von zwei Schiffseisen. Sie nimmt etwas unterhalb Saint-Dizier eine eingleisige Seitenlinie auf, den Canal Saint-Dizier — Wassy, der das in metallurgischer Hinsicht sehr reiche Blaise-Thal

bedient. Dieser Canal besitzt eine Länge von 25 Kilometer, durchfällt mittelst 8 Schleusen eine Höhe von 50,25 Meter und endigt in einer Sackgasse zu Brousseval, etwas oberhalb von Wassy.

Der Canal der oberen Marne ist in der Zeit von 1865 bis 1879, der Canal Saint-Dizier-Wassy in der Zeit von 1880 bis 1885 erbaut worden; der Marne-Saône-Canal wurde 1879 begonnen. Von den 255 Kilometern, welche das soeben kurz beschriebene Netz bilden, ist eine Strecke von 160 Kilometer, welche den Canal der oberen Marne und den Canal Saint-Dizier-Wassy in ihrer Gänze, sowie die beiden Endstücke des Marne-Saône-Canals (das eine, 36 Kilometer lang, zwischen Rouvroy und Chaumont, das andere, 24 Kilometer lang, zwischen Fontaine-Française und der Saône) umfasst, beendigt und der Schifffahrt übergeben; eine 58 Kilometer lange Strecke des Marne-Saône-Canals zwischen Foulain und dem Ende der Scheitelhaltung bei Heuilley-Coton ist gleichfalls beendet und unter Wasser gesetzt, kann aber noch keine Schiffe aufnehmen, weil es durch Lücken vom Ende der in Betrieb stehenden Strecken getrennt ist; die erstere Lücke, die 15 Kilometer lang und am Gehänge der Marne zwischen Chaumont und Foulain liegt, ist im Bau begriffen und wird 1895 fertig; die zweite, 48 Kilometer lang und am Gehänge der Saône zwischen Heuilley-Coton und Fontaine-Française gelegen, muss noch zur Gänze gebaut werden.

Das Wasser der Marne genügt zu jeder Jahreszeit, um die Wassertiefe des 65 Kilometer langen, unterhalb Joinville gelegenen Theiles des Canals der oberen Marne zu unterhalten; der übrige Theil der Wasserstrassen, der 190 Kilometer beträgt, muss während der trockenen Jahreszeit durch Reservoirs gespeist werden. Das Reservoir von Wassy, in den Jahren 1881 und 1882 erbaut, sichert in vollständig unabhängiger Weise die Speisung des Canals Saint-Dizier-Wassy. Die Speisung der 14 Kilometer langen Strecke, welche den Marne-Saône-Canal bilden wird, soll in Gemässheit des letzten, durch Ministerial-Beschluss vom 15 Jänner 1891 genehmigten Speisungsprogramms durch 4 grosse Reservoirs gesichert werden, welche sämmtlich in der Umgebung von Langres in der Gegend zwischen Vesaignes auf dem Gehänge der Marne und Piépape auf dem Gehänge der Saône angelegt werden sollen, wo die Thäler in undurchlässigen Liasboden eingeschnitten sind, und wo die durchlässigen Oolith-Schichten, welche diesseits und jenseits dieser Punkte allenthalben zu Tage streichen, auf die höchsten Punkte der Hochebenen und Hügel beschränkt bleiben. Das Speisungsprogramm fixirt den Inhalt und das Zuflussgebiet dieser 4 Reservoirs, folgendermaassen:

NAME DER RESERVOIRS.	INHALT.	OBERFLÄCHE DES NIEDERSCHLAGSGEBIETS.
		Hektar.
Reservoir de la Liez	16 100 000	5 400
— de la Mouche	8 648 000	6 500
— de Charmes	11 620 000	5 086
— de la Vingeanne zu Villegusien.	8 538 008	8 650
Zusammen	44 706 000	25 656

Bei der Ausarbeitung dieses Programms, wurde die durchschnittliche jährliche Regenhöhe in der Gegend von Langres auf der durchschnittlichen Seehöhe der Reservoirs mit 0,8264 Meter und die von den Reservoirs nützlich gesammelte und aufbewahrte Wassermenge mit 44,47 Prozent der in dem Zuflussgebiet dieser Reservoirs fallenden Menge angenommen; auf diese Weise hatte man berechnet, dass das aufgespeicherte Quantum in einem mittleren Regenjahre gleich sein würde dem Produkte der in Quadratmetern genommenen Oberfläche des Zuflussgebiets mal $0,8624 \text{ Meter} \times 0,4447 = 0,3675 \text{ Meter}$. Unter solchen Umständen wäre das Reservoir von Liez das einzige, das in einem Jahre nicht vollständig gefüllt werden könnte; die anderen würden in weit kürzerer Zeit als einem Jahre gefüllt sein. Die Erfahrung bestätigt bisher die gemachten Annahmen auf die glänzendste Weise. Von den 4 im Programme erwähnten Reservoirs sind nämlich zwei bereits gebaut und unter Wasser gesetzt, das der Liez seit 1888, das der Mouche seit 1890; bei beiden Reservoirs ist über das Wasser genaueste Rechnung geführt worden; diese erstreckt sich gegenwärtig für das Liez-Reservoir auf 5 Jahre und für das Mouche-Reservoir auf 1 Jahr. Die im Jahresdurchschnitt per Quadratmeter des Zuflussgebiets aufgespeicherte Wassermenge beträgt auf der Liez $0,5267 \text{ m}^3$ und auf der Mouche $0,4105 \text{ m}^3$, somit im Durchschnitt für die beiden im Betrieb befindlichen Reservoirs $0,5687 \text{ m}^3$, eine Quantität, welche sich sehr bedeutend der Ziffer $0,3675 \text{ m}^3$ nähert, und welche von uns zur Grundlage genommen wurde, als wir mit der Aufgabe betraut wurden, die Frage der Speisung des Haute-Marne-Canals einem neuerlichen Studium zu unterziehen.

Wir werden die beiden Reservoirs von Charmes und Villegusien, deren Bau noch nicht begonnen wurde, mit Stillschweigen übergehen. Wir werden die Abschlusswerke der 5 erbauten Reservoirs, Liez, Wassy und Mouche, kurz beschreiben, die bei denselben angewendete Bauweise angeben, und versuchen, aus diesem Studium einige Nutzenwendungen im Hinblick auf künftige ähnliche Bauten zu ziehen. Endlich wollen wir, nach Bekanntgabe der Herstellungskosten dieser Reservoirs, darlegen, durch welches einfaches Verfahren wir auf Grundlage der Kenntnis dieser Preise im Stande waren, eine Methode sehr rascher annäherungsweise Schätzung des Kostenbetrages

von Reservoirs mit Abschlusswerken aus Erde aufzustellen. Diese Methode war für uns im Lauf unseres jüngsten Speisungs-Studium von höchstem Nutzen; sie hat uns in den Stand gesetzt, unter allen Reservoirs, die in der Umgegend von Langres noch errichtet werden konnten, die vortheilhaftesten herauszufinden und uns zu Gunsten der von Charmes und Villegusien mit Ausschluss aller übrigen zu entscheiden. Wir hegen die Ueberzeugung, dass diese Methode, wenn man sie mehr oder minder abändert, um sie verschiedenen Verhältnissen und Ortspreisen anzupassen, den zur Prüfung von Vorprojecten über Canalspeisungen berufenen Ingenieuren Dienste zu leisten geeignet ist und denselben dabei behilflich sein wird, zwischen den verschiedenen möglichen Stellen für die Reservoirs eine wohlüberlegte Auswahl zu treffen. Dies soll der Inhalt dieses Berichtes sein.

BAUWEISE, HÖHE, PROFIL UND FUNDIRUNG DER ABSCHLUSSWERKE

Liez-Abschlusswerk. Die Liez ist ein kleiner Zufluss der Marne vom rechten Ufer her, mit wildbachartiger Wasserführung. Ihr Thal schliesst sich enge zusammen, bevor es in das Marne-Thal mündet, und das Abschlusswerk, am schmalsten Punkte gelegen, ist nur 250 Meter von der Mündung entfernt. Das Zuflussgebiet des Liez-Reservoirs wird gänzlich durch die obere Stufe des mittleren Lias gebildet; der blaue, undurchlässige Mergel dieser Stufe bildet die Thalsohle und die Hügelgehänge; die gespaltenen, durchlässigen, knolligen Kalksteine, welche darüber gelagert sind, bilden die Gipfel der Hügel und bleiben allenthalben oberhalb des Stau-Niveaus. Die Fläche dieses Zuflussgebiets beträgt 3 400 Hektar. Die Oberfläche des Reservoirs am Stauniveau beträgt 278 Hektar; jene der erworbenen Grundstücke 305 Hektare¹.

Der Inhalt des Reservoirs beträgt 16 100 000 Cubikmeter; eine Wassermenge von 726 000 m³, welche unterhalb des Wasserspiegels der Scheithaltung gelegen ist, in welche das Zuleitgerinne des Canalwassers mündet, kann jedoch für die Speisung nicht nutzbar gemacht werden und muss im Reservoir gelassen werden, wo es übrigens das Fortkommen der

1. Bei Bestimmung der Grenzen des einzubeziehenden Terrains sind die folgenden Regeln befolgt worden:

1° An jenen Theilen, wo es nicht nothwendig war, eine Eisenbahn seitlich am Reservoir zur Bedienung der Ufergrundstücke anzulegen, wurde die Breite des zwischen dem Wasserspiegel und der Terrainsgrenze gelassenen Vorlandes, welches der Doppelreihe der einfassenden Anpflanzungen, als Grundlage dienen soll, mit 5 m. festgesetzt;

2° An jenen Theilen, wo eine seitliche Bahn angelegt werden musste, wurde die Breite des Vorlandes auf 8 m. erhöht.

3° In allen Fällen, wo die durch die eine oder andere der vorstehenden Bedingungen fixirte Terrainsgrenze sich weniger als 0,20 m. oberhalb des Wasserspiegels befand, wurde sie bis zu der in der Höhe von 0,20 m. oberhalb dieser Fläche gezogenen Horizontalen erhöht. Letztere Bedingung hat zur Erwerbung von Vorländern von beträchtlicher Breite bei ihrer Kreuzung mit den Thalwegen geführt, wo die Neigung des Bodens schwach ist.

Fische sichert; der nutzbare Inhalt des Reservoirs beträgt somit nur 15,574,000 m⁵.

Das Abschlusswerk ist gradlinig und senkrecht gegen das Thal. Seine Gesamtlänge mit Inbegriff der Abschätzung und des Ueberfalls, welche es am linken Ufer fortsetzen, beträgt 492,50 Meter; nach Abzug jener Ablassbauten, welche in Abtrag am Hügelabhang errichtet sind, beträgt die Länge des eigentlichen Erddamms 459,30 Meter. Die tiefst gelegenen Terrainpunkte des Thales befinden sich 14,45 Meter unterhalb des Stauniveaus. Der geringe Betrag dieser Stauhöhe, der Ueberfluss an thoniger Alluvialerde, die den Boden des Thales bedeckt und sehr geeignet für die Zurichtung ist, die gleichzeitige Ausführung des grossen, nahe gelegenen Durchstiches der Scheitelhaltung, welcher die Förderung einer beträchtlichen Menge feinen Kieses ermöglichte, dessen Mischung mit der Thonerde die künstliche Herstellung von Zurichterde mit dem wünschenswerthen Sandgehalte gestattete: alles dies erlaubte keinen Zweifel in Bezug auf die zu wählende Bauweise: ein Abschlusswerk aus Erde drängte sich auf. Die Kappe des Abschlusswerks ist 2,10 Meter oberhalb der Stauhöhe errichtet; sie wird überhöht von einer 1,25 Meter hohen Brustwehr. Die Breite des Abschlusswerks an der Kappe beträgt 5,50 Meter; die äussere Böschung ist an den Theilen von bedeutender Höhe in 3 Absätze getheilt, die von einander durch 2 Meter breite Bankets mit einem Abfall von 10 Procent getrennt sind; die Höhe der beiden oberen Stufen beträgt 5,20 Meter; die Höhe der untersten Stufe erreicht 5,60 Meter im Thalweg. Die Neigung der äusseren Böschung beträgt an der obersten Stufe 3 Basis auf 2 Höhe, an der mittleren Stufe 7 Basis auf 4 Höhe und auf der untersten Stufe 2 Basis auf 1 Höhe. Die innere Böschung besitzt durchwegs eine Neigung von 3 Basis auf 2 Höhe; sie ist in 1,70 Meter hohe Stufen getheilt, welche eine Neigung von 1 Basis auf 1 Höhe haben und von einander durch 1 Meter breite Bankets mit einem Abfall von 10 Procent getrennt sind. Die Anzahl der Stufen beträgt 9 in jenen Theilen, wo das Profil vollständig ist; die Höhe der untersten Stufe erreicht ausnahmsweise 1,85 Meter an jenem Punkte, wo der Boden am tiefsten liegt. Die Stufen und Bankets, deren Gesammtheit die innere Böschung bildet, sind ebenso wie der 5 Meter breite Theil der Kappe, welcher innerhalb der Brustwehr gelegen ist, mit einem Mauerwerk bekleidet, das aus einer Beton-Fundierungsschicht und einer Lage von mit dem Hammer bossierten und 0,20 bis 0,35 Meter dicken Bruchsteinen besteht. Die Dicke dieses Verkleidungsmauerwerks, senkrecht zur Neigungsfläche gemessen, beträgt am Fusse der Stufen 0,50 Meter und am Scheitel derselben 0,40 Meter; an den Bankets schwankt diese Dicke zwischen 0,325 und 0,355 Meter. Die ausspringenden Winkel der Stufen und Bankets werden durch kleine Wülste aus Haustein gebildet. Der Fuss der untersten Stufe wird von einem Lauf von Wülsten von 0,35 Meter Dicke aufgenommen, der die Kappe der Schutzwand bildet.

Die Schutzwand ist ein Schirm, eingelassen in den natürlichen Boden durch die Anschwemmungs- und Thonschichten, welche mit, den harten

blauen frei gelagerten Mergel des mittleren Lias bedeckenden, pflanzlichen Senkstoffen gemischt sind; diese Schichten scheinen keine hinreichende Gewähr der Undurchlässigkeit bei grossem Druck zu bieten. Diese Wand hat den Zweck, jeder Wassersickerung von oben nach unten unterhalb des Abschlusswerks, durch die oberflächlichen, nicht sehr compacten Schichten des natürlichen Bodens zu begegnen. Sie besitzt eine durchgängige Breite von 1,25 Meter und ist auf eine Betonschicht von 0,50 Meter Dicke fundirt; diese Schicht folgt dem aufwärts gelegenen Böschungsfusse des Abschlusswerks und ist an ihrem Scheitel mit dem Verkleidungs-Mauerwerk der untersten Stufe eng verbunden. Sie ist mit Thonerde gefüttert, deren Breite von der Basis zum Scheitel vermöge 1 Meter breiten, im natürlichen Boden gehauenen Stufen progressiv zunimmt; die Thonerde selbst steht mit dem Massiv des Erddammes des Abschlusswerks in Verbindung. Die Verbindung zwischen diesem Massiv und dem natürlichen Boden hinter der Schutzwand und der an dieselbe geklammerten Thonerde ist vervollständigt durch eine allgemeine Abtragung des Bodens in einer Minimaltiefe von 0,50 Meter, sowie durch 4 Verankerungsschlüssel aus zugerichteter Erde von 1,50 Meter Breite, von denen der erste 1,55 Meter, der zweite 1,25 Meter und die beiden übrigen 1 Meter unterhalb des natürlichen Bodens eingelassen sind.

Die Tiefe der Schutzwand unterhalb des natürlichen Bodens nimmt von den Enden nach dem Mitteltheil des Abschlusswerks zu; sie beträgt an den Enden, wo der blaue Mergel nur von einer dünnen Schicht Thonerde und Humus bedeckt ist, nur etwa 2 Meter (genau 2,09 Meter am linken und 1,97 Meter am rechten Ende); sie erreicht 5,70 Meter am mittleren Theile, wo die Anschwemmungs-Schichten eine weit bedeutendere Mächtigkeit aufweisen. In diesem letzteren Theile hat man auf einer Länge von 174 Meter, rechts von dem Grundablassen, sogar darauf verzichtet, bis auf den frei gelegten Mergel zu kommen; man hat sich darauf beschränkt, die Anschwemmungen zu durchqueren, und hat den Schirm in der oberen Lias-Schicht aufhören lassen, welche von verwittertem, schlammigem Mergel (in der Gegend bekannt unter dem bezeichnenden Namen: verfaulter Mergel) gebildet wird. Es war dies ohne Zweifel ein Fehler, und die Feuchtigkeit, welche heute in der Wiese des Thalgrundes abwärts vom Abschlusswerk herrscht, wird allgemein den Sickerungen zugeschrieben, welche unterhalb des mittleren Theiles der Schutzwand, quer durch jene Schicht verfaulten Mergels, stattfinden sollen, die vielleicht nicht compact genug ist, um unter starkem beständigem Druck vollständig dicht zu bleiben. Ohne über diesen heikeln Punkt eine Behauptung aufstellen zu wollen, vielmehr unter ausdrücklicher Anerkennung der Thatsache, dass keine erkennbare Sickerung besteht, dass der längs des äusseren Abschlusswerkfusses gezogene Gegenraben beständig trocken bleibt, dass das wasserhaltige Niveau der Wiese durch die Aenderungen im Stauniveau des Reservoirs nicht beeinflusst wird, und dass das Uebermaass an Feuchtigkeit, unter dem die Wiese leidet, zum grossen Theile der mangelnden Unterhaltung seiner Assanierungsmittel zuzuschreiben ist:

so glauben wir dennoch, dass es klüger gewesen wäre, den Fuss der Schutzwand durchwegs in hinreichend compacten und frei gelagerten Mergel einzulassen, wie dies bei den Seitentheilen geschehen ist.

Aus der vorstehenden kurzen Beschreibungen ergibt sich, dass die grösste Höhe der Plattform des Abschlusswerks oberhalb des natürlichen Bodens 16,55 Meter und die grösste Höhe der Bauten, zwischen der Kappe der Brustwehr und dem Fusse Schutzwand gemessen, 23,47 Meter beträgt. Die grösste Breite der Abschlusswerkbasis beträgt 61,02 Meter. Figur 3 der Tafel I stellt das Querprofil des Abschlusswerk dar, am Punkte, wo letzteres am höchsten ist.

Die Erde, die man zur Verfügung hatte, war sehr thonhaltig und enthielt beinahe nur ein Drittel an sandigen Massen. Der Thonschlag wurde daher durch eine künstliche Mischung dieser Erde mit feinem Kies zusammengesetzt, im Verhältnis von 2 Volumtheilen Erde auf einen Volumtheil Kalkkies des Marne-Thales. Dieser Kies stammte von dem Durchstich der Scheitelhaltung im Gehänge der Marne, der gleichzeitig mit dem Reservoir hergestellt wurde; die mittlere Transportdistanz für diesen Kies betrug 3567 Meter. Man kann sich nur Glück dazu wünschen, dass man vor der Mehrausgabe, welche die Herbeischaffung von einem Drittel des Volumens des Abschlusswerk Massivs aus grosser Entfernung mit sich brachte, nicht zurückgeschreckt ist, da die Mischung von Thonerde und Sand einen ausgezeichneten, absolut undurchlässigen Thonschlag geliefert hat, der nach vollendetem Baue nur zu unbedeutenden Senkungen Anlass gegeben hat. Das Abschlusswerkvolumen beträgt nach der Zurichtung 174 200 m³; das verwendete Erd- und Kiesvolumen, gemessen nach den Lücken an den Aufgrabungen, beträgt 196 995 m³. Das Einlaufen infolge der Zurichtung, welches bis zu einem gewissen Grade als characteristisch für die Qualität des Thonschlages angesehen werden kann, hat mithin beim Liez-Abschlusswerk 11,57 Procent betragen.

Abschlusswerk von Wassy. — Das Reservoir von Wassy ist im Thale des Leschères-Baches, eines Zuflusses der Blaise vom linken Ufer her, gelegen. Das Zuflussgebiet dieses Reservoirs ist sehr gering; es beträgt nicht mehr als 270 Hektare und trägt nur in sehr geringem Masse zur Füllung des Reservoirs bei. Diese Füllung wird durch das Wasser der Blaise selbst gesichert, welches 9900 Meter aufwärts abgezweigt und dem Reservoir durch eine Rinne zugeführt wird. Die Oberfläche des Reservoirs an der Stauhöhe beträgt 45 Hektare; jene des erworbenen Terrains 52 Hektare, 22 Are. Der Inhalt des Reservoirs beträgt 2,146 000 m³.

Das Abschlusswerk ist aus Thonschlag aufgeführt. Seine Gesamtlänge beträgt 467,75 Meter. Es ist auf seinem mittleren Theile auf einer Länge von 158,20 Meter geradlinig; seine Enden wenden sich stromaufwärts in Curven, welche am linken Ufer einen Halbmesser von 150 Meter, am rechten Ufer einen solchen von 50 Meter besitzen und wurzeln so in den Hügeln längs ihrer Linie grössten Neigung.

Das Profil-Typus des Abschlusswerks unterscheidet sich nur wenig von dem des Liez-Abschlusswerks; seine Breite an der Kappe beträgt nur 5 Meter; die Revanche über der Stauhöhe beträgt 2 Meter; die Brustwehr wurde durch ein einfaches, 0,60 Meter hohes Erdbanket ersetzt. Die abwärts gelegene Böschung theilt sich, wo sie vollständig ist, in 5 Stufen, die durch 2 Meter breite Bankets von einander getrennt sind. Die Neigung der Stufen und Bankets ist dieselbe wie auf der Liez; dagegen beträgt die Höhe der Stufen 5,92 Meter. Die aufwärts gelegene Böschung, die durchwegs einen Fall von 5 Basis auf 2 Höhe besitzt, ist in 10 Stufen von je 1,65 Meter Höhe getheilt, welche einen Fall von 1 Basis auf 1 Höhe besitzen und durch 0,975 Meter breite Bankets mit einer Gesamtneigung von 0,10 Meter getrennt sind. Die gemauerte Verkleidung der oberen Böschung ist identisch mit der vom Liez-Abschlusswerk. Die grösste Erhebung des Stauniveaus über den natürlichen Boden beträgt 15,90 Meter; die grösste Erhebung der Plattform über diesen Boden 17,90 Meter; die grösste Breite der Abschlusswerkbasis beträgt 65,60 Meter.

Die Schutzwand, auf welcher der Fuss der untersten Stufe ruht, ist ganz aus Beton; sie füllt genau die für ihre Erbauung gemachte Aufgrabung, welche an der Sohle eine Breite von 0,80 M. aufwies und durch Böschungen mit einer Verjüngung von $\frac{1}{10}$ begrenzt war. Diese Wand ist nicht, wie beim Liez-Abschlusswerk, mit einem Thonschlag aufgeführt. Auch bestehen rückwärts keine Verbindungskeile zwischen dem Massiv der mit Letten ausgeschlagenen Aufräge und dem natürlichen Boden; letzterer ist jedoch vor Erbauung des Abschlusswerkes, bis zu einer Dicke von 0,60 M. auf der ganzen Länge der Stützbasis abgetragen worden.

Der Untergrund des Thales an der Abschlusswerkstelle wird durch den oberen Portland-Kalk gebildet; auf dem linksufrigen Höhenzüge wird dieser Kalk zunächst durch eine sandige, undurchlässige Thonschicht und so dann durch eine durchlässige Schichte Thon-Eisen-Sand bedeckt, wobei die Gesamt-Dicke dieser beiden Schichten zwischen 3 und 6 Meter schwankt; im Thalwege ist nur die Sandschicht vorhanden und ihre Mächtigkeit schwankt zwischen 2,50 und 4 M.; auf dem rechtsufrigen Höhenzuge ist der Kalkfels nur mit einer dünnen Erdschicht bedeckt, deren Dicke bei der Mitte der Abschlusswerkhöhe unter 0,50 M. herabgeht, aber der obere Theil des Felsens ist bis auf eine bedeutende Dicke nach allen Richtungen gebrochen und zerklüftet. Die Schutzwand nimmt eine Länge von 366,15 M. ein, welche die von der Stauung bespülte etwas übersteigt, da der im Felsen wurzelnde Theil mit keiner Schutzwand versehen wurde. Auf dem linksufrigen Höhenzuge durchquert die letztere auf einer Länge von 128 M. die Sandschicht und hört in der darunter liegenden undurchlässigen Thonschicht auf; ihre Höhe schwankt hier zwischen 1,21 und 5,21 M. Im übrigen dringt sie überall durch und lagert sich im Portland-Kalk, indem sie in Tiefen von 3,84 bis 7,75 M. unter den natürlichen Boden herabsteigt; auf dem grössten Theil des rechten Abhanges hat man jedoch die nicht zer-

klüfteten Bänke des Felsens nicht erreichen können und es vollziehen sich Sickerungen durch die Spalten des Kalkes unterhalb dieses Theiles der Schutzwand, die umso bedeutender sind, je höher die Stauung reicht. Die grösste Höhe der Bauten, gemessen zwischen dem Scheitel des die Stelle der Brustwehr vertretenden Bankets von 0,60 M. und dem Fusse der Schutzwand, beträgt 22,75 M.

Die zum Thonschlag verwendete Erde stammt theils aus den Erdarbeiten des Canals, der gleichzeitig mit dem Abschlusswerk hergestellt wurde, theils aus Entnahmen, die im Leschères-Thale ausgeführt wurden; dieses Erdreich wurde so, wie es aus den Aufgrabungen hervorging, verwendet, ohne welche Beimischung fremden Materials.

Das Abschlusswerk-Volumen nach Zurichtung beträgt 82,500 m³; das Volumen des verwendeten Erdreichs, gemessen nach den Lücken in den Aufgrabungen, 91,020 m³. Das Einlaufen infolge der Zurichtung betrug mithin 9,36 Procent.

Mouche-Abschlusswerk. — Die Mouche ist ein bedeutender linksufriger Nebenfluss der Marne; sie mündet in letzteren Fluss bei Humes. Das Zuflussgebiet des Reservoirs hat eine Oberfläche von 6500 Hektaren und wird beinahe zur Gänze von dem durchlässigen Kalk des unteren Oolithes gebildet, welcher auf dem grössten Theile des Plateau's von Langres zu Tage tritt; auf einer vergleichsweise unbedeutenden Fläche dieses Reservoirs begegnet man Fuller's earth und dem grossen Oolith. Das Mouche-Thal bildet einen engen, in dieser grossen Hochebene oolithischen Kalkes eingelagerten Einschnitt; alles in den Kalkstein eingesickerte Wasser wird an der Basis der Oolithformation durch den braunen undurchlässigen Mergel des oberen Lias aufgehalten, welcher im Thalwege und an den Seiten des Thales zu Tage tritt, und kommt dieses Wasser in zahlreichen, beständigen Quellen mit verhältnissmässig regulärer Führung am Ursprung aller Seitenthäler der Mouche zum Vorschein. Auf diesem, den Untergrund des ganzen oberen Mouche-Thales bildenden Mergel des oberen Lias ist das gegenüber dem Dorfe Saint-Ciergues am engsten Punkt des Thales erbaute Abschlusswerk fundirt. Der Inhalt des Reservoirs beträgt 8 648 000 m³: er ist weit geringer, als die jährliche Wassermenge der Mouche, welche letztere während des Jahres 1891, in welchem das Reservoir zuerst unter Wasser gesetzt wurde, 26 685 000 m³ betrug, bei einer Regenhöhe von 0,800 M., welche hinter dem Durchschnitt der letzten 10 Jahre etwas zurückblieb. Man ist daher sicher, das Reservoir leicht zu füllen und dabei noch den beständigen Abfluss einer bedeutenden Wassermenge durch die Speisungsbauten des Abschlusswerks verschaffen zu können, welche Wassermenge den Bedarf der unterhalb gelegenen Fabriken reichlich deckt. Die allgemeine Lage dieser Fabriken wird durch die grössere Regelmässigkeit der Wasserabgabe des Flusses, dessen Hochwässer aufgespeichert werden und zur Vermehrung der

Wasserführung bei niedrigem Wasser in der nächsten trockenen Jahreszeit dienen, in merklicher Weise günstig beeinflusst.

Die Oberfläche des Reservoirs am Stauniveau beträgt 97 Hect. 46 A. Die erworbene Erdfläche beläuft sich auf 101 Hekt. 96 A. Das Abschlusswerk ist geradlinig und senkrecht zum Thale. Seine Länge beträgt 410,25 M. Die Höhe der Stauung befindet sich 20,98 M. oberhalb der Wiese im Thalwege am Ufer der Mouche und 22,55 M. oberhalb der Schwelle des Grundablasses, welcher ungefähr im Niveau des Grundes dieses Flusses angebracht ist.

Den compacten Felsmergel trifft man im Thalwege erst in einer Tiefe von 6,50 oder 7 M. unterhalb des natürlichen Bodens, und er steigt auf den Hügeln weit weniger rasch als letzterer, so dass er sich am linksufrigen Einbau des Abschlusswerks in einer Tiefe von 11,50 M. und am rechtsufrigen Einbau in einer Tiefe von 20 M. unterhalb des Fussbodens befindet.

Oberhalb des hartfelsigen Mergels befindet sich eine Schicht nicht-compacten, derselben geologischen Formation angehörigen Mergels: u. zw. in dünnen Blättern im Thalwege, wo ihre Dicke zwischen 1 und 4 M. schwankt; nicht-gelagert und schlammig (nach dem örtlichen Ausdrucke: verfault) am Abhang der Hügel wo ihre Dicke zwischen 4 und 17 M. schwankt. Diese alten Bodenschichten sind von den neuen Anschwemmungen bedeckt, deren Dicke im Thalwege, wo sie aus einer unteren durchlässigen Sand- und Kies-schicht und aus einer oberen Thonschicht bestehen, zwischen 3 und 6 M. und an den Hügelabhängen, wo sie nur eine einzige Schicht von Thonerde gemischt mit Geschiebe und Felsgerölle bilden, zwischen 0,50 und 8 M. schwankt.

Die bedeutende Stauhöhe, die Nähe des ergiebigen Steinbruches von La Fontaine au Bassin, welcher auf dem Gipfel des rechtsufrigen Hügels etwas abwärts von dem Abschlusswerk gelegen ist in einer Entfernung von 1 800 M. auf der Strasse und 3 600 M. auf der von der Unternehmung hergestellten sich schlängelnden Eisenbahn; vor allem aber die sehr schlechte Qualität des braunen, mit Geschiebe gemengten und nicht sandhaltigen Humus des Mouche-Thales, sowie der gänzliche Mangel an wirklich zum Thonschlag geeigneter Erde in der Umgegend: dies sind die Gründe, welche die Ingenieure bestimmt haben, das Mouche-Abschlusswerk in Mauerwerk herzustellen, trotz der enormen Tiefe, welche, besonders an den Enden, die Fundirung auf festem Mergelfels erreichen musste.

Die Ortsverhältnisse erheischten gebieterisch den Durchgang des Vicinalwegs von Saint-Ciergues nach Perrancey auf der Abschlusswerk-kappe, weil eine Ablenkung der Richtung dieses das Reservoir umsäumenden Weges nothwendig eine beträchtliche Verlängerung der Strecke herbeigeführt hätte, zu welcher die beteiligten Bevölkerungen niemals ihre Zustimmung gegeben hätten.

Um den nothwendigen Raum für die Brustwehr, den Vicinalweg und die Plinthe, welche das zum Schutze des Wegs nöthige Geländer abwärts trägt,

musste der Kappe eine Breite von 7,60 M. gegeben werden, während die Hälfte dieser Breite für ein Abschlusswerk von der Höhe des Mouche-Werks die angemessenste gewesen wäre. Herr Carlier, damals Chef-Ingenieur des Dienstes, heute General-Inspector, fasste damals einen äusserst glücklichen Gedanken, der es zu gleicher Zeit ermöglichte, der Kappe nur die angemessene Breite zu geben, den Durchgang des Weges zu sichern und der abwärts gelegenen Böschungfläche ein sehr befriedigendes architectonisches Aussehen zu verschaffen, wie es bisher kein in Mauerwerk hergestelltes Abschlusswerk bot. Er reducirte die Kappenbreite der eigentlichen Reservoirmauer auf 5,50 M., so dass man auf dieser Mauer nur die Brustwehr und weniger als die aufwärts gelegene Hälfte der Wegbreite anbringen konnte; um den Ueberschuss der letzteren Breite zu stützen, klammerte er an die Reservoirmauer eine Art von Viaduct, gebildet aus Rundbögen von 5,50 M. Breite und 8 M. Oeffnung, deren Pfeiler auf der gekrümmten Verjüngung der abwärts gelegenen Böschung der Mauer aufruhten. Die nothwendige Breite von 7,60 M. wurde durch eine der Plinthe gegebene Vorkragung von 0,60 M. ergänzt, welcher von Kragsteinen getragen wurde, die ihrerseits um 0,40 M. aus der glatten Mauerfläche des Bogenfeldes vorsprangen.

Man hat im dienstlichen Verkehr die Gewohnheit angenommen, diesen Theil des Baues mit dem Namen Halb-Viaduct zu bezeichnen, ohne Zweifel aus dem Grunde, weil er nur etwa die Hälfte der Breite des das Thal übersetzenden Wegs trägt; wir wollen gleichfalls diese Bezeichnung wählen.

Das gemauerte Mouche-Abschlusswerk besteht demnach aus 2 Theilen: aus der eigentlichen Reservoirmauer und aus einem an dessen untere Böschungfläche geklammerten Halbviaducte, dessen Pfeiler auf dem unteren Theile dieser Böschungfläche ruhen.

Die Reservoirmauer hat ihre 5,50 M. breite Kappe, welche sich 2,05 M. oberhalb des Stauniveau's befindet. Dieselbe ist von einer 1,05 M. hohen Brustwehr überhöht, deren Basis die aufwärts gelegene Böschungfläche der Mauer fortsetzt. Diese Böschungfläche weist auf ihrer ganzen Höhe durchwegs eine geradlinige Verjüngung von 0,02 M. per Meter auf. Die abwärts gelegene Böschungfläche ist an ihrem oberen Theile senkrecht, bis zu einem 4,50 M. unterhalb des Stauniveau's gelegenen Punkte. Zwischen den durch die Höhen von 4,50 M. und 20,90 M. unterhalb dieses Niveau's bezeichneten Punkten wird jene Fläche nach einander aus zwei Kreisbögen gebildet, welche ihre Konkavität der Aussenseite der Mauer zuwenden: der erste, mit einem Halbmesser von 7 M., erstreckt sich auf eine Höhe von 5,11 M. und wird mit der oberen senkrechten Böschungfläche tangentiell bündig gemacht; der zweite, mit einem Halbmesser von 55 M., erstreckt sich auf eine Höhe von 15,29 M. und berührt tangentiell den zuerst genannten. — Jenseits der Höhe von 20,90 M. unterhalb des Stauniveau's wird die Böschungfläche wieder geradlinig und weist eine Verjüngung von 0,945 M. per Meter auf, welche den Bogen mit dem Halbmesser von 55 M. tangentiell berührt. Dieses Profil bedingt die nachstehenden Breiten:

In der Tiefe von	4,50 m.	unter dem Stauniveau	3,651 m.
»	10,00 m.	»	5,728 m.
»	15,00 m.	»	8,985 m.
»	20,00 m.	»	13,091 m.
»	25,00 m.	»	17,907 m.
»	27,45 m.	»	20,266 m.

Unterhalb des allgemeinen Fundirungs-Niveau's der Reservoirmauer, welches stets 4 Meter unterhalb des Ausstriches des compacten Mergelfelsens liegt, dringen drei Verankerungsmauern tief in diesem Felsen : die erste, unter dem aufwärts gelegenen Ende der Mauerbasis errich'tet, besitzt 3 Meter Breite auf 3 Meter Tiefe ; die beiden anderen, unterhalb des abwärts gelegenen Endes sowie der Mitte jener Basis angebracht, haben 2 Meter Breite auf 2 Meter Tiefe. Die Verankerungsmauer der Mitte ist an jenen Stellen, wo die Abschlusswerkbasis weniger als 12,50 Meter breit ist, ausgelassen worden ; sie findet sich nur auf einer Länge von 283 Meter. Die aufwärts gelegene Verankerungsmauer, welche die grösste ist, hat man in Analogie mit den Erddämmen Schutzmauer genannt. Wir wollen diese Bezeichnung beibehalten, obgleich sie hier nicht sehr am Platze ist, indem diese Mauer ganz in den Felsen eingefügt wurde und ihre Basis sich 4 Meter unterhalb des Ausstriches dieses Felsens befindet. In dem auf Fig. 1 der Tafel II dargestellten Profil der grössten Höhe, befindet sich das allgemeine Fundirungsniveau 28,82 Meter unterhalb des Stauniveau's ; die abwärts gelegene Verjüngung hört jedoch bei 27,45 Meter unterhalb dieses Niveau's auf und nur die Verjüngung der aufwärts gelegenen Böschungsfäche von 0,02 Meter per Meter ist bis hinunter fortgesetzt worden. Die grösste Breite des Abschlusswerks an der Basis beträgt mithin 20,293 Meter. Die grösste Höhe beträgt 30,87 Meter zwischen der Kappe und dem allgemeinen Fundirungsniveau und 34,92 Meter zwischen dem Scheitel der Brustwehr und dem Fuss der Schutzmauer. Die aufwärts gelegene, aus grob zugerichteten Bausteinen gebildete Böschungsfäche, wurde mit 3 Schichten abgebrannten Theers bedeckt und dann mit Kalk geweißt, um die allzugesse Wärmeabsorption durch die schwarze Farbe zu vermeiden.

Der an die abwärts gelegene Böschungsfäche des Abschlusswerks geklammerte Halbviaduct besteht aus 40 Rundbögen von 8 Meter Oeffnung, welche in 8 durch einen Landpfeiler von einander getrennte Gruppen von je 5 Bögen zerfallen. Die gewöhnlichen Pfeiler haben am Anfang 1,80 Meter Breite ; die Landpfeiler sind 2,80 Meter breit und ihr mittlerer Theil ist auf einer Breite von 1,80 Meter von einem aus der glatten Mauerfläche des Giebfeldes um 0,40 Meter vorspringenden Strebpfeiler eingenommen.

Die Land- und ihre Strebpfeiler entspringen keiner Nothwendigkeit ; sie sind zu einem lediglich decorativen Zweck angebracht worden, um dem Bau, von abwärts gesehen, ein ähnliches Aussehen zu verschaffen, wie es das Auge bei gewöhnlichen Viaducten gewöhnt ist. Zu gleichem Zweck ahmen die Abschlusswerkenden, welche das Widerlager der Kegel-Viertheile aufnehmen, die Landpfeiler eines Viaductes nach. Die Eckschäfte der Pfeiler

und der Strebepfeiler der Landpfeiler sind ebenso, wie die Bandgesimse der Gewölbe mit Bossenwerk versehen; die Giebfelder, die Böschungen der Pfeiler und die Gewölbeleibungen sind aus mit dem Hammer bossierten, regelmässig gelagerten Bausteinen, und heben sich von dem durch die abwärts gelegene Böschungsfäche der Reservoirmauer gebildeten Hintergrunde deutlich ab; letztere Fläche besteht aus einer Mosaik von hexagonalen Bausteinen von grossen Dimensionen, welche mit vorspringenden, zur Aufnahme der Unterhaltungs-Gerüste bestimmten Steinen durchsetzt ist. Diese einfachen, aber sehr glücklich gewählten Dispositionen geben in ihrer Gesamtheit dem Abschlusswerk, von der stromabwärts liegenden Seite gesehen, ein wahrhaft grossartiges architectonisches Aussehen. Die ganze Wirkung beruht auf den enormen Vorsprüngen des Halb-Viaductes aus der gekrümmten abwärts gelegenen Böschungsfäche der Reservoirmauer und auf dem beträchtlichen Schatten, den dieselben werfen. Keinerlei Schmuck konnte einer solch ungeheuren Oberfläche, wie sie ein gemauertes Abschlusswerk auf weist, besser entsprechen.

Der Halbviaduct ist oberhalb des Extrados der Gewölbe mit Aushöhlungen versehen, die durch Längen-Rundgewölbe mit einer Oeffnung von 2,25 Meter gebildet werden, deren aufwärts gelegenes Widerlager nichts Anderes ist, als der obere Theil der eigentlichen Reservoirmauer. Auf der Kappe der Reservoirmauer und auf den kleinen Entlastungs-Gewölben des Halbviaductes ist durchwegs ein Mörtelauguss angebracht, und trennt das Mauerwerk von der Chaussee des Wegs, deren Wasser sich in das Reservoir durch Wasserleitungen ergiessen, welche oberhalb der Schlasssteine einiger Gewölbe des Halb-Viaductes angebracht sind; es sind dies Punkte, wo man infolge der Unterbrechung der kleinen Entlastungs-Gewölbe über eine zur Anlage der Wasserleitungen hinreichende Höhe verfügte. In der Längsrichtung weisen die Pfeiler und die Strebepfeiler der Landpfeiler eine Verjüngung von 0,02 Meter per Meter auf. In der Querrichtung ist die abwärts gelegene Böschungsfäche der Pfeiler und Strebepfeiler senkrecht bis zu dem 5,294 Meter unterhalb des Stauniveau's gelegenen Punkte; unterhalb jenes Punktes wird jene Böschungsfäche durch einen Kreisbogen gebildet, welcher den senkrechten Theil tangentiell berührt und seine Konkavität nach Aussen kehrt; der Halbmesser dieses Bogens beträgt 21,965 Meter für die Böschungsfäche des Pfeilers und 25,221 Meter für jene der Strebepfeiler. Diese Curven treffen beinahe tangentiell mit der abwärts gelegenen Böschungsfäche der Reservoirmauer an dem 20 Meter unterhalb der Stauung gelegenen Punkte zusammen, so dass die Böschungsfäche der Reservoirmauer nur in den tiefer als 20 Meter unterhalb der Stauung gelegenen Theilen, welche, wie der Aufriss lehrt (Fig. 1 der Tafel I) beinahe gänzlich ins Erdreich versenkt sind, kahl und jedes ornamentalen Schmuckes baar sind.

Das Profil der Reservoirmauer ist nach der von Herrn Bouvier empfohlenen und von Herrn Guillemain vervollkommeneten Methode bestimmt

worden, nur dass nachher regelmässige geometrische Curven substituirt wurden, die sich von den erhaltenen gebrochenen Linien nur äusserst wenig entfernen. Das Gewicht des Cubikmeters Mauerwerk, welches den wesentlichsten Factor bildet, war mit grösster Sorgfalt durch directe Beobachtung festgestellt worden. Mit demselben Material, welches den Damm bilden sollte und mit Mörtel von gleicher Dosirung war ein Massiv von 4 Cubikmeter erbaut worden, auf einer Brückenwage, die zur Citadelle von Langres gehört und von der Genie-Truppe während eines Zeitraumes von 50 Tagen zur Verfügung der Verwaltung gestellt wurde. Alle 5 Tage fanden Wägungen statt. Anfangs nahm das Gewicht des Massivs durch 25 Tage allmählig ab, nämlich während der Dauer der Austrocknung des Mörtels; später erlitt es nur sehr unbedeutende Aenderungen, welche ohne Zweifel dem Zustand der Atmosphäre und der Absorption der Feuchtigkeit durch das Material der Böschungfläche und durch den Brückenbelag zuzuschreiben sind. Während der letzten 25 Beobachtungstage betrug die äussersten erhobenen specifischen Gewichte am 17 Juli (am Ende einer Periode sehr grosser Hitzten) 2 147 Kilogramm und am 26 Juli (infolge eines ausgiebigen Gewitterregens) 2 161 Kilogramm. Bei den Berechnungen wurde das specifische Gewicht von 2 150 Kilogramm zu Grunde gelegt.

Das Profil wurde nach der Methode der horizontalen, 2 Meter von einander abstehenden Sectionen bestimmt und sodann durch die Betrachtung der vom aufwärts gelegenen Böschungsfusse und von verschiedenen, in der unteren Hälfte der abwärts gelegenen Böschung gewählten Punkten ausstrahlenden schiefen Sectionen geprüft. In einem Falle wie in dem anderen wurde der Druck auf dem am meisten geladenen Grat berechnet, wobei jedoch keineswegs angenommen wurde, wie dies die Herren Graeff und Delocre gethan haben, dass sich das obere Massiv auf die betreffende Section nur mit der zur Ebene dieser Section senkrechten Componente der Resultirenden der auf das Massiv einwirkenden Kräfte stütze, sondern vielmehr (mit den Herren Bouvier und Guillemain) dass sie sich mit der Gesammtheit der Resultirenden auf dieselbe stütze, indem man als wirksame Stützfläche nur die Projection dieser Fläche auf eine zur Resultirenden perpendiculäre Ebene zählte. Ferner hat man es sich zur absoluten Bedingung gemacht, dass die Druckkurve bei vollem Reservoir im Inneren des mittleren Drittheils aller betrachteten Sectionen verlaufe. Diese Bedingung ist derjenigen vorgegangen, welche sich auf die Grenze des Druckes auf die abwärts gelegene Böschung an der oberen Mauerpartie, bei einer Höhe von 15 Meter vom Stauniveau aus, bezieht. Bei diesem Theile ist mithin die Breite der Mauer durch das Bestreben bestimmt worden, die Druckkurve im mittleren Drittheile zu erhalten, und der Druck auf die abwärts gelegene Böschung ist daselbst geringer, als die Grenze, die man sich gesteckt hatte. Es kann mithin an keinem Punkte der aufwärts gelegenen Böschung eine Zugkraft stattfinden.

Man hat es jedoch nicht für nöthig gehalten, jener andern]Bedingung zu

genügen, dass bei leerem Reservoir die Druckkurve, welche als dann nichts anderes ist als die Schwerpunktkurve, gleichfalls im Inneren des mittleren Drittheiles bleibe. Sie verlässt dasselbe ein wenig im unteren Theile der Mauer; um dies zu vermeiden, hätte man die Verjüngung am aufwärts gelegenen Böschungsfusse erhöhen müssen, was man aus folgenden Gründen unterlassen hat :

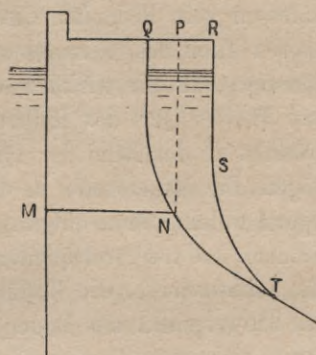
1. Die Schwerpunktkurve verlässt das mittlere Drittheil nur unbedeutend am unteren Theile des Damms (von 0,585 Meter bis 27 Meter unterhalb des Stauniveau's), und die etwa bei leerem Reservoir am abwärts gelegenen Böschungsfusse vorkommende Zugkraft wird stets sehr schwach und geringer als die Cohäsion des Mauerwerkes sein ;

2. Die Gefahr eines Risses an der abwärts gelegenen Böschungsfläche, angenommen dass ein solcher vorkommen könnte, hätte keineswegs die gleiche Bedeutung, wie die Gefahr eines Risses an der aufwärts gelegenen Böschungsfläche ; denn das Wasser könnte dort niemals eindringen, da die abwärts gelegene Böschungsfläche niemals mit unter Druck befindlichem Wasser in Berührung kommt ;

5. Endlich kann sich die Annahme vollständiger Leere des Reservoirs, bis zum Fusse der Mauer nicht verwirklichen, auch während der Bauperiode nicht, da der Fuss der Mauer überall tief in den Boden versenkt ist, das durch den Damm [gestaute Wasser unterhalb der Schwelle des Grundablasses keinen Ausweg findet, und endlich weil das unterhalb dieser Schwelle gelegene Erdreich stets unter Wasser sein wird und infolge dessen einen Druck auf den Fuss der aufwärts gelegenen Mauerböschung ausüben wird.

Der an den oberen Theil der abwärts gelegenen Böschung geklammerte Halb-Viaduct gab Anlass zu einer neuen Frage : welchen Einfluss übt derselbe auf die Widerstandsfähigkeit des Damms? Man hat diesen Einfluss sowohl bei der Bestimmung des Profiles QNT (siehe das gegenüberstehende Croquis) der eigentlichen Reservoirmauer, als bei Bestimmung des Bündigmachens ST der Pfeiler des Halb-Viaductes mit der abwärts gelegenen Mauerböschung in Rechnung gezogen, u. zw. auf folgende Art :

1. Was die eigentliche Mauer betrifft, so hat man, indem man eine Section MN dieser Mauer betrachtete, bei Schätzung der auf das oberhalb dieser Section liegende Massiv einwirkenden Kräfte, das Gewicht des aufwärts von der Lotrechten PN gelegenen Theils des Halbviaductes in Rechnung gezogen, und dieses Gewicht als auf der ganzen Länge gleichmässig vertheilt angenommen. Diese letztere Annahme ist offenbar streng richtig, wenn sich



die betrachtete Section MN am unteren Theile der Mauer befindet; für die am oberen Theile gemachten Sectionen entspricht sie den durchschnittlichen Stabilitätsverhältnissen eines Mauerschnittes von einer Länge gleich einem Bogen und einem Pfeiler zusammengenommen, sie hört jedoch auf, genau zu sein für einzelne Theile dieses Schnittes getrennt betrachtet. Es bestand indessen kein Bedenken diese Annahme der gleichen Vertheilung auf den oberen Theil des Dammes auszudehnen, denn sie ist für diesen Theil ungünstiger, als die wirklich vorkommende Vertheilung. Die vom Gewichte des Theiles QPN des Halbviaductes ausgeübte Wirkung ist nämlich am grössten in der Nähe der Pfeiler und am kleinsten am Schlussstein der Bögen. Die Mauertheile in der Nähe der Pfeiler können keinen Anlass zu irgend welcher Beunruhigung geben, weil sie durch die Pfeiler, welche auf sie nach Art von Strebepfeilern wirken, befestigt werden, während im Lothe der Schlusssteine, die Einführung des Gewichtes des Theiles QPN, welche den Schwerpunkt der Mauer abwärts verlegt, zur Verstärkung des Profiles führt. Zieht man nämlich die Druckkurven einerseits des als auf die ganze Länge gleichmässig vertheilt betrachteten Gewichtes von Theilen wie QPN des Halb-Viaductes, andrerseits unter vollständiger Vernachlässigung dieses Gewichtes, so überzeugt man sich, dass auf der ganzen, weniger als 14 Meter unterhalb der Stauung gelegenen Höhe, die erstere Kurve abwärts von den letzteren liegt, und dass die beiden Kurven sich an diesem Punkte schneiden. Man ist daher mit Vorsicht zu Werke gegangen, wenn man bei Bestimmung des Profils stets das Gewicht des Halbviaductes in Rechnung zieht, da man auf diese Weise oberhalb des 14 Meter unter dem Stauniveau gelegenen Punktes, die für die Widerstandsfähigkeit ungünstigste Annahme gewählt hat, und da unterhalb jenes Punktes, wo die Annahme der gleichen Vertheilung des Gewichtes des Halbviaductes auf der ganzen Länge günstig wird, jene Annahme unstreitig der Wahrheit sehr nahe kommt;

2. Die Verbindung ST der Pfeiler des Halbviaductes mit der abwärts gelegenen Böschungfläche der Mauer wurde bestimmt, indem man die durch die Axe eines Pfeilers hindurchgehenden geraden Schnitt des Dammes als eine Reservoirmauer von 7 Meter Breite an der Kappe ansah, welche keine andere Lücke aufweist als die des kleinen Entlastungs-Gewölbes des Halb-Viaductes. Die Bestimmung der abwärts gelegenen Böschungfläche dieser Mauer hat mithin eine Linie RST ergeben, welche die Böschungfläche QNT ungefähr 20 Meter unter dem Stauniveau schneidet.

Die Berechnung der Widerstandsfähigkeit des Dammes ergibt die nachstehenden Druck-Maxima per Quadrat-Centimeter :

Auf der abwärts gelegenen Böschung, bei vollem Re- servoir.	Horizontale Schnitte.	}	4,50 m. unter der Stauung.	658
			50 m. » 	495
		}	16 m. » 	595
			22 m. » 	615
	Schiefe Schnitte.	}	27 m. » 	626
			Von der abwärts gelegenen Böschung 16 m. unter der Stauung ausgehender und mit 26°50' nach aufwärts geneigter Schnitt.	609
		}	Von der abwärts gelegenen Böschung 22 m. unter der Stauung ausgehender und mit 18°19' nach aufwärts geneigter Schnitt.	626

Ein Druck von 6 Kilogramm und 6,56 Kilogramm per Quadratcentimeter kann in voller Sicherheit ebensowohl von Mauerwerk aus hartem volithischem Kalkstein von La Fontaine au Bassin, als vom hartfelsigen, compacten Mergel des oberen Lias ausgehalten werden, welch letzterer sich nie ändert, wenn er gegen jede Einwirkung der Luft geschützt erhalten wird.

Die überall 1 Meter tief in den Felsen eingelassenen Gründungen sind beim Mouche-Damm ausserordentlich bedeutend; das unter den Boden eingegrabene Mauerwerk beträgt dort nämlich 56 Procent des ganzen Kubikinhaltes des Damm-Mauerwerkes. Die Tiefe des allgemeinen Fundirungsniveau's unterhalb des natürlichen Bodens beträgt im Thalwege nirgends weniger als 7,26 Meter und erreicht beim linksufrigen Einbau 12,47 Meter, am rechtsufrigen Einbau 21,01 Meter. Die Schutzmauer reicht, wie man sich erinnert, noch 5 Meter tiefer als die allgemeine Fundirung, so dass ihre Basis an den Enden des Dammes 15,48 Meter bezw. 24,01 Meter tief in den natürlichen Boden eingelassen ist.

An den Einbauungen hat man auf einer Länge von 105,15 Meter am rechtsufrigen, und von 95,75 Meter am linksufrigen Höhenzuge, die krummlinige Verjüngung der abwärts gelegenen Böschungsfäche 10 Meter unterhalb des Erdbodens aufhören lassen und dieselbe unterhalb durch eine geradlinige Verjüngung von 0,075 Meter per Meter ersetzt. Man glaubte, dies thun zu können, sowohl aus dem Grunde, weil in diesen Partien der Damm auf einer beträchtlichen Höhe vollständig in das Erdreich eingelassen ist, als auch deshalb, weil man es für unmöglich hielt, dass das Wasser noch unter Druck in eine Tiefe von 10 Meter gelangen könne, nachdem es die vor der aufwärts gelegenen Böschungsfäche sorgfältig mit Letten ausgeschlagenen Aufträge durchdrungen hat, da dieses Wasser beim Durchsickern durch den Tonschlag (falls letzterer nicht vollständig undurchlässig ist) nothwendiger Weise allen Druck, den es von der Stauerhöhe erhielt, verliert. Fig. 4 der Tafel II stellt das Einbauprofil des Dammes dar.

NEBENBAUTEN

Speisungen. — Der die Speisungen des Liez-Dammes enthaltende Bau befindet sich in einer Entfernung von 72,50 Meter vom linken Ende des

eigentlichen Dammes. Er besteht aus drei Theilen : 1. einem senkrechten cylindrischen Schacht mit einem inneren Durchmesser von 1,20 Meter, der ungefähr in der Dammaxe liegt, und dessen Bettung, durch einen Haustein gebildet, eine Höhlung in Form einer Cüvette von 0,30 Meter Tiefe besitzt; 2. aus 2 grossen, geraden, geflügelten, gemauerten Abhängen oder Wänden, welche von diesem Schacht ausgehen und bis zum aufwärts gelegenen Böschungsfusse reichen, indem sie zwischen einander eine Rinne von 1,20 Meter Breite frei lassen; diese Abhänge, deren Kappe längs des Profils der Stufen und Bankets der aufwärts gelegenen Böschung abgeglichen ist, sind durch 12 sehr niedrige, 0,90 Meter lange Entlastungs-Gewölbe verbunden; 3. aus einer sehr niedrigen Wasserleitung mit einer Oeffnung von 1,20 Meter und einer Höhe von 1,84 Meter unter dem Schlussstein, der vom Grunde des Schachtes ausgeht, und in den Fuss der abwärts gelegenen Böschung mündet, jenseits welcher er durch einen gemauerten Canal fortgesetzt wird, der den Ursprung der Zuführungsrinne des Wassers in den Canal bildet. Die aufwärts gelegene Seite des Schachtes ist von 2 Speisungsöffnungen durchbohrt, welche 0,80 Meter Breite auf 1 Meter Höhe besitzen; letztere werden durch Hebeschützen geschlossen, die man mittelst Winden handhabt, von denen eine rückwärts, die andere auf der Krone des Schachtes angebracht ist. Die Schwelle der unteren an der Basis des Schachtes angebrachten Speisung befindet sich 11,09 Meter unterhalb des Stauniveau's, die Schwelle der oberen Speisung liegt 5,50 Meter unterhalb desselben Niveau's. Falze für kleine Balken von 0,15 Meter Breite sind an der Innenseite der Abhänge 0,80 Meter vor jedem Speisung-Schützen gehöhlt.

Die zwischen den beiden gemauerten Abhängen gelegene Rinne, welche von dem in der Mitte des Dammes gelegenen Schachte bis zum aufwärts gelegenen Böschungsfusse reicht, bildet auf der aufwärts gelegenen Hälfte des Dammes, einen vollständigen Einschnitt in das mit Letten ausgeschlagene Massiv und macht 2 wasserdichte Verbindungen des Thonschlages mit den Aussenseiten der Abhänge nöthig. Aus dieser Unterbrechung des Thonschlages ergeben sich schwere Uebelstände :

1. Die Homogenität des Erdbaues ist nicht mehr vollständig; die Sackung kann nicht mehr regelmässig, beständig, und ohne Herbeiführung von Rissen auf der ganzen Dammlänge geschehen, da das zwischenliegende Mauerwerk sich der Sackung entzieht;

2. Die wasserdichte Verbindung zwischen dem Erdreich und dem Mauerwerk der Abhänge ist sehr schwer herzustellen, umso schwerer, als man, obwol das Mauerwerk erst zu gleicher Zeit mit dem Thonschlag aufgeführt wurde, die Presswalze nicht ganz bis zum Rande des Mauerwerkes führen kann, und als die Handstampfung, zu der man an diesem Rande seine Zuflucht nehmen muss, das Erdreich unvergleichlich weniger gut presst, als die Walzung;

3. Selbst wenn diese Verbindung einmal hergestellt ist, kann man nicht erwarten, dass ihre Dichtigkeit von Dauer sei, da die Sackung des Thonschlages und der Bekleidungen Risse zwischen denselben und den Abhängen erzeugen muss;

4. Endlich bereitet der Einschnitt der Rinne der Ausführung sehr bedeutende Schwierigkeiten, eben dadurch, dass er die aufwärts gelegene Hälfte des Dammes in 2 getrennte Theile sondert, welche einzeln nach einander gewalzt werden müssen. Abgesehen von dem sich hieraus ergebenden Zeitverluste und Zwange, muss darauf hingewiesen werden, dass, wenn die Walze von Pferden gezogen wird (wie dies beim Damme von Wassy der Fall war), man die Walze ziemlich weit vom Mauerwerke anhalten und den ganzen zum Windraum des Anspannens nothwendigen Platz mit der Hand stampfen muss; dass ferner, wenn die Walze mittelst eines Seiles gezogen wird, das sich auf Haspeln an den Dammenden aufrollt (wie dies beim Liez-Damme der Fall war), die Walze ernstlich Gefahr läuft, in den Einschnitt der Rinne zu fallen, da, um einen solchen Fall hervorzurufen, die geringste Nachlässigkeit der die Haspel bedienenden Mechaniker hinreicht, sei es, dass sie das vom Arbeiter, der die Walze begleitet, gegebene Haltesignal nicht bemerken, sei es, dass sie letzteres zwar bemerken, den Handgriff jedoch nicht mit der nöthigen Schnelligkeit ausführen.

Ungeachtet aller dieser Schwierigkeiten sind indessen die Verbindungen zwischen dem Thonschlag und dem Mauerwerk am Liez-Damme gut vollendet worden, und ihre vollständige Dichtigkeit dauert fort. Dieses Ergebnis verdankt man der ausserordentlichen Sorgfalt, mit der bei der Ausführung zu Werke gegangen wurde: zahlreiche Strebepfeiler flankirten die Aussenwände der Abhänge und sogar diejenigen der Abfluss-Wasserleitung und unterbrachen, indem sie die Bauten befestigten, gleichzeitig die Angriffsflächen des Thonschlages, indem sie eine Reihe von Vorsprüngen und Senkungen bewirkten, welche die Adhäsion des Erdreichs bedeutend erleichterten; letzteres ward in der Nähe des Mauerwerkes in sehr dünnen Schichten ausgebreitet, und sehr stark gestampft; endlich liess man durch die wohlbedachte Langsamkeit, womit der Damm aufgeführt wurde, den unteren Schichten Zeit, ihre Sackung vor Ausführung der oberen Schichten zu vollziehen. Dank all dieser Vorsichtsmaassregeln waren die Sackungen unbedeutend, und eine vollständige Wasserdichtigkeit wurde nicht bloss hergestellt, sondern aufrecht erhalten. Nichtsdestoweniger bleibt es gewiss, dass die Methoden, welche nicht eine gleich genaue Sorgfalt erfordern, vorzuziehen sind. Unter diesen Methoden ist jene besonders zu empfehlen, welche darin besteht, dass man den Speisungs-Thurm gänzlich nach Aussen und aufwärts vom Damme verlegt, wogegen, um den Handbabungs-Winden der Schützen Zugang zu verschaffen, eine Laufbrücke aus Metall zwischen der Dammkappe und dem Gipfel des Thurmes geschlagen wird; die Abfluss-Wasserleitung vom Fusse des Thurmes ausgehend, wird sodann unter dem Damm gebaut; sie kann beinahe

gänzlich in das natürliche Erdreich eingelassen werden, da sie abwärts vom Damme in den Grund einer in Abtrag gehöhlten Rinne einmünden soll, und sie kann fast stets gänzlich gemauert werden. So vermeidet man jegliche Verbindung zwischen dem Thonschlag und dem Mauerwerk; die Auftragschichten des Dammes können von einem Ende bis zum andern auf einmal gewalzt werden; der Thonschlag bildet ein einziges fortlaufendes, vollkommen homogenes Massiv. Diese Methode führt zu ebenso befriedigenden Ergebnissen und ist weit weniger kostspielig, als die im Ausland angewendete, welche darin besteht, die Abfluss-Wasserleitung als Tunnel unterhalb eines der Höhenzüge zu erbauen.

Die Methode des abgesonderten, durch eine Laufbrücke mit der Dammkappe verbundenen Thurmes, deren erste Anwendung wir 1880 anlässlich einer Sendung, mit der wir damals betraut waren, beim Reservoir der « waterworks » von Edinburgh sahen, und welche seither in Frankreich beim Reservoir von Forly-Neuf angenommen wurde, ist leider den Ingenieuren des Marne-Saône-Canales erst bekannt geworden, als die Arbeiten des Liez-Dammes schon zu weit vorgeschritten waren, als dass man noch tiefgreifende Aenderungen an den projectirten Einrichtungen hätte treffen können; diese Methode scheint in Hinblick auf die unstreitigen Vorzüge, die sie den anderen Methoden gegenüber besitzt, in Zukunft vorherrschen zu sollen.

Die Grundablässe oder Abflussrinnen des Liez-Reservoirs sind im Thalwege in einer Entfernung von 80 Meter vom Speisungsbau gelegen. Sie bestehen aus einer sehr niedrigen, angeklammerten Doppel-Wasserleitung von 0,80 Meter Breite und 1,16 Meter Höhe unter dem Schlusssteine, deren Schwelle sich 14,68 Meter unter dem Stauniveau befindet. Sie endigt aufwärts durch einen einzigen Kopf, welcher von 2 graden Abhängen gebildet wird, die 2,50 Meter von einander abstehen und die Breite von 5 unteren Stufen einnehmen. Die Handhabungswinden der Schützen sind auf dem 5. Banket vom Dammfusse angebracht; sie werden nur dann eingeführt, wenn dieses Banket auftaucht und die untere Speisung, auf deren Schwelle die Ladung alsdann nur mehr 2,19 Meter beträgt, nicht mehr hinreicht, die nöthige Wassermenge zu liefern.

Beim Damm von Wassy, sind der Grundablass und die Speisungen, deren Schwellen bezw. 16,49, 10,80 und 5,47 Meter unter dem Stauniveau liegen, in einem einzigen Baue vereinigt, dessen Einrichtungen jenen der Speisungen der Liez vollständig ähnlich sind, nur dass die aufwärts gelegenen Abhänge, die zwischen einander eine Rinne von 1,40 Meter Breite frei lassen, viel länger und höher sind, als auf der Liez, und dass sie durch 22 kleine Abfluss-Gewölbe verbunden sind. Die Abfluss-Wasserleitung mit einer Oeffnung von 1 Meter und einer freien Höhe von 2,14 Meter ist in Rundbogen hergestellt. Die Winden der beiden Speisungsschützen sind auf der Krone des Schachtes angebracht, die Winde des Grundablasses auf einem Abflussgewölbe, das sich im Niveau des Scheitels der 7. Stufe vom Fusse aus befindet.

Der Mouche-Damm besitzt 2 Speisungsbauten, von denen der eine den Fluss selbst, der andere das Gerinne einer unmittelbar unterhalb des Dammes gelegenen Mühle speist. Sie unterscheiden sich nur durch ihre Höhe und bestehen beide aus je einem, an die aufwärts gelegene Böschungsfäche der Reservoirmauer geklammerten Halbthurme; dieser mit seiner Durchschnittsfläche an die Reservoirmauer anliegenden Halbthurm besitzt die Form eines halben, regelmässigen decagonalen Prisma's mit einem Apothem von 5,15 Meter, ausgehöhlt durch einen Halbcylinder von 1,15 Meter Halbmesser. Wie im Reservoir von Torcy-Neuf, ist der Wasserablauf doppelt geschützt: eine erste Reihe von stufenförmig an verschiedenen Punkten der Höhe der äusseren Böschung des Halbthurmes angebrachten Oeffnungen gewährt dem Wasser des Reservoirs Zutritt zu dem im Innern des Thurmes befindlichen halbcylindrischen Schacht, wenn die sie verschliessenden Schützen gehoben werden; ausserdem sind die Oeffnungen, durch welche die Abfluss-Wasserleitung, die den Damm durchquert, in diesen Schacht an seinem Fusse eindringt, sowie die erste Reihe, durch Schützen verschlossen, sodass die Speisung nur unter der Bedingung geschehen kann, dass mindestens 2 Schützen, einer von jeder Reihe, offen sind. Dank dieser Einrichtung kann, wenn irgend einer von den Schützen den Dienst versagt, sei es dass er zerbricht, sei es dass seine Schliessung durch ein Hindernis unmöglich wird, die Speisung regelmässig fortgesetzt und die Ausbesserung bis zu jenem Zeitpunkte verschoben werden, wo dieser Schütze auf natürlicher Weise zugänglich wird. Die äusseren Oeffnungen am Halbthurme, die man nie unter starkem Druck zu öffnen hat, da sie staffelförmig angebracht sind und nur allmählig nach Massgabe der Senkung der Stauhöhe benützt werden sollen, haben eine Oberfläche von 1 Meter auf 0,80 Meter; die Oeffnungen im Innern des Halbthurmes, die man möglicherweise unter dem ganzen Drucke der Maximalstauung im Falle der Beschädigung eines äusseren Schützen zu öffnen oder zu schliessen hat, besitzen nur eine halb so grosse Oberfläche von 0,60 auf 0,67 Meter. Auch gibt es solcher inwendiger Oeffnungen zwei; an dieselben schliesst ein Doppel-Abzugscanal an, welcher, nach Durchlauf einer Strecke von 5 Meter im Innern der Reservoirmauer, in eine grosse Abfluss-Wasserleitung mit Rundbögen von 1,90 Meter Oeffnung und 1,75 Meter Höhe unterhalb des Schlusssteines mündet.

An der Speisung der Mouche beträgt die Zahl der staffelförmig gestellten Oeffnungen an der Aussenseite des Halbthurmes 4; ihre Schwellen liegen bezw. 22,55, 16,80, 10,08 und 5,40 Meter unterhalb des Stauniveau's; die erste und letzte sind an der Vorderseite des prismatischen Halbthurmes angebracht, parallel zur aufwärts gelegenen Böschungsfäche der Reservoirmauer; die mittleren an den beiden anliegenden Flächen. Bei der Speisung der Mühle gibt es nur 5 solche Oeffnungen, von denen die unterste an der Vorderfläche, die beiden anderen an den Seitenflächen gelegen sind; ihre Schwellen liegen in Tiefen von bezw. 18,90, 15,45 und 6,75 Meter. Im einen wie im

anderen Bau liegen die Schwellen der inneren Oeffnungen im selben Niveau wie die Schwelle der niedrigsten äusseren Oeffnung.

Diese Einrichtung hat den Vortheil, die Handhabungswinden der Schützen, welche alle auf der von dem Vicinalweg durch ein Geländer getrennten Krone des Thurmes aufgesetzt sind, in angemessene Entfernung von einander zu bringen. Eine Ausnahme besteht nur für die Winden der beiden, an der Vorderseite der Speisung der Mouche angebrachten Schützen, welche an einander geklammert und auf ein gemeinsames Gestell aufgesetzt sind.

Klappenwerk der Speisungen. — Das Klappenwerk der Reservoirdämme des Marne-Saône-Canals ist höchst einfach. Man hat es nicht für angezeigt gehalten, zu der gewiss sehr sinnreichen, aber ziemlich verwickelten Einrichtung zu greifen, wie sie beim Damme von Torcy-Neuf in Anwendung gebracht wurde, um die Reibung bei Handhabung der Schützen zu vermindern. Die Schützen sind einfache rechtwinkelige Felder aus Schmiedeeisen, welche auf allen 4 Seiten um 0,05 Meter über die von ihnen verschlossenen Oeffnungen hinüberraagen und auf dieser Breite von 0,05 Meter an festen Gleitflächen anliegen. Die Dicke dieser Felder schwankt, je nach ihrem Maass und ihrer Tiefe unter Wasser, zwischen 20 und 45 Millimeter. Die Handhabung dieser Schützen erfordert allerdings einen bedeutenden Kraftaufwand, und müssen die Treibstangen sehr fest sein und die Winde eine grosse Gewalt besitzen. Diese beiden Bedingungen sind jedoch sehr leicht zu erfüllen, wenn man als Treibstange eine cylindrische massive Zugstange aus Eisen verwendet, welche in einer Röhre aus gleichem Metall eingeschlossen ist, welche letztere bei Druck wie eine hohle Säule arbeitet, sobald man den Schützen senkt; und wenn man ferner Winden mit bedeutendem Verhältniss der Zahnäderwerke verwendet, sodass der Kraftaufwand an der Kurbel sehr gering bleibt. Die Handhabung wird allerdings langsam sein, aber eine langsame Handhabung ist im vorliegenden Falle ganz angemessen. Wenn die Speisung im Zuge ist und auf eine regelmässige Wasserführung gebracht werden soll, so braucht man jeden Morgen den Schützen nur um 0,01 bis 0,02 Meter zu heben, um die von der Senkung der Stauung herrührende Druckverminderung auszugleichen. Bei Beginn der Speisung würde eine allzu plötzliche Oeffnung eine für die Bauten und für die Fabriken des Thales gefährliche Fluth erzeugen; auch schreiben die Dienstvorschriften den Dammwächtern vor, die Schützen höchstens um 0,05 Meter per halbe Stunde zu öffnen. Bei der für die meisten tiefen Schützen gewählten Winde von 10 000 Kilogramm Kraft und einem Verhältniss der Zahnäderwerke gleich 999, sind 4 Kurbelumdrehungen nothwendig, um den Schützen um 0,01 weiter zu bewegen. Man sieht daher, dass im Verhältniss von 8 Kurbelumdrehungen per Minute, die tägliche Regelung der Wassermenge im Laufe der Speisung sich in weniger als 1 Minute vollzieht, und dass die Oeffnung zu Beginn einer Speisung von Seite des Dammwächters nur 5 Minuten Arbeit per halbe Stunde erfordert. Für die Speisungen der Reservoirs ist mithin

eine Winde mit bedeutendem Verhältniss der Zahnräderwerke sehr angezeigt und besitzt den Vorzug, eine sehr genaue Regelung der Hebung des Schützen zu ermöglichen.

Beim Anbringen der Winde am Mauerwerk muss jedoch eine Vorsicht angewendet werden. Wenn man die Schliessung eines Schützen beendet, so übt die Winde auf die Stange eine bedeutende Druckkraft aus, da der Schütze alsdann dem Gesamtdruck des Wassers ausgesetzt ist, und sie besitzt eine Tendenz sich zu heben, ihr Gestell muss daher am Mauerwerke stark befestigt sein. Man hat es sich zur Regel gemacht, mit ihm ein Mauermassiv zu verbinden, dessen Gewicht bedeutender ist als das Maximum der Druckkraft. Diese Verbindung erhält man mittelst langer, senkrechter Verankerungs-Bolzen mit einem Durchmesser von 55 Mm. deren Tiefe, je nachdem die betreffenden Schützen einem mehr oder minder beträchtlichen Drucke ausgesetzt sind, zwischen 2,78 Meter und 1 Meter schwankt, und die an ihren unteren Theilen durch Blechplatten und Keile festgehalten werden; dieselben sind in Löchern im Mauerwerk mit einer Oberfläche von 0,22 Meter auf 0,20 Meter, in welche ein menschlicher Arm mit Leichtigkeit eingeführt werden kann, angebracht. Solcher Bolzen gibt es 5 oder 4 per Winde: 2 am Vordertheile, 1 oder 2 am rückwärtigen Theile. Bei den Winden der äusseren Schützen der Halbhürme der Speisung der Mouche sind die Keilverbindungs-Löcher der rückwärtigen Verankerungs-Bolzen im Innern der Schachte dieser Halbhürme angebracht.

Beispielshalber wollen wir die wichtigsten Maasse des unteren, an der Aussenseite des hauptsächlichsten Halbthurmes der Speisung am Mouchedamme angebrachten Schützen angeben, sowie diejenigen seiner Handhabungs-Werkzeuge und die Kraftäusserungen, denen dieselben ausgesetzt sind. Obgleich man diesen äussern Grundschützen niemals heben darf, wenn das Reservoir ganz voll ist, so hat man ihn dennoch mit einer Winde versehen, die seine Handhabung unter dem Volldruck der Stauung gestattet. Der Schütze, welcher eine Oeffnung von 1 Meter Breite auf 0,80 Meter Höhe schliesst, ist ein Feld aus Schmiedeisen von 1,10 Meter Breite, 0,90 Meter Höhe und 0,45 Meter Dicke; da sich sein Mittelpunkt 22,15 Meter unterhalb des Stauniveau's befindet, so hält er einen Druck von 21 900 Kilogr. aus. Unter der Annahme, dass er nur auf dem unteren und oberen Rand der Oeffnung, welche um 0,80 Meter von einander abstehen, gestützt sei, so beträgt die Arbeit des Eisens bei der Biegung 5,2 Kilogr. per Mm².

Man hat angenommen, dass die Reibung, wenigstens im Zeitpunkte des Beginnes der Hebung, der Hälfte des vom Schützen ausgehaltenen Druckes, d. i. 10 905 Kilogr. betrage. Da das Gewicht des Schützen und der Stange 1 400 Kilogr. beträgt, so wird die Zug-Arbeit während der Hebung auf 10 950 Kilogr. + 1 400 Kilogr. = 12 550 Kilogr. und die Druck-Arbeit zu Ende der Schliessung auf 10 950 Kilogr. — 1 400 Kilogr. = 9 550 Kilogr. geschätzt. Die Treibstange besteht aus einer Röhre von 114 Mm. äusserem und 94 Mm. innerem Durchmesser, welche eine cylindrische massive Zug-

stange von 50 Mm. Durchmesser einschliesst; sie wird durch in gegenseitigen Abständen von 4,85 Meter angebrachte Gleitringe eng geführt. Man hat nur auf die inwendige Zugstange gerechnet, um der Zugspannung, und nur auf die auswendige Röhre, um der Druckkraft Widerstand zu leisten. Die Arbeit beim Zuge der Zugstange beträgt im Augenblick des Beginnes der Hebung 6,3 Kilogr. per Mm^2 . Eine eiserne hohle Säule, 4,85 Meter lang, welche denselben Querschnitt wie die äussere Röhre besitzt, kann, nach der Formel von Love, mit Sicherheit eine Ladung von 9 991 Kilogr. tragen, welche die Maximal-Durchkraft, welche die Stange möglicherweise auszuhalten hat, übersteigt. Die Winde mit einer Nominal-Kraft von 15 000 Kilogr. besitzt ein Verhältniss der Zahnäderwerke gleich 1 415, so dass, wenn man die Reibung der Räderwerke vernachlässigt, der auf die Kurbel zu üübende Maximal-Kraftaufwand nur 8,7 Kilogr. betrüge. Das durch Verankerungen solidarisirte Mauerwerk aus Hausteinen besitzt ein Volumen von 4,22 m^3 und wiegt 10 150 Kilogr.

Die anderen, geringerem Drucke ausgesetzten Schützen haben lediglich Dicker von 55,50 und 20 Mm; der äussere Durchmesser der Röhre ihrer Stange geht auf 105 und 100 Mm. herab; diese Röhre wird sogar vollständig beseitigt, sobald die Druckkraft gegen Ende der Schliessung 2 500 Kilogr. nicht übersteigt. Das Verhältniss der Räderwerke ist bei den Winden von minderer Kraft reducirt; sie beträgt bei den Winden von 10 000 Kilogr. Nominalkraft 999, bei denen von 8 000 Kilogr. 482, und bei denen von 4 000 Kilogr. 282. Alle Organe der Winden sind aus cementirtem, gehärtetem Stahl. Das Klappenwerk der 5 Dämme ist in den Fabriken der Elsässer-Gesellschaft für mechanische Constructionen zu Grafenstaden, welche seit Langem in dieser Art Constructionen eine Specialität besitzt, in seinen Details studirt und in tadellosester Weise ausgeführt worden.

Regulirungsbauten. — Die Niveau-Regulirungsbauten der Liez sind in der Verlängerung des Dammes an seinem linksufrigen Ende errichtet; sie umfassen einen festen Ueberfall mit einer Kante aus Hausteinen von 55 Meter Länge und eine Schützung bestehend aus 5 Blechschützen von 1,25 Meter freier Breite und 1,25 Meter Höhe unter dem Stauniveau.

Jene des Reservoirs von Wassy sind 52,50 Meter vom linksufrigen Einbau des Dammes entfernt, an einem Punkte gelegen, wo sich der natürliche Boden ungefähr im Stauniveau befindet; sie bilden daher eine Senkung im Damme, dessen Kappe eine Unterbrechung erleidet; sie umfassen einen festen Ueberfall von 8,65 Meter Länge und einen Schützen von 1 Meter freier Breite und 1 Meter Höhe. Die Verbindung zwischen beiden Theilen der Kappe wird durch eine metallische Laufbrücke von 10 Meter Länge und 2,25 Meter Breite gebildet.

Die Stau-Regulirungs-Bauten des Mouche-Reservoirs umfassen einen Ueberfall von 50 Meter Länge und eine aus 5 Schützen von 1,25 Meter freier Breite und 1,25 Meter Höhe bestehende Schützung. Sie sind auf dem rechts-

ufrigen Höhenzuge oberhalb des Dammendes angebracht. Die Schützung hat eine Richtung perpendicular zur Axe des Dammes, an dessen aufwärts gelegene Böschungfläche sie sich lehnt; der Ueberfall setzt sie fort und hat die Form eines Viertelkreises. Das durch diese Bauten gesammelte Wasser passirt den Damm unter einem Gewölbe von 8 Meter Oeffnung, welches mit dem ersten rechtsseitigen Bogen des Halb-Viaductes zusammenfällt.

Die Abflussbauten können per Sekunde die folgenden Wassermengen liefern, unter dem Einflusse einer zufälligen Erhöhung des normalen Stau-niveau's um 0,20 Meter (eine Erhöhung, welche die das Reservoir umgrenzenden Grundstücke nicht schädigt, da alle tiefer als 0,20 Meter unter der Stauung gelegenen Terrains angekauft wurden): an der Liez 25,145 Cubikmeter; in Wassy 5,922 Cubikmeter; an der Mouche 17,462 Cubikmeter. Diese Mengen übersteigen die Wasserführung der grössten Hochwässer, die an den Stellen der Dämme je beobachtet wurden. Obgleich das Zuflussgebiet des Mouche-Reservoirs beinahe doppelt so gross ist, wie das des Liez-Reservoirs, so sind doch die Hochwässer auf der Mouche weit weniger bedeutend, infolge der Durchlässigkeit des Zuflussgebiets und der hiedurch bedingten grösseren Regelmässigkeit des Flussregimes.

Abflusscanäle. — Die Abflusscanäle führen das durch die Regulirungs-bauten gelieferte Wasser in den Thalweg. Bei der Liez und in Wassy sind dies einfache, gemauerte Rinnen mit starkem Gefälle; letzteres beträgt bei der Liez 0,1065 Meter per Meter. Bei der Mouche hat man mit Rücksicht auf die einzubringende bedeutende Höhe, ein anderes System gewählt; der gleichfalls gemauerte Abflusscanal besteht aus 15 kleinen, auf einander folgenden, je 10 Meter langen Haltungen, die durch Ueberfälle getrennt sind, deren jeder eine Fallhöhe von 1,26 Meter besitzt. Der Boden einer jeden Haltung besitzt ein Gegengefälle von 0,05 Meter per Meter, sodass ein Wasserpolster, dessen Dicke am oberen Ende 0,46 Meter beträgt, den Boden gegen die Unterwühlung durch das fallende Wasser schützt, und dass jeder Ueberfall, obwohl er nur eine Fallhöhe von 1,26 Meter einbringt, in Wirklichkeit eine Höhe von 1,72 Meter besitzt, da sein Fuss mit 0,46 Meter unter Wasser steht. Die Ueberfallskante besitzt die Form eines Bogens mit einem Centriwinkel von 45° und einer Entwicklung von 5,14 Meter. Die Breite der Haltungen nimmt von oben nach unten zu; sie beträgt, am oberen Ende, nur 1,65 Meter am Grunde, während sie sich am unteren Ende auf 5 Meter erhöht. Diese Erweiterung hat den Zweck, die Schnelligkeit des Wasserablaufes, welche der Sturz auf den Ueberfall gesteigert hatte, progressiv herabzumindern, um sie im Augenblick, wo das Wasser nach Durchgang durch die Haltung die untere Kante des Ueberfalls erreicht, ungefähr auf ihren ursprünglichen Werth zurückzuführen, und so zu verhüten, dass diese Schnelligkeit vom Scheitel bis zum Fusse des Abflusscanales beständig wachse.

AUSFUEHRUNGS-VERFAHREN

Liez-Damm. — Beim Liezdamme besteht der Thonschlag aus einer Mischung gelber Thonerde und, vom Durchstich der Scheitelhaltung her stammenden feinen Kiesel, im Verhältnis von $\frac{2}{5}$ Erde auf $\frac{1}{5}$ Kies. Die Erde wurde in gleichmässiger Dicke von 0,153 Meter ausgebreitet und an Ort und Stelle sorgfältig zerbröckelt; sodann wurde dieselbe mit einer Kies-schicht von 0,067 Meter Dicke bedeckt; die Mischung beider Materialien geschah mittelst einer Walz-Egge besonderen Systemes. Die Walzung brachte die ganze Schicht von 0,20 Meter auf ungefähr $\frac{2}{3}$ ihrer Dicke. Da die Walze nicht ohne Gefahr bis zum Rande [der Schichten gebracht werden konnte, so war man darauf bedacht, die durch das Profil angezeigte Breite um 0,50 Meter zu überschreiten; dieser Breiten-Ueberschuss von 0,50 Meter wurde später, im Augenblick der Regulirung der unteren Böschung oder der Herstellung der gemauerten Bekleidung der oberen Böschung, wieder abgeschnitten.

Die Eigenartigkeit des befolgten Verfahrens besteht in der Art und Weise des Zuges der Walzegge und der Presswalze. Die Einrichtung gleicht genau derjenigen, welche bei dem in England so verbreiteten Dampfzuge System Fowler angewendet wird. An den Enden des Dammes perpendicular zu seiner Axe wurden zwei Geleise von 1,80 Meter Breite angebracht, welche gleichzeitig mit dem Damme selbst hergestellt wurden. Auf jedem dieser Geleise wurde ein sechsrädiger Wagen aufgestellt, der eine Winde mit senkrechter Axe, ein die Winde treibendes Locomobil und ein diese Maschinen umgebendes, und sie gegen die Unbilden der Witterung sicherndes leichtes Schutzdach aus Gebälke trug. Ein langes Seil aus Stahl von 15 Millimeter Durchmesser und einer das Doppelte der Dammlänge etwas übersteigenden Längsentwicklung, verband die Winden der von den beiden an den Dammenden errichteten Geleisen getragenen Wagen und wickelte sich auf diesen Winden auf. In der Mitte dieses langen Seiles wurde abwechselnd die Walz-Egge und die Presswalze eingespannt. Die beiden Locomobile wurden abwechselnd in Gang gesetzt; das Seil wickelte sich auf der von dem in Gang gesetzten Locomobil getriebenen Winde auf, während es sich gleichzeitig frei von der andern Winde abwickelte und die Walzegge oder die Presswalze führte eine hin- und hergehende Bewegung aus, mittelst welcher sie den ganzen Damm abwechselnd in der einen und andern Richtung durchlief. Die Regelmässigkeit der Aufwicklung des Seiles auf den Winden wurde durch denselben Kunstgriff gesichert, wie beim System Fowler: eine von 2 kleinen Rollen, zwischen denen das Seil durchging, bevor es die Winde erreichte, beendigte Stange, erhielt eine senkrechte Bewegung durch eine von der Winde selbst getriebene Schraube und nöthigte fortwährend das Seil, sich im passenden Niveau aufzuwickeln. Um den die Winde und das Locomobil tragenden

Wagen auf dem tragenden Geleise weiterzubewegen, genügte es, durch das Locomobil ein besonderes Schwungrad treiben zu lassen, dessen Stange durch ein konisches Räderwerk die Vorderaxe des Wagens in Bewegung setzte. Um diese Vorwärtsbewegung zu bewerkstelligen, benützte der Mechaniker die Zeit, während welcher die Walzgege oder Presswalze sich von seinem Wagen entfernte und infolge dessen die Kraft seines Locomobil verfügbar war.

Die angewendete Walzgege ähnelt sehr dem Fowler'schen Pfluge; sie besteht aus einem eisernen, von 4 Rädern getragenen oberen Rahmen, an welchem ein unterer Rahmen von der Form eines sehr abgestumpften, nach oben geöffneten Winkels an Ketten hängt; jede Seite dieses winkligen Rahmens trägt, in 2 Reihen vertheilt, 9 Zähne oder vielmehr 9 kleine Scharen, ähnlich jenen, welche das unter dem Namen Messeregge (*scarificateur*) bekannte landwirtschaftliche Werkzeug besitzt; die an der einen Seite des Rahmens hängenden Schare sind nach entgegengesetzter Richtung gekehrt, wie die auf der andern Seite hängenden; im Mittelpunkt des Rahmens ist eine aus 16 mit Zähnen bewaffneten Scheiben bestehende Walze von 0,70 Meter Durchmesser befestigt. Die nach vorn gekehrte Seite des Rahmens ist horizontal gestellt, und die von derselben getragenen Schare sind die einzigen, welche die Erde berühren, während die andere Seite in schiefer Stellung erhoben ist. Sobald die Walzgege am Dammende angelangt ist, lässt der Begleiter, ohne seinen im Mittelpunkt des Apparates angebrachten Sitz zu verlassen, den unteren Rahmen um die Centralwalze schaukeln, indem er die Hängeketten dieses Rahmens auf andere Haken bringt, und das Instrument ist hiemit für eine neue Fahrt in entgegengesetzter Richtung gerüstet. Der Begleiter richtet nach Belieben die Walzgege nach rechts oder links mittelst einer ganz gleichen Vorrichtung, wie bei den Fowler'schen Pflügen, und er ist mit einer rothen Fahne versehen, mittelst welcher er den Mechanikern der Winden die verabredeten Zeichen gibt, um das Vorfahren und Stillehalten zu commandiren.

Die Zuricht-Pressse besitzt 2 Meter Länge auf 1 Meter Breite; sie besteht im Wesentlichen : 1. aus 2 Reihen von 12 roheisernen Scheiben von 0,80 Meter Durchmesser, welche auf zwei, 1,20 Meter von einander abstehenden Axen derart aufgesetzt sind, dass der zwischen 2 auf einander folgenden Schrauben gelassene Zwischenraum ungefähr gleich der Breite der Scheiben sei, und dass die Scheiben der einen Axe den Zwischenräumen der anderen gegenüber liegen; 2. aus einer Belastungs-Büchse, welche einen Wasser-Ballast von 1900 Kilogramme aufnehmen kann. Der in einem auf der Büchse angebrachten Sitze befindliche Begleiter hat eine Handstange zur Verfügung, mittelst welcher er durch eine Reihe von Leitungen, den Parallelismus der beiden Axen aufheben und folglich den Apparat nach Belieben lenken kann. Ebenso hat er die Füllklappe in seiner Gewalt, sowie eine das Entleerungsventil der Belastungsbüchse commandirende Stange, sodass er, ohne seinen Sitz zu verlassen, die Büchse füllen oder leeren kann, unter der einzigen

Bedingung, dass er, um erstere Operation zu vollziehen, die Walze in der Nähe einer Speisung und eines Bewässerungsarbeiters halten lässt. Die Walze wiegt leer 2500 Kilogramme und bei voller Ladung 4400 Kilogramme. Die durchschnittliche Zahl von Fahrten auf einer und derselben Spur betrug fünf.

Die zur Bewässerung des Erdreichs dienende Einrichtung war sehr vollständig. Eine, durch eine kleine Dampfmaschine getriebene Pumpe war am Liez-Ufer unterhalb des Dammes aufgestellt; von dieser Pumpe gingen 2 gusseiserne Stammleitungen von 80 Millimeter Durchmesser aus, die bleibend auf dem natürlichen Boden am Fuss des Dammes aufgestellt waren, wovon letzterem sie auf seiner ganzen Länge folgten, die eine in der Richtung gegen den rechten, die andere gegen den linken Höhenzug; jede dieser Leitungen lief in ein kleines gemauertes Reservoir aus, das am Hügelabhang 5 Meter über dem Niveau der Dammkappe angebracht war. Auf diesen Stammleitungen waren Speisungen in gegenseitigen Abständen von 25 Meter angebracht. Die Bewässerung wurde durch Abzweigung von gegliederten, auf Rädchen beweglichen, durch ein Spritzrohr beendigten Röhrenzügen ähnlich denjenigen, wie sie von den Strassenverwaltungen der grossen Städte verwendet werden, gesichert.

Damm von Wassy. — Beim Damme von Wassy blieb das verwendete Erdreich ohne jede Beimengung von Kies; die Dicke der ausgebreiteten Schichten betrug 0,15 Meter; die Walzung setzte dieselbe auf etwa 0,10 Meter herab. Die Zerbröcklung geschah zur Gänze mittelst Handarbeit; die Bewässerung mittelst eiserner, von Pferden gezogener Fässer von je 1000 Litern. Die Presswalze mit Scheiben, ähnlich dem beim Damme von Parvy angewendeten, wurde durch ein Gespann von 4 starken Pferden gezogen, da die gekrümmte Form des Dammes den an der Liez angewendeten Zug mittelst Seiles nicht zuließ. Das Leergewicht dieser Walze betrug 1510 Kilogramme. Die Ueberladung bestand aus numerirten Gänsen. Die Anzahl der Fahrten auf jeder Spur betrug 5; die beiden ersten, ohne Ueberladung, die folgenden mit je um 500 Kilogramme zunehmender Ueberladung; auf diese Weise erreichte das Gewicht der Walze bei der letzten Fahrt 5010 Kilogramme.

Mouche-Damm. — Der Steinbruch von La Fontaine au Bassin, den die Unternehmung durch ein 1 Meter breites Geleise mit dem rechtsufrigen Ende des Mouche-Dammes verbunden hatte, hat den gesammten Bedarf an Haustein, die Bausteine aller Art und den Sand zum Mörtel geliefert. Dieser Sand wurde durch Zerstoßen von Steinsplintern in den im Steinbruch aufgestellten Hammer-Quetschwerken System Loiseau gewonnen. Der Mörtel wurde in den mit Dampf getriebenen Fass-Quetschern erzeugt, am rechtsufrigen Ende des Dammes, am Punkte der Ankunft des Geleises des Steinbruches. Der Transport des Mörtels und der Bausteine an den Bauplatz

geschah, was den ersteren betrifft, auf einem Geleise von 1 Meter, das mittelst starker steinerner Keile auf das bereits fertige Mauerwerk des Dammes gesetzt wurde; was die letzteren betrifft, mittelst eines Decauville-Geleises von 0,60 Meter Breite, welches auf ein an die obere Böschung geklammertes Gerüst gesetzt wurde. Sowohl auf dem einen wie auf dem andern Geleise wurden die kleinen Wagen mittelst Seilen ohne Ende gezogen, welche von, am Ende des Dammes befindlichen Dampfwinden gezogen wurden.

Das Mauerwerk des Dammes wurde in allmäligen Schichten von 0,80 Meter bis 1 Meter Dicke aufgeführt, wobei die untere Böschungsfäche stets etwas im Vorsprunge gehalten wurde. Die Füllsteine wurden soviel als möglich verbunden, da ihre Fugen nach allen Richtungen auseinander gingen, und nie fortlaufende, sich auf mehrere benachbarte Steine erstreckende Flächen, und insbesondere nie horizontale Schichten lieferten. Ausserdem wurden grosse Verbindungs-Zwickel in's Innere des Massiv's versenkt. Sie wurden aufrecht, in gegenseitigen Abständen von 3 bis 4 Meter gesetzt, um 0,50 bis 0,50 Meter aus dem mittlerem Niveau der Schicht vorspringend, in welcher ihr Fuss eingelassen war. Durchschnittlich wurde ein Zwickel per Cubikmeter Mauerwerk gesetzt.

Der beim Mauerwerk der unterirdischen Dammfundirung angewendete Mörtel bestand aus 390 Kilogramm Mörtel der Gegend, aus den Oefen von Châteauvillain oder Heuilley stammend, per Cubikmeter Sandes aus zerriebenen Steinen; der beim Mauerwerk der Ansicht des Dammes verwendete aus 350 Kilogramme Kalk von Cruas oder Theil per Cubikmeter des gleichen Sandes. Da die Herstellung des Mauerwerkes mit grösster Sorgfalt überwacht wurde, so war der Mörtelverbrauch beträchtlich. Nach Ausweis der Anrührungen ist durchschnittlich 0,42 Cubikmeter Mörtel per Cubikmeter Mauerwerk verwendet worden.

In jenen Theilen, wo die Fundirung auf normale Weise ausgeführt werden konnte, ist dieselbe in folgender Art hergestellt worden. Die Aufgrabung, die am mittleren Theile, wo die Fundirung am tiefsten hinabreichen sollte, begonnen wurde, wurde bis zum allgemeinen Fundirungs-Niveau geöffnet, mit Böschungen von 1 Basis auf 3 Höhe an der oberen Seite, wo die Wassersickerung reichlicher war, und das Erdreich sich weniger gut erhielt. Die Aufgrabung der Verankerungsmauern wurde in harten Felsen unterhalb des allgemeinen Fundirungsniveau's mit senkrechten Wänden eröffnet. Da der Mergelfels bei Berührung mit der Luft verwitterte, so war es wichtig, ihn dieser Berührung nur durch möglichst kurze Zeit auszusetzen. In jedem Profil wurde die Aufgrabung abwärts begonnen und schrittweise nach aufwärts fortgesetzt; die erste Schicht Mauerwerkes folgte sehr rasch der Ausführung der Aufgrabung. Die Fundirung schloss auf diese Weise mit der Aufsetzung der Schutzmauer. Die Aufgrabung dieser 3 Meter breiten Mauer wurde auf einer Breite von 3,50 Meter eröffnet, sodass zwischen des Felswänden und den Böschungsfächen des Mauerwerks Lücken von 0,25 Meter blieben, auf deren Grund alles Sickerwasser abfloss, um sich zu dem am tiefsten Punkt ange-

brachten Senkloch der Pumpen zu begeben. Dank dieser Anordnung war der Abfluss des Wassers zwischen dem Punkt, wo die Schutzmauer sich im Bau befand, und dem Senkloch stets gesichert, und konnte man diese Mauer herstellen, ohne vom Wasser gestört zu werden. Als die Mauer auf ihrer ganzen Länge beendet war, füllte man die 0,25 Meter breiten Lücken mit Cement-Beton aus.

So oft aus dem Grunde der Fundirungs-Aufgrabung eine Quelle hervorsprang, errichtete man über derselben einen irdenen Kamin, den man in das Mauerwerk versenkte, und man wartete mit der Verstopfung des Kamines mittelst Eingiessens von Cement-Beton, bis das Mauerwerk jenes Niveau erreicht hatte, über welches sich das Quellwasser nicht erheben konnte.

ZWISCHENFÄLLE BEI DER AUSFUEHRUNG

Liez-Damm. — Wir müssen bei der Erbauung des Liez-Dammes 2 Perioden unterscheiden, welche 2 verschiedenen Ausführungsarten von sehr ungleichem Werth entsprechen.

Die Schutzmauer und die Basis des mittleren Theiles des Dammes in einer Höhe von 5,55 Meter gemessen oberhalb des tiefsten Punktes des Thalweges, welche Höhe den 3 untersten Stufen der oberen Böschung entspricht, wurde in der Zeit von April 1880 bis August 1882 ausgeführt. Die oben beschriebene Walzegge wurde während dieser Zeit nicht angewendet, und die Vermengung von Erdreich und Kies war nicht genug innig. Ferner folgte die Ausführung der Bekleidung der aufwärts gelegenen Böschung sehr rasch jener der Erdschüttungen. Man bemerkte gar bald, dass es gefährlich wäre, die Arbeit unter solchen Verhältnissen fortzusetzen; die gemauerten Bekleidungen, die zu frühe ausgeführt worden waren, bevor die Aufschüttungen ihre definitive Lage erhalten hatten, veränderten ihre Gestalt: das beim Baue mit 1,10 Meter per Meter geregelte Gefälle der Bankets nahm infolge der Sackung der Aufschüttung ab, während gleichzeitig die Scheitel der Stufen, besonders die der untersten Stufe, nach aufwärts zurückgeworfen wurden. Diese horizontale Verschiebung betrug an einem Punkte des Scheitels der untersten Stufe 0,15 Meter; die Sackung des Bekleidungs-Mauerwerkes betrug für die Gesammtheit der 3 Stufen im Maximum gleichfalls 0,15 Meter. Diese leichten Deformirungen hatten allerdings keinen beunruhigenden Character, sie zeigten jedoch, dass es ein Gebot der Vorsicht sei, mit der Herstellung der Bekleidung nicht fortzufahren, ehe man nicht der Aufschüttung vorgenommenen Bohren, dass die Walzung nicht genügt hatte, um den Kies bis zum Grunde jener Erdschichte dringen zu lassen, auf welcher er ausgebreitet worden war, dass vielmehr die Basis der Erdschichten beinahe gar keinen Kies enthielt; diese Unzulänglichkeit der Mischung beider Materialien liess Sackungen und gleichzeitig einen Mangel an Wasserdichtheit

befürchten, da die Schichten, wo der Kies vorherrschte, möglicherweise nicht hinreichend durch das Eindringen des darunterliegenden Erdreichs in die Lücken des Kiesel undurchlässig gemacht worden waren. Man hielt daher mit der Ausführung der Aufschüttung inne; man öffnete längs der Dammaxe auf der ganzen Länge des bereits ausgeführten mittleren Theiles eine Aufgrabung von 5 Meter Breite, die man bis 0,60 Meter des natürlichen Bodens vertiefte, und man füllte diese Aufgrabung mit einem Keile reinen, stark geschlagenen Humus. Gleichzeitig liess man die Walzgege bauen, deren Beschreibung wir oben gegeben haben. Die Ausführung der Aufschüttung wurde im Mai 1885 wieder aufgenommen und Ende April 1884 beendet. Dank Anwendung der Walzgege liess diesmal die Mischung der Materialien nichts mehr zu wünschen übrig. Die Ausführung der Bekleidung der abwärts gelegenen Böschung wurde erst im Herbst 1885 aufgenommen und gegen Ende 1886 beendet. So hatten die Aufschüttungen 2 Winter durchgemacht vor Herstellung der Bekleidung der 6 oberen Stufen; die letzteren haben denn auch keine messbaren Deformationen erlitten.

Die beobachtete Gesamt-Sackung im mittleren Theile des Dammes, betrug an dem Punkte, wo sie ihre grösste Intensität erreichte 0,55 Meter; sie vertheilt sich folgendermaassen :

Vor April 1884, d. i. während der Periode der Ausführung der Aufschüttung	0,18 m.
Von April 1884 bis September 1885.	0,25 m.
Von September 1885 bis Juni 1886.	0,12 m.
Summe.	0,55 m.

Seit Juni 1886, hat man noch hin und wieder das Rissigwerden einiger Fugen der Brustwehr beobachtet; allein die hiedurch erzeugte Sackung ist so schwach, dass sie sich jeder Messung entzieht.

Der Liez-Damm besitzt, Dank der auf seine Erbauung verwendeten Sorgfalt, der glücklichen Zusammensetzung der Thonerde, der Intensität der Walzung, der zwischen der Ausführung der Aufschüttungen und der Mauerbekleidung der 6 oberen Stufen beobachteten Zwischenzeit von 2 Jahren, vollständige Undurchlässigkeit, und hat man an demselben im Ganzen nur unbedeutende und sehr rasch zum Stillstande gebrachte Gestaltveränderungen der 5 untersten Stufen wahrgenommen; es ist dies zweifellos einer der besten in Frankreich bestehenden Dämme.

Damm von Wassy. — Der Damm von Wassy wurde mit geradezu Schwindel erregender Schnelligkeit gebaut. Im Juni 1881 begonnen, wurde er im August 1882 beendet und das Wasser in einer Höhe von 15 Meter gestaut.

Im Mai 1882, während der Ausführung der 5. Stufe, vollzog sich eine Bewegung im Mauerwerk der Bekleidung der untersten Stufe. Man ersetzte

daher die Bekleidung dieser Stufe und die sie tragende Aufschüttung durch ein massives Mauerwerk mit trapezförmigem Profil, welches gegen die Schutzmauer abgestützt war und unter der ganzen Breite der Stufe sowie des sie krönenden Bankets herrschte; dieses Mauerwerk wurde auf einer Länge von 235 Meter ausgeführt.

Am 29. August 1882, im Lauf der ersten Entleerung, als sich das Wasser mehr als 5,50 Meter die Schwelle des Grundablasses erhob, vollzog sich an der aufwärts gelegenen Böschung eine beträchtliche Abrutschung auf einer Länge von 66,50 Meter angefangen vom Speisungsbau zur linken Seite desselben. Am 6. September, als die Entleerung fertig war, erkannte man, dass auf dieser Länge die Bekleidung der 2. Stufe umgestürzt worden war, dass das dieselbe tragende Erdreich sich oberhalb der untersten, aus vollem Mauerwerk hergestellten Stufe, die allein widerstand, begeben hatte, und dass die aufwärts gelegene Böschung im Allgemeinen eine schwächere Neigung angenommen hatte, indem ihr Fuss um 2 bis 3 Meter vorgerückt und ihre Kappe um 1,50 bis 2 Meter eingesunken war, wobei sie einen Theil der Dammkappe mit einer durchschnittlichen Breite von 1,50 Meter mit sich fortriss. Das Mauerwerk der Bekleidung der mittleren und unteren Stufen, durch die Abrutschung mit fortgerissen, war im Ganzen herabgefallen. Die Rutschfläche begann am Dammscheitel bei einer 1,50 Meter hinter der aufwärts gelegenen Kante der Kappe liegenden Linie, stieg mit einer Neigung von etwa 1 Basis auf 1 Höhe in eine Tiefe von 12 Meter hinab, an welchem Niveau sie sich 5 Meter hinter der Böschung befand, und erreichte sodann den Gipfel der untersten Stufe durch eine Neigung von 4 Basis auf 1 Höhe.

Nachdem man durch einen längs der Linie der grössten Neigung gehöhlten Durchstich den in Bewegung befindlichen Theil der Böschung von der unberührt gebliebenen abgesondert hatte, um das Fortschreiten der Rutschung gegen das Dammende zu verhüten, erbaute man 7 innere Strebepfeiler aus Mauerwerk von 1,50 Meter Breite in Axen-Abständen von je 10 bis 12 Meter und stellte sodann den Thönschlag und die Bekleidung auf dem ganzen Theil, welcher abgerutscht war, wieder her.

Die Strebepfeiler sind mit Stufen auf die in durchschnittlicher Tiefe von 1 Meter unter der Rutschfläche an ihrer Stelle gebliebene geschlagene innere Aufschüttung fundirt; sie dringen übrigens in den Damm nur bis zum Lothe des Fusses der fünften Stufe ein, mit Ausnahme eines einzigen, nämlich des in der Rutschaxe selbst gelegenen, welcher bis zum Niveau des Wasserspiegels erhöht wurde und, aus diesem Grunde, ein besonderes, auf Fig. 7 der Tafel I dargestelltes Profil erhielt. Vorsichtshalber sind auch in die aufwärts gelegene Böschung 6 Strebepfeiler getrieben worden, rechts vom Speisungsbau, wo Risse entstanden, und hat man so das Abrutschen dieses Theiles der Böschung vermieden.

Diese Befestigungsarbeiten, welche 50 000 Fr. kosteten, hatten vollständigen Erfolg und befestigten endgiltig die aufwärts gelegene Böschung des

Dammes. Sie sind übrigens jenen nachgebildet worden, welche unter ähnlichen Umständen an den Dämmen von Cercey und von Panthier ausgeführt wurden, wo die Strebepfeiler gleichfalls nur auf den Thonschlag unterhalb der Rutschfläche fundirt wurden und sich als ebenso wirksam erwiesen.

Der im August 1882 an der aufwärts gelegenen Böschung des Dammes von Wassy vorgekommene Unfall scheint nicht einer Unzulänglichkeit der im Erdreich enthaltenen Menge sandiger Stoffe zugeschrieben werden zu können. Es ergibt sich nämlich aus den im Laboratorium der Schule von Mines vorgenommenen physikalischen Analysen, dass das Erdreich im Durchschnitt jene Zusammensetzung aufwies, wie sie in der nachstehenden Uebersicht angegeben ist :

PHYSIKALISCHE ELEMENTE DES ERDREICHES DES DAMMES VON WASSY.	GEWICHTS-PROCENTE	
	UNTER BERÜCKSICHTIGUNG DER FEUCHTIGKEIT UND DER ORGANISCHEN STOFFE.	ABGESEHEN VON DER FEUCHTIGKEIT UND DEN ORGANISCHEN STOFFEN.
Sand.	41,4	45,9
Thonerde.	24,2	27,1
Eisen-Hyperoxyd.	15,5	17,4
Kalk-Carbonat	8,6	9,6
Wasser und organische Stoffe.	10,6	
Summe.	100,0	100,0

Das Verhältnis von Sand und Thon scheint sehr angemessen. Vielleicht waren die Körner der Sandmassen zu fein; allein in Anbetracht der auf die Ausführung verwendeten genauen Sorgfalt kann man hierin nur eine sehr nebensächliche Ursache sehen. Die Hauptursache — nach Ansicht des Herrn Unter-Ingenieurs Mongin, der die Arbeiten geleitet hat, die einzige Ursache — liegt in der allzu raschen Ausführung und in der gleichzeitigen Herstellung der Aufschüttungen und der gemauerten Bekleidungen. Dieser Ingenieur gibt daher den Rath, künftighin die Aufschüttungen langsam auszuführen und insbesondere 2 Winter verstreichen zu lassen, bevor man die aufwärts gelegene Böschung beschneidet und mit Mauerwerk bekleidet.

Mouche-Damm. — Die Fundirung des Mouche-Dammes, die am mittleren Theile begonnen wurde, war bis zu einer Entfernung von 60 Meter von dem Einbau am rechtsufrigen Höhenzuge gediehen, als an diesem Höhenzuge eine beträchtliche Erdrutschung entstand und das Ende des Mauerwerkes bedeckte.

Die Rutschfläche war sehr niedrig, in unbedeutender Höhe über dem Felsmergel. Man musste mithin die Fundirung in einem in Bewegung befindlichen Terrain vollenden, und die Schwierigkeit war beträchtlich, da man

genöthigt war, die Aufgrabung sehr tief hinab gehen zu lassen, in eine Tiefe, die am Ende 21 Meter erreichte. Nachdem man die Aufgrabung mit den gewöhnlichen Mitteln auf der grössten Höhe, wo dies ohne Gefahr geschehen konnte, eröffnet hatte, schlug man, quer durch das übrige in Bewegung befindliche Erdreich, 5 Reihen Pfähle, deren Fuss man in den compacten Mergel dringen liess: die äusseren Reihen wurden 50 Centimeter ausserhalb der Böschung des zu erbauenden Mauerwerkes gesetzt, die mittlere Reihe mitten zwischen den beiden anderen. Die Köpfe aller dieser Pfähle wurden in der Längs- und Querrihtung durch Bänder fest verbunden, sodann schlug man Spundpfähle in die Zwischenräume der Pfähle der beiden äusseren Reihen und trug das Innere der also gebildeten Umfassung ab, indem man die Pfähle nach allen Richtungen, nach Maass des Fortschreitens der Abtragung, durch starke Spreizen von 40 Centimeter Durchmesser verband, welche die Aufgrabung in 2 Reihen von Abtheilungen von 5 bis 8 Meter Breite theilten. Das Mauerwerk wurde bei der an das bereits fundirte Central-Massiv gelehnten Theil begonnen und schrittweise bis an's Ende fortgeführt, indem man nach Maassgabe seines Fortschreitens die Spreizen und Pfähle der mittleren Reihe wegnahm. Nach Beendigung der Arbeit, wurden die Pfähle und Spundpfähle der äusseren Reihen mit Hebeschrauben herausgerissen und die zurückbleibenden Löcher mit Fugenmörtel verstopft.

Während der Ausführung der Aufgrabung für den Damm-Einbau am linksufrigen Höhenzuge, entstanden Risse in letzterem, und die Mauern einiger, weniger als 50 Meter von der Aufgrabung entfernter Häuser des Dorfes Saint-Ciergues wurden leicht gespalten. Es galt, um jeden Preis eine neue Rutschung zu vermeiden, welche diesmal einen Theil des Dorfes mit sich gerissen hätte. Man baute äusserst rasch in der Böschung des Endes der Aufgrabung, welche die Form eines Kreisbogens aufwies, Strebepfeiler von 1 Meter Dicke in Abständen von je 2 Meter von einander, die 1,50 Meter unterhalb der Rutschfläche fundirt wurden; diese Strebepfeiler wurden in Mauerwerk ausgeführt, mit Mörtel aus Kalk mit einer Beimengung von Cement, um die Bindung zu beschleunigen. Sobald sie fertig waren, füllte man die ursprünglich zwischen den Strebepfeilern gelassenen Lücken mit Mauerwerk und erhielt so in wenigen Tagen einen vollständigen Stütz-Sektor. Sodann beeilte man sich, in einer rasch bis zum Felsen herabgeführten, ausgezimmerten Aufgrabung den äussersten Theil des Dammes zu fundiren, welche den Stütz-Sektor schulterte. So wurde alle Gefahr beschworen.

Die Geschicklichkeit, mit welcher die Fundirungs-Schwierigkeiten beim Einbau auf dem rechtsufrigen Höhenzuge inmitten einer in Bewegung befindlichen Erdmasse bewältigt wurden, die Sicherheit und Raschheit der Conception und Ausführung der Stützung des linksufrigen Höhenzuges, machen den Herren Carlier, Unter-Ingenieur Mongin und Bauaufseher Florentin, welche diese Arbeiten in eigener Regie ausführten, alle Ehre.

ZWISCHENFÄLLE NACH DER AUSFUEHRUNG

Mouche-Damm. — Während des Winters 1890-1891, wo die Temperatur zwischen 10 und 20 Grad Celsius unter Null schwankte, und die Stauung 5,25 Meter unter ihrem normalen Niveau gehalten wurde, entstanden im Mouche-Damme 7 senkrechte Risse; sie befanden sich in der Axe der Centralbögen einer jeden Gruppe von fünf durch einen Landpfeiler getrennten Bögen des Halb-Viaductes, mit einziger Ausnahme der an das rechte Ufer stossenden Gruppe; sie hätten das Maximum ihrer Oeffnung am Scheitel des Dammes und verschwanden vollständig in einer Tiefe von 11,25 Meter unter dem normalen Stau-Niveau, d. i. 8 Meter unter dem Niveau, in welchem sich die Wasseroberfläche während dieses Winters hielt. Am Scheitel des Dammes, betrug die Breite der Risse zwischen $\frac{1}{4}$ und 2 Millimeter und die Summe der Breiten der sieben Risse betrug $7\frac{1}{4}$ Millimeter. Diese Risse schlossen sich allmählig mit steigender Temperatur; vier von ihnen waren Ende Feber 1891 vollständig verschwunden; die drei anderen blieben, wenn auch bedeutend verengert, sichtbar.

Die periodische Beobachtung der Fluchtlinienzeichen, welche an einem Viertel, der Hälfte und drei Vierteln der Länge angebracht waren, hat gleichfalls zu der Bemerkung geführt, dass sich der Damm ein wenig deformirt. Im Allgemeinen vollzieht sich die Bewegung von aufwärts nach abwärts, und hat die in dieser Richtung beobachtete Verschiebung im Maximum 25 Millimeter erreicht; es ist jedoch bemerkenswerth, dass im Juli 1891, zur Zeit der grossen Hitzten, das in der Mitte des Dammes angebrachte Zeichen sich aufwärts von seiner ursprünglichen Lage versetzt fand, während die an $\frac{1}{4}$ und $\frac{3}{4}$ angebrachten abwärts verrückt waren. Der Damm wies mithin zu jener Zeit die Form einer Curve mit zwei Inflexionspunkten auf, welche Form er übrigens beizubehalten scheint, indem die Verschiebungen des Zeichens im $\frac{1}{4}$ und $\frac{3}{4}$ nach abwärts bedeutender geblieben sind als jene des Zeichens in der Mitte.

Die Oeffnung und Schliessung der Risse, sowie die Deformirung der ursprünglichen Damm-Linie beweisen, dass bei einem geradlinigen Damme die durch das Sinken der Temperatur herbeigeführte Zusammenziehung des Mauerwerkes sich in senkrechten Rissen äussert, und dass die durch das Steigen der Temperatur herbeigeführte Ausdehnung dem Damme eine leicht gekrümmte Form gibt. Diese Curve kann gewiss in manchen Fällen auf ihrer ganzen Länge die Convexität nach derselben Seite kehren; es erscheint jedoch wahrscheinlich, dass sie bei den Dämmen von bedeutender Länge im Allgemeinen, wie dies bei der Mouche der Fall ist, eine gewisse Anzahl von Inflexionspunkten besitzen wird. Alle beobachteten Umstände beweisen übrigens, dass die Ursache der Risse in den Temperaturschwankungen zu suchen ist: der Zeitpunkt ihrer Oeffnung und Schliessung; die Thatsache,

dass sie sich am oberen Theile, wo die Temperatur-Schwankungen fühlbarer sind, mehr öffnen; dass sie am Fuss des Dammes verschwinden; dass sie an der aufwärts gelegenen, vom Wasser bespülten Böschung weniger stark sind, als an der abwärts gelegenen Böschung: alles dies zusammengenommen beweist, dass die Oeffnung ihr Maximum an jenen Punkten besitzt, welche der Einwirkung der Hitze und Kälte direct ausgesetzt sind, ihr Minimum dagegen dort, wo diese Einwirkung durch das Wasser oder Erdreich, deren Temperatur wenig schwankt, abgeschwächt wird.

Wir glauben, dass es, um das Entstehen von Rissen in den gemauerten Dämmen zu verhüten, genügt, die geradlinige Form durch eine, ihre convexe Seite nach aufwärts kehrende Curve zu ersetzen. Der Fehler der geradlinigen Dämme, in Bezug auf die Wirkung der Ausdehnung, liegt nämlich darin, nur eine einzige Entwicklung zuzulassen; es ergibt sich hieraus, dass jede Zusammenziehung einen Riss bedingt, und jede Verlängerung eine Deformirung der Fluchtlinie, welche an kein Gesetz gebunden ist, und sich daher fast immer in unregelmässiger Weise vollzieht, sodass, wenn sodann die Periode der Zusammenziehung kommt, die Punkte, die sich am weitesten entfernt haben, insbesondere jene, welche nach abwärts gestossen wurden, infolge des Widerstandes des Wasserdruckes nicht mehr in ihre ursprüngliche Lage zurückgebracht werden können, und dass Risse entstehen.

Beim krummlinigen Damme muss die Sache ganz anders vor sich gehen. Betrachtet man nämlich den Schnitt eines derartigen Dammes durch eine beliebige Horizontalebene, so genügt eine leichte Annäherung sämmtlicher Punkte an das Krümmungs-Centrum zu einer Verminderung der Längsentwicklung und eine Entfernung von ersterem zu einer Erhöhung dieser Entwicklung. Ist die Curve ein Kreisbogen, so bewirkt ein und dieselbe Annäherung oder Entfernung von dem Centrum eine Verkürzung oder Verlängerung, welche auf der ganzen Länge gleichmässig vertheilt ist, d. i. vertheilt genau nach dem lineären Gesetze der von der Temperatur bedingten Zusammenziehung oder Ausdehnung. Da die Temperaturschwankungen an dem der Einwirkung der Hitze und Kälte direct ausgesetzten Scheitel des Dammes bedeutender sind, als an seinem, mit den unteren Wasserschichten von nahezu beständiger Temperatur in Berührung stehenden Fusse, so werden die auf der ganzen Länge eines und desselben horizontalen Schnittes gleichmässig vertheilten Verlängerungen und Verkürzungen bei jedem Schnitt verschieden sein, und mit ihnen werden die Entfernungen des Krümmungscentrums sowie die Annäherungen verschieden sein; sie werden am Scheitel am stärksten, am Fuss beinahe gleich Null sein. Die Temperatur-Schwankungen werden mithin ihre Wirkung in einer unbedeutenden Veränderung der Verjüngung der Böschungen am oberen Theile des Dammes äussern; die Verjüngung der aufwärts gelegenen Böschungsfäche wird im Sommer ab-, im Winter zunehmen.

Wir resumiren: während bei dem geradlinigen Damme die durch die Temperatur-Schwankungen erzeugten elementaren Zusammenziehungen und

Verlängerungen sich summiren, sich auf bedeutenden Längen die einen zu den andern fügen, um an den Punkten geringeren Widerstandes, beispielsweise in Abständen von je 50 Meter wie bei der Mouche, bedeutende Risse oder Deformirungen zu erzeugen, werden dieselben beim krummlinigen Damme genöthigt, sich gleichmässig auf der ganzen Länge in jedem horizontalen Schnitte zu vertheilen; sie bleiben auf diese Weise überall unendlich klein, und es können keine bleibenden Risse oder Deformirungen entstehen. Beim krummlinigen Damme hat ferner die Ausdehnung nothwendig die Wirkung, alle Punkte der im oberen Theile des Dammes gelegenen horizontalen Schnitte etwas nach aufwärts zu bringen, weil die Verschiebung in diese Richtung die einzige ist, welche eine Vermehrung der Länge des Schnittes gestattet, und die Rückkehr dieser Punkte nach rückwärts wird durch den Druck des Wassers der Stauung gesichert, sobald die Zusammenziehung infolge der Abkühlung dies zulässt, — während, beim geradlinigen Damme, sich die Verlängerung ebensowohl durch eine Verschiebung nach abwärts als durch eine solche nach aufwärts äussern kann, und, im ersteren Falle, der Druck des Wassers, zur Zeit der Abkühlung der Rückkehr der nach abwärts gedrängten Theilen in ihre ursprüngliche Lage Schwierigkeiten bereitet.

Wir glauben daher, dass man, indem man den gemauerten Dämmen die Form eines seine convexe Seite nach aufwärts kehrenden Kreisbogens gibt, das freie Spiel der Ausdehnung und Zusammenziehung sichert, welche sich lediglich durch eine leichte Veränderung der Verjüngung der Böschungsfäche im oberen Theile des Dammes äussern würden, und dass man auf diese Weise alle bleibenden Risse und Deformirungen verhütet.

Wir glauben übrigens nicht, dass gegen die krummlinige Form von anderen Gesichtspunkten aus irgend ein ernsthafter Einwand erhoben werden kann. Vom Standpunkt der Widerstandsfähigkeit, besitzt diese Form nur Vorzüge: ein Theil des Dammes von 40 oder 60 Meter Länge, der die Tendenz besässe, nach abwärts gedrängt zu werden, würde, wie man dies bereits gesehen hat, bei der krummlinigen Form nur noch besser durch die anstossenden unerschütterlichen Theile gestützt werden, als bei der geradlinigen Form. Was die Einwände betrifft, die auf die Steigerung der Länge und des Preises des Dammes und auf die Verminderung des Inhaltes des Reservoirs gegründet werden könnten, so sind dieselben ohne jede Bedeutung. Hätte man nämlich den Mouche-Damm gemäss einem Kreisbogen von 25 Meter Pfeil gebaut, so hätte seine Länge nur um 4,05 Meter mithin um $\frac{1}{101}$, zugenommen, und der Inhalt des Reservoirs hätte nur um $\frac{1}{77}$ abgenommen.

Der Mouche-Damm ist ein sehr schöner Bau. Die von Herrn Carlier ersonnene Lösung, um den Durchgang des Vicinalwegs auf der Kappe zu ermöglichen, ist ebenso glücklich vom theoretischen, wie vom praktischen Standpunkte. Das Profil wurde nach den neuesten Rechnungsmethoden, welche zugleich die vorsichtigsten sind, bestimmt. Die Fundirung ist unter Aufwen-

ding bedeutender Anstrengungen, trotz aller entgegenstehenden Schwierigkeiten, überall in den festen Felsen eingelassen worden. Die decorative Wirkung des an die untere Böschung geklammerten Halb-Viaductes ist sehr zufriedenstellend. Dieser Damm wäre nach unserer Ansicht beinahe vollkommen, wenn er anstatt einer geradlinigen eine krummlinige Form erhalten hätte, welche, wie wir überzeugt sind, die Entstehung der während des Winters 1890-1891 beobachteten Risse verhütet hätte.

HERSTELLUNGSKOSTEN

Mouche-Reservoir. — Die folgende Uebersicht liefert das Verzeichnis der Baukosten, der wichtigsten Quantitäten und der Herstellungspreise per Einheit mit Bezug auf das Mouche-Reservoir, wobei die Preise auch alle Kosten des Auszimmerns der Aufgrabungen, der Ausschöpfung, Ueberwachung, sowie die Regie-Auslagen aller Art, unter die verschiedenen Artikel vertheilt, mit umfassen.

BAUTEN.	WICHTIGSTE QUANTITÄTEN.	KOSTEN.		DURCHSCHNITT- LICHER HERSTELLUNGSPREIS PER EINHEIT COL. 4 = COL. 3 : COL. 2.
		3	4	
1	2	Fr.	C.	Fr. C.
	m ³			
Damm	Erdarbeiten der Fundirungen	246 955	785 685 »	3 17
	Mauerwerk des Dammkörpers (mit Einschluss der Halbtürme der Speisung	102 981	2 711 001 »	26 35
	Brustwehr	279	19 055 »	68 30
	Kappe, Fahrstrasse, Trottoirs, Geländer	»	103 622 »	»
	Regulierungs- und Abflussbauten. Klappenwerk	2 096	64 500 »	30 68
		»	51 810 »	»
	Gesamtpreis des Dammes	»	3 715 471 »	
Schutzhaus, Magazin und Zubehör	»	19 550 »	»	
Ablenkungen von Wegen	»	107 647 »	»	
Grund- erwerbungen.	Erworbene Hektar Von der Stauung bespülte Hektare	101 Hect. 96 A.) 97 96	1 178 659	41 560 »
				12 094 »
Inhalt, Gesamtpreis des Reservoirs und Herstellungspreis per Cubikmeter auf- gespeicherten Wassers	8 648 000 m ³	5 019 287 »		0 580

Liez-Reservoir und Reservoir von Wassy. — Die folgende Uebersicht gibt die gleichen Daten bezüglich des Liez-Reservoirs sowie jenes von Wassy.

Sie gibt ausserdem Aufschluss über den durchschnittlichen Preis der Erdarbeiten per Cubikmeter Thonerde, den durchschnittlichen Preis der Schutzmauer und der Brustwehr per laufenden Meter, über den Quotienten der Ausgabe für die gemauerte Bekleidung der Oberen Böschung durch die Oberfläche ihrer Projektion auf einer zur Dammaxe parallelen Vertikalebene, mit anderen Worten über die Kosten der Bekleidung per Quadratmeter der Vertikalprojektion zwischen dem natürlichen Boden und dem Fuss der Brustwehr; endlich über den Quotienten der auf die Speisungen, Grundablässe, Regulirungsbauten, Ablasscanal und Klappenwerk bezüglichen Ausgaben durch die Höhe zwischen dem tiefsten Punkte der Thalsohle und dem normalen Stauniveau.

BAUTEN.	WICHTIGSTE QUANTITÄTEN		KOSTEN.		DURCHSCHNITTLICHER HERSTELLUNGSPREIS PER EINHEIT.			
	LIEZ.	WASSY.	LIEZ.	WASSY.	LIEZ.		WASSY.	
					COL.6 = COL.4 / COL.2	COL.7 = COL.5 / COL.3		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	m ³	m ³	Fr. C.	Fr. C.	Fr. C.	Fr. C.		
Dämme. { Thonerde	174 200	82 500	700 375 »	269 955 »	4 02	3 27		
{ Gemauerte Bekleidungen . . .	5 379	3 068	255 756 »	110 177 »	45 45	35 91		
{ Schutzmauer	2 044	1 211	70 074 »	37 492 »	34 28	50 96		
{ Brustwehr	461	»	25 988 »	»	56 57	»		
{ Speisungen und Ablassbauten .	4 660	3 056	197 617 »	95 785 »	12 41	50 69		
{ Klappenwerk	»	»	5 252 »	4 846 »	»	»		
{ Gesamtpreis der Dämme . . .	»	»	1 235 042 »	516 251 »	»	»		
Schutzhaus, Magazin und Zubehör . . .	»	»	25 037 »	5 828 »	»	»		
Strassenablenkungen	»	»	28 000 »	12 211 »	»	»		
Grund- { Erworbene Hektare . . .	505 Hect.	52 Hect. 22 A.	1 708 000 »	160 420 »	5 600 »	3 072 »		
erwerbungen. { Von der Staung be- spülte Hektare	278 —	45 Hect.			6 144 »	3 565 »		
Inhalt, Gesamtpreis des Reservoirs und Herstellungspreis per Cubikmeter auf- gespeicherter Wassers	16 100 000 m ³	2 146 000 m ³	2 992 079 »	694 710 »	0 186	0 324		
Thonerde (per Cubikmeter)	174 200 m ³	82 500 m ³	700 375 »	269 955 »	4 02	3 27		
Schutzmauer (per laufenden Meter) . . .	459 30 m.	566,15 m.	70 074 »	37 492 »	152 57	102 20		
Brustwehr (per laufenden Meter)	459 30 m.	»	25 988 »	»	56 58	»		
Gemauerte { (per m ² der Vertikal- Bekleidungen. { oberfläche im Auf- riss)	5 845 m ²	3 529 m ²	255 756 »	110 177 »	39 99	31 22		
Speisungen, { (per Meter der Höhe Ablassbauten { zwischen dem Thal- und Klappenwerk. { weg und Stauni- veau)	14 43 m.	15 90 m.	202 869 »	98 629 »	14 059 »	6 203 »		

Schnelle Methode behufs beiläufiger Schätzung eines Reservoirs mit Erddamm. — Als wir im Jahr 1890 mit dem Studium eines neuen Speisungsprogrammes betreffs der Reservoirs des Marne-Saône-Canals betraut waren, hatten wir zwischen den verschiedenen, sämtlich in der Umgebung von Langres und in den Lias-Thälern gelegenen Stellen zu wählen, wo die Anlage der neuen Reservoirs möglich war. Es war nothwendig, eine sehr

rasche Methode annäherungsweise Schätzung des Preises eines Reservoirs anzuwenden, um die verschiedenen möglichen Lösungen unter einander zu vergleichen. Alle Reservoirs, zwischen denen wir zu wählen hatten, liessen übrigens Dämme aus zugerichteter Erde zu. Wir gingen folgendermassen vor.

Was den Damm betrifft, so nahmen wir an, dass die Auslage für den Thonschlag verhältnismässig sei dem Volumen dieses Thonschlags; die Auslage für die gemauerte Bekleidung der oberen Böschung verhältnismässig der vertikalen Fläche im Aufriss zwischen dem natürlichen Boden und dem Fusse der Brustwehr, welche letztere Fläche nichts Anderes ist, als die Projektion dieser Bekleidungen, deren allgemeine Neigung constant bleibt, auf eine senkrechte, zur Dammaxe parallele Ebene; dass ferner die Ausgaben für die Brustwehr und Schutzmauer verhältnismässig seien den Längen dieser Bauten, und, in weiterer Folge, der am Stauniveau gemessenen Dammlänge, welche hievon nur wenig verschieden ist; endlich dass die Ausgabe für die Speisungs- und Abflussbauten und Flusscanäle, einschliesslich Klappenwerk, verhältnismässig sei der Höhe des Stauniveau's über dem Thalwege. Von diesen Annahmen rechtfertigen sich die erstgenannten von selbst; die zuletzt genannten sind nur annäherungsweise: der Preis der Schutzmauer hängt nicht nur von ihrer Länge, sondern auch von ihrer Tiefe und dem Umfange der nöthigen Ausschöpfungen ab; der Preis der Abflussbauten ist eine Function nicht nur der Stauhöhe, sondern auch der Wassermenge der grossen Hochwässer des in seinem Laufe gehemmtten Baches. Wir haben jedoch die letztgenannten Factoren aus folgenden Gründen vernachlässigt: alle zu vergleichenden Dämme sollten in den Thälern des Lias auf einem Terrain erbaut werden, welches demjenigen sehr ähnlich ist, das dem Liez-Damme als Grundlage dient; die durchschnittliche Tiefe der Schutzmauer und der Umfang der Ausschöpfungen musste mithin ungefähr der gleiche sein, wie bei dem genannten Baue; andererseits ist der Preis der Speisungsbauten und der Preis des Abflusscanals unabhängig von der Wassermenge der Hochwässer des Flusses und nur eine Function der Stauhöhe; nur die Abschätzung und der Ueberfall, die zur Regulirung dienen, werden durch jene Wassermenge beeinflusst; da jedoch die letzteren Bauten die bei Weitem unbedeutendsten sind, so hat ein bei ihrer Schätzung begangener Fehler nur einen sehr geringen Einfluss. Wir haben daher die obigen Annahmen bei dem vergleichenden Studium, das übrigens keine grosse Genauigkeit zulies, als der Wahrheit genügend nahe kommend angesehen, und wir haben den annäherungsweise Preis der verschiedenen Dämme erhalten, indem wir beziehungsweise die Einheitspreise von 4 Fr., 40 Fr., 210 Fr. und 14100 Fr. auf das Volumen der Thonerde, auf die vertikale Oberfläche im Aufriss zwischen dem natürlichen Boden, und dem Böschungsfusse, auf die Länge des Dammes an der Wasserfläche und auf die Stauhöhe über dem Thale anwendeten. Das erste Produkt gab uns den Preis der Thonerde, das zweite den Preis der gemauerten Bekleidung, das dritte

den Preis der Schutzmauer und Brustwehr, das vierte endlich den Preis der Speisungs- und Abflussbauten. Die hiebei angesetzten Einheitspreise stammen, wie man sieht, aus den Baurechnungen des Liez-Dammes. Wir haben die beim Damme von Wassy erhaltenen, bedeutend niedrigeren Preise vollständig ausser Ansatz gelassen : 1. weil die zu vergleichenden Dämme sich sämmtlich, gleich dem Liez-Damme, in der Umgebung von Langres befanden, während der Damm von Wassy in einer ganz anderen Gegend gelegen ist wo die Natur des Untergrundes, der Preis der Materialien und der Arbeit ganz verschieden sind; 2. weil der mit 3,27 Fr. per Kubikmeter angesetzte Preis der Thonerde beim Damme von Wassy ungenau ist, indem er den Preis der Aufgrabung und des Transportes des grössten Theiles des Erdreichs, nämlich alles jenes Erdreichs, das aus den Abgrabungen des Canalbettes stammt, nicht mit umfasst, welcher letzterer Preis beim Bau der betreffenden Haltungen mitbezahlt wurde; 3. weil der Damm von Wassy keine Brustwehr besitzt, und die daselbst ausgeführte sehr billige Schutzmauer bei Weitem nicht jene Gewähr bietet, wie die Schutzmauer der Liez, indem sie an der Basis eine sehr geringe Breite besitzt und nicht mit einem Thonschlag gefüttert ist; 4. weil die ganz ausnahmsweise Lage des Reservoirs von Wassy, welches in dem Thale der ein geringes Zuflussgebiet besitzenden Leschères erbaut und durch Gewässer, die nicht aus diesem Thale stammen, künstlich gespeist wird, sehr bedeutende Ersparnisse an den Abflussbauten ermöglicht hatte, auf die man unter gewöhnlichen Verhältnissen nicht rechnen konnte.

Was die Grunderwerbung betrifft, so muss bemerkt werden, dass die Bestimmung der zu erwerbenden Fläche lang und mühsam ist, indem die Grenzlinie von vielfachen und an verschiedenen Punkten des Umfangs verschiedenen Bedingungen abhängt, die in Rechnung zu ziehen beinahe zur Unmöglichkeit wird, wenn man nicht einen sehr genauen kotirten Plan des Terrains besitzt. Wir haben an Stelle dieser Fläche jene der durch die Stauung unter Wasser gesetzten Grundstücke gesetzt, welche mittelst einer mit Niveau-Curven versehenen Karte viel leichter zu bestimmen ist, und von deren Schätzung ohnehin nicht Umgang genommen werden kann, da sie einen Factor für die Berechnung des Inhaltes des Reservoirs bildet. Hiebei musste jedoch der mittlere Preis des Hektars, dessen annäherungsweise Bestimmung durch eine allgemeine Untersuchung möglich wurde, erhöht werden, um der Thatsache Rechnung zu tragen, dass dieser mittlere Preis sich auf eine Fläche bezog, die kleiner ist als die wirkliche Oberfläche an der ganzen Ausdehnung der Vorlandes. Wir haben diese Erhöhung auf empirischem Wege bestimmt. Wir haben beobachtet, dass, bei den im Haute-Marne-Departement erbauten 3 Reservoirs, die Unterschiede zwischen den Quotienten der Kosten der Grunderwerbung einerseits durch die von der Stauung unter Wasser gesetzte Fläche und andererseits durch die thatsächlich erworbene Fläche sich nur sehr wenig von 500 Fr. entfernte; dieser Unterschied betrug nämlich, wie die vorstehenden Uebersichten darthun,

beim Mouche-Reservoir 534 Fr., beim Liez-Reservoir 544 Fr. und beim Reservoir von Wassy 495 Fr.; der durchschnittliche Unterschied beträgt 524 Fr. Die sehr grosse Uebereinstimmung zwischen diesen Unterschieden, welche sich trotz der beträchtlichen Unterschiede zwischen den Inhalten und den durchschnittlichen Preisen per Hektar bei den 3 Reservoirs bemerkbar macht, hat uns, trotzdem uns die Ursachen dieser Uebereinstimmung nicht recht klar waren, bewogen, die Erhöhung von 500 Fr. per Hektar anzunehmen.

Dies ist die Methode, welche es uns ermöglichte, in 2 bis 3 Monaten die annäherungsweise Kostenschätzung für eine grosse Anzahl von Reservoirs mit Erddämmen auszuführen. Wir haben geglaubt, dieselbe darlegen zu sollen, weil wir sie für geeignet halten, bei den Vor-Projekten von Canal-speisungen verwendet zu werden. Die Einheitspreise werden allerdings je nach den Verhältnissen und den Ortspreisen schwanken; sie werden sogar sehr häufig in ein und derselben Gegend von Reservoir zu Reservoir verschieden sein, wenn die Reservoirs nicht, wie im vorliegenden Falle, sämtlich in Thälern von gleicher Beschaffenheit gelegen sind; auch lenken wir die Aufmerksamkeit nicht so sehr auf die Einheitspreise, welche in jedem einzelnen Falle von Neuem bestimmt werden müssen, als auf die befolgte Methode. Diese Methode ist äusserst einfach und rasch, indem sie das Problem auf die Bestimmung von 5 Quantitäten zurückführt: die Oberfläche des Reservoirs im Stauniveau, welche man mittelst einer Karte von möglichst grossem Massstabe mit Niveau-Kurven berechnen kann; die Breite des Dammes im Stauniveau; die Fläche im Aufriss zwischen dem natürlichen Boden und dem Fuss der Brustwehr und die Höhe der Stauung über der Thalsole, welche 3 Elemente die Aufnahme eines einzigen Profils längs der Axe des entworfenen Dammes unmittelbar liefern wird; endlich das Volumen der Thonerde, das sehr rasch berechnet werden kann mit Hilfe desselben Profils längs der Dammaxe und des adoptirten Querprofil-Typus.

CONCLUSIONEN

Aus der vorstehenden Betrachtung der Dämme der 5 Reservoirs des Haute-Marne Departements scheinen uns die folgenden Conclusionen gezogen werden zu können:

A. Bezüglich der Erddämme:

1. Das bei den Water-Works von Edinburgh, sowie in Torcy-Neuf gewählte System, welches darin besteht, die Speisungen in einem abgesonderten ausserhalb und aufwärts von dem Damme errichteten Thurme anzubringen, und die vom Fuss dieses Thurmes ausgehende und unter dem Damme durchgehende Abflusswasserleitung so viel als möglich in den natürlichen Boden

einzulassen, erleichtert bedeutend die Herstellung eines homogenen Erdammes und muss empfohlen werden.

2. Man thut gut daran, die Dämme aus gewalzter Erde nicht allzu rasch aufzuführen und insbesondere die gemauerte Bekleidung der aufwärts gelegenen Böschung nicht zugleich mit dem Thonschlag herzustellen. Ein Zeitraum von 2 Wintern zwischen der Erhöhung der Aufträge und der Bekleidung an den entsprechenden Theilen, muss als rathsam bezeichnet werden.

3. Das an der Liez angewendete System des Seilzuges hat gute Resultate ergeben, und erscheint es als umso vortheilhafter, dasselbe künftighin in Frankreich für die geradlinigen Dämme anzunehmen, als das Material aufgehoben wurde und wieder verwendet werden könnte.

4. Die oben angegebene rasche Methode zur annähernden Schätzung des Preises eines Reservoirs mit Erddamm scheint geeignet, beim Studium des Vorprojectes der Speisung einer Wasserstrasse Dienste zu leisten, wenn die Schätzungen nicht mit grosser Genauigkeit gemacht werden müssen.

B. Bezüglich der gemauerten Dämme.

5. Für die gemauerten Dämme scheint die Form einer ihre convexe Seite nach aufwärts kehrenden Curve empfohlen werden zu müssen, insbesondere mit Rücksicht auf die Wirkungen der durch die Temperatur-Schwankungen herbeigeführten Ausdehnung und Zusammenziehung im oberen Theile des Dammes.

6. Die Lösung, die beim Mouche-Reservoir angewendet wurde, um das Passiren eines Vicinalwegs auf der Kappe eines gemauerten Dammes zu ermöglichen, scheint sehr glücklich gewählt, sowohl vom technischen Standpunkte als mit Rücksicht auf die erzielte decorative Wirkung.

7. Die Anbringung der Speisungen in einem halb-polygonalen, an die aufwärts gelegene Böschungfläche eines gemauerten Dammes geklammerten und eine halb-cylindrische Höhlung besitzenden Thurme, welche Anordnung den Bau von zwei getrennten Reihen von Schützen — die eine ausserhalb, die andere innerhalb des Thurmes — ermöglicht, wie dies zuerst beim Damme von Bouzey, und sodann beim Mouche-Damme verwirklicht wurde, scheint gleichfalls sehr empfehlenswerth.

Langres, am 22. Februar 1892.

(FLAISSIERE, beedigter Übersetzer, Paris.)

Fig. 1 - Elevation de la digue de la Mouche
Vue d'aval

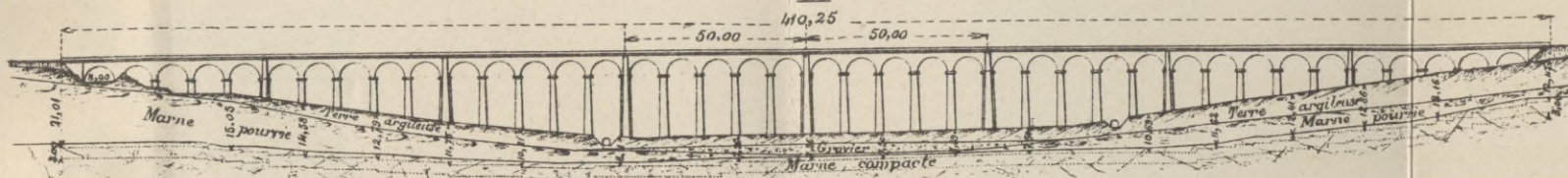


Fig 3 - Profil de la digue de la Liez

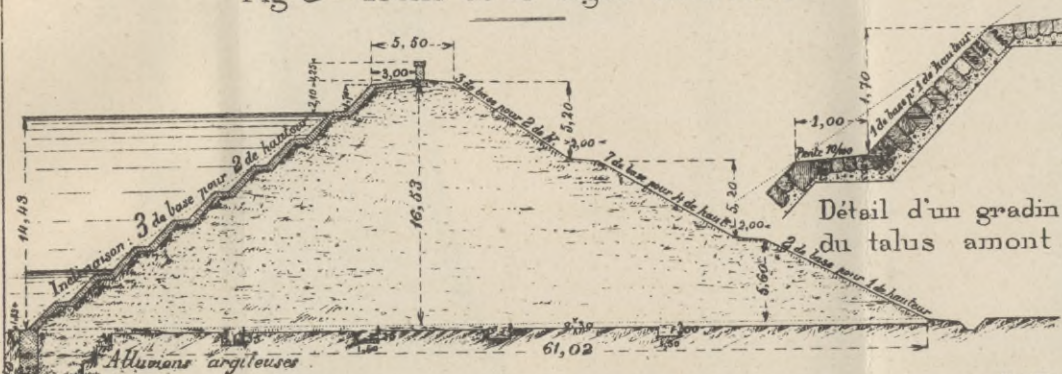
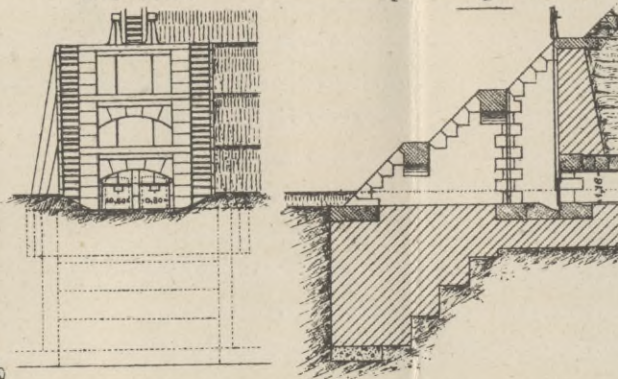


Fig 5 - Bondes de fond de la digue de la Liez
Elevation Coupe longitudinale



Contreforts de consolidation du talus amont de la digue de Wassy

Fig. 6
Contrefort type

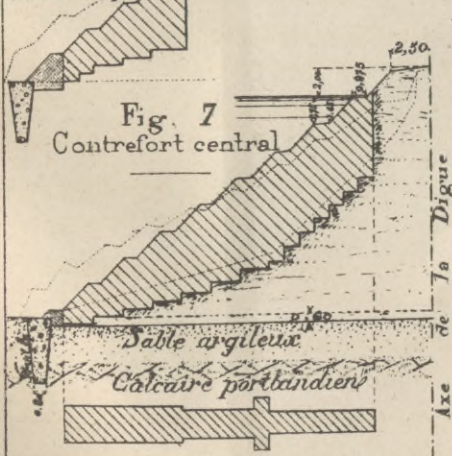
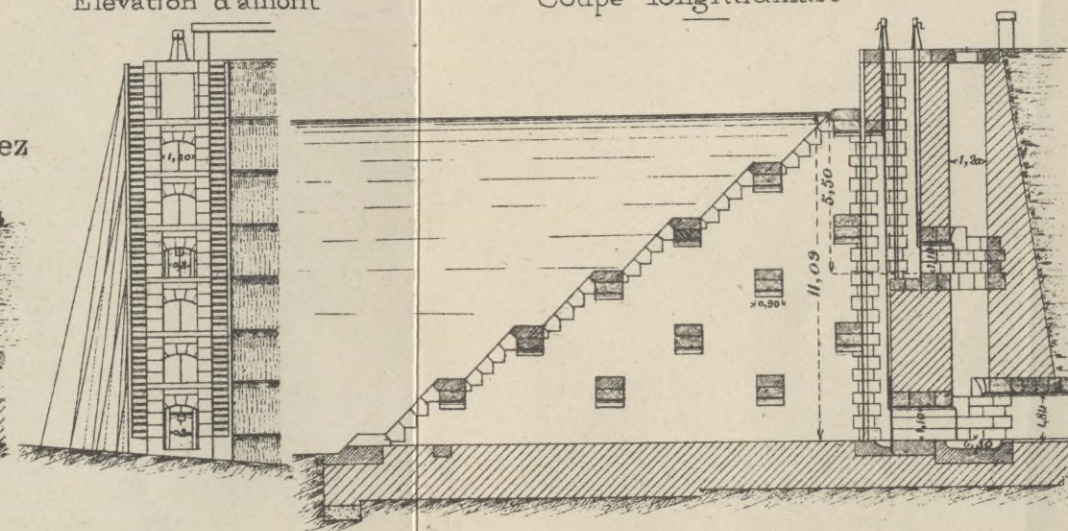


Fig. 7
Contrefort central

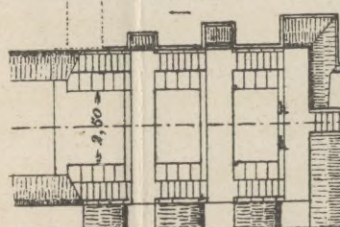
Fig 4 - Prises d'eau de la digue de la Liez

Elevation d'amont

Coupe longitudinale



Plan



Echelles :

- $\frac{1}{2000}$ pour la Fig. 1
- $\frac{1}{1000}$ pour la Fig. 2
- $\frac{1}{500}$ pour les Figs 3, 6 et 7
- $\frac{1}{250}$ pour les Figs 4 et 5

Plan

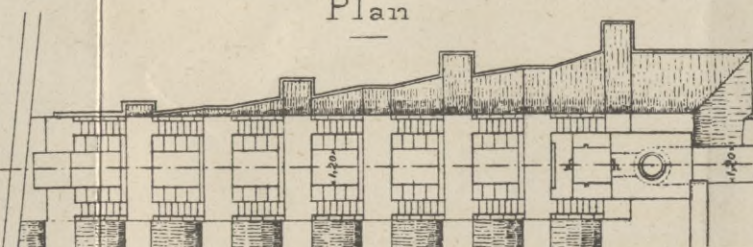
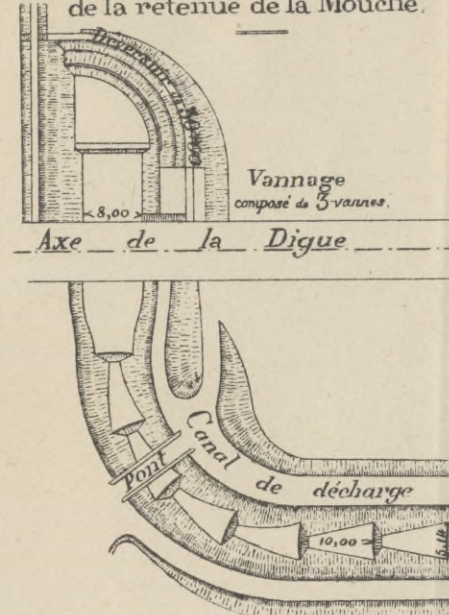


Fig. 2 - Ouvrages régulateurs de la retenue de la Mouche.



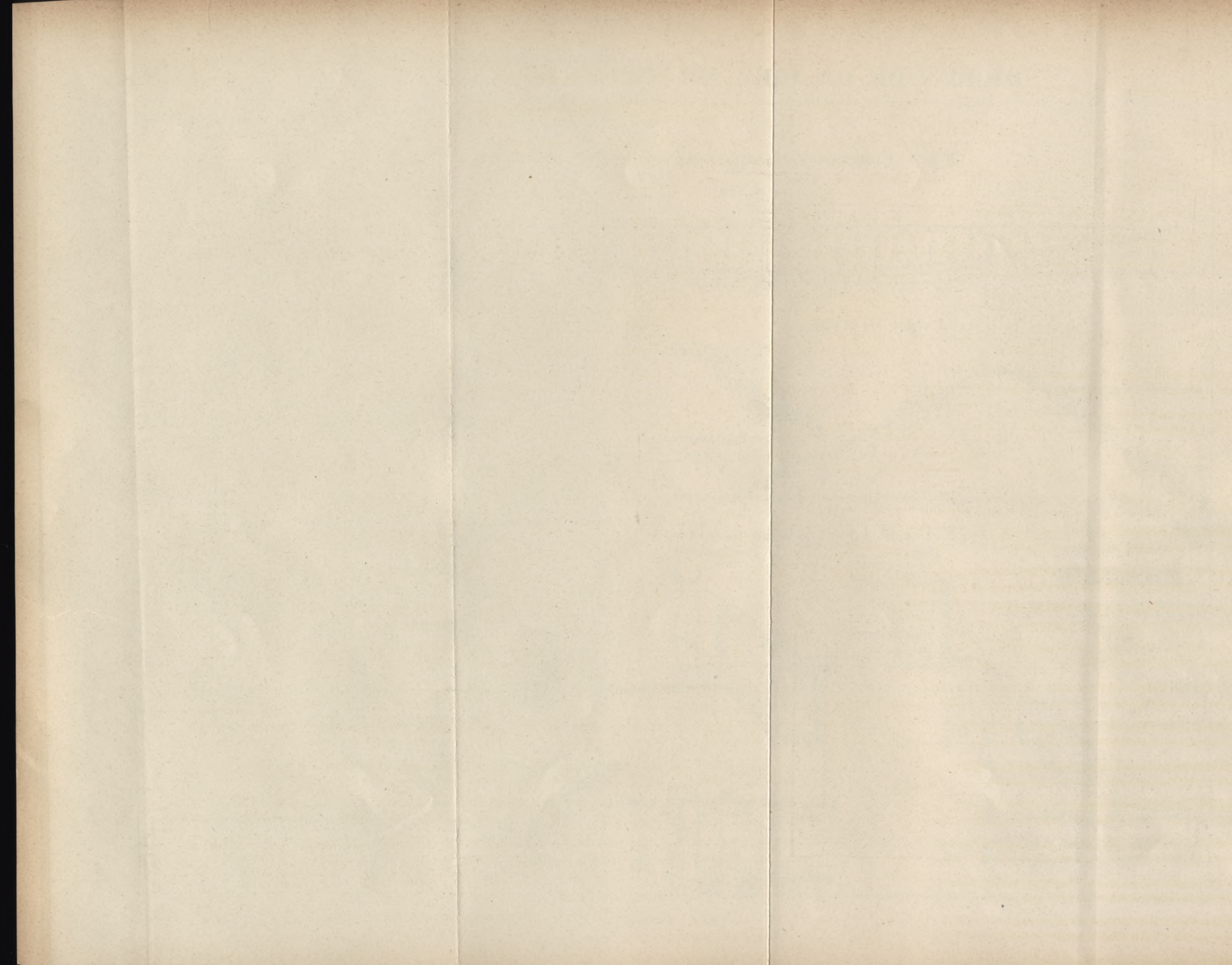


Fig. 1.
Profil de la digue.
Coupe transversale suivant ef.

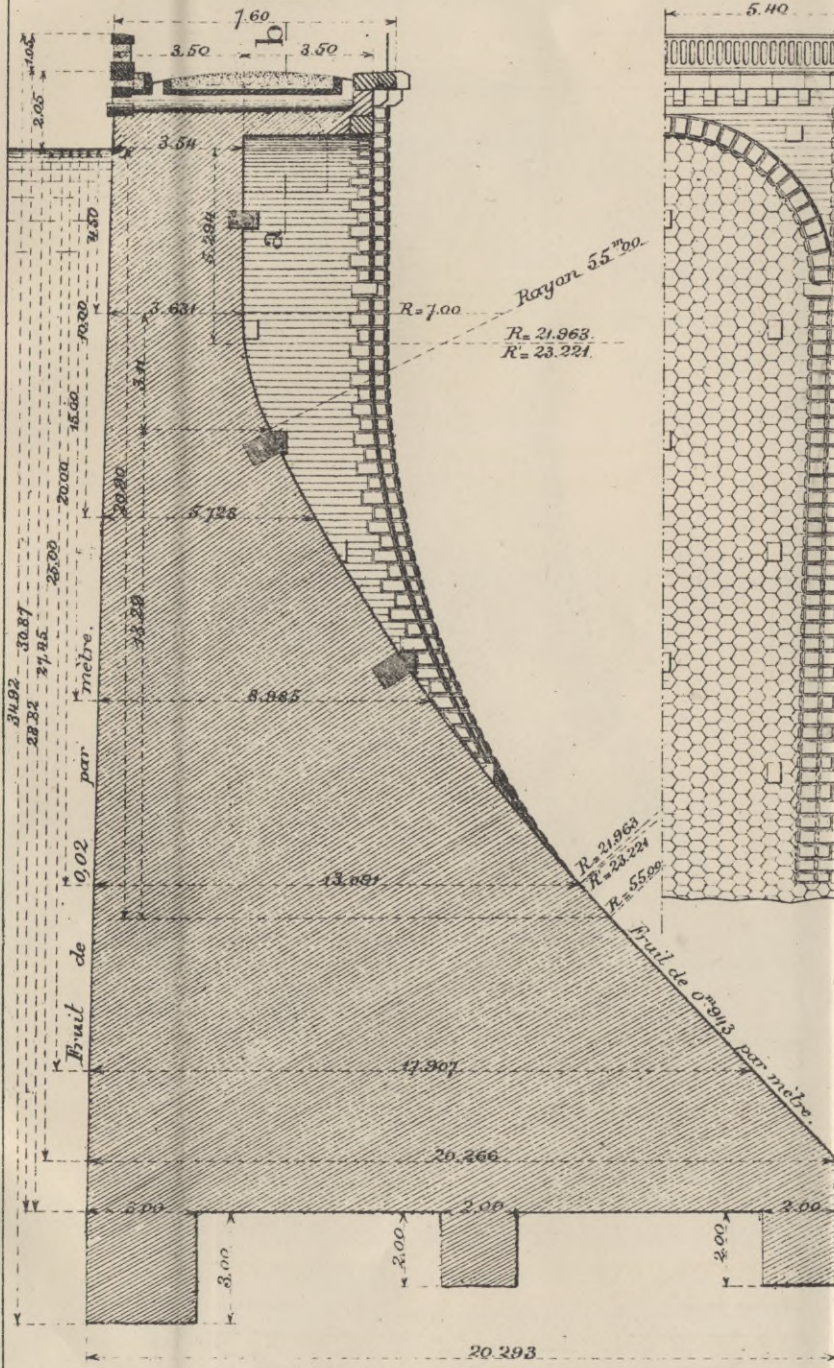


Fig. 2.
Elevation de la digue.
Vue d'aval.

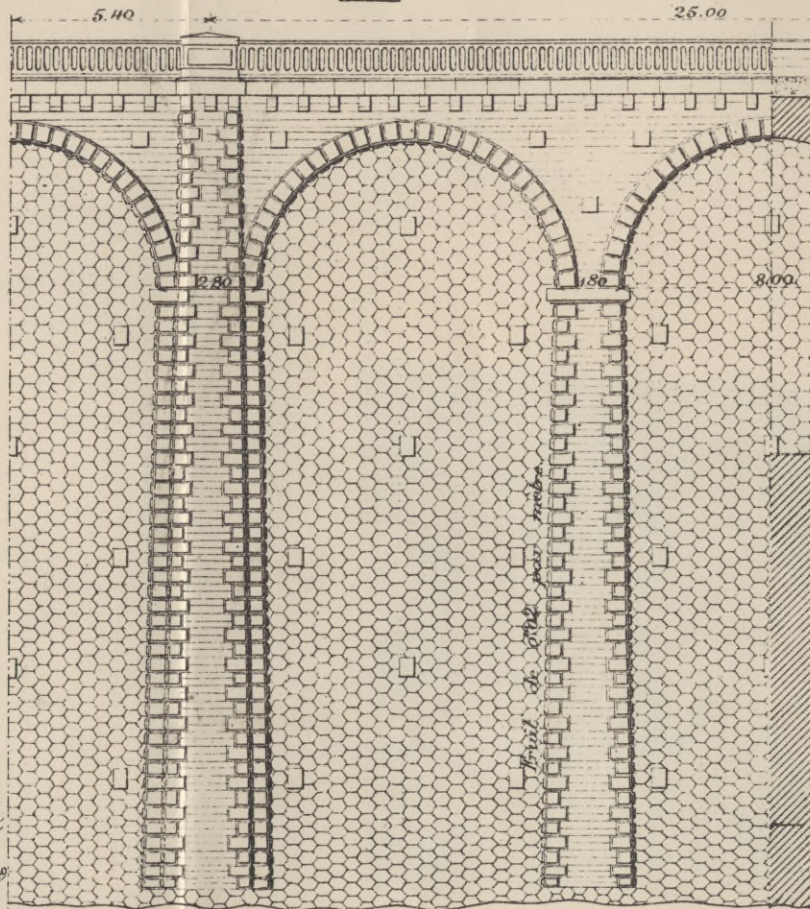
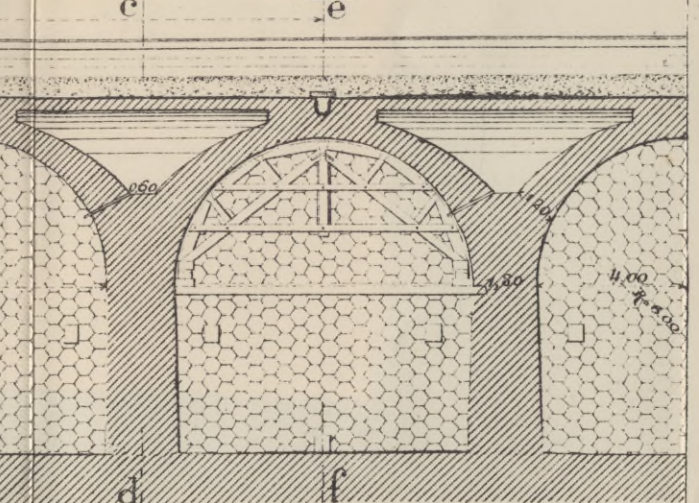


Fig. 3.
Coupe longitudinale
suivant ab.



Echelles: $\begin{cases} \frac{1}{200} \text{ pour les Fig. 1 et 2.} \\ \frac{1}{50} \text{ pour la Fig. 3.} \\ \frac{1}{500} \text{ pour la Fig. 4.} \end{cases}$

Fig. 4.
Coupe transversale suivant cd.

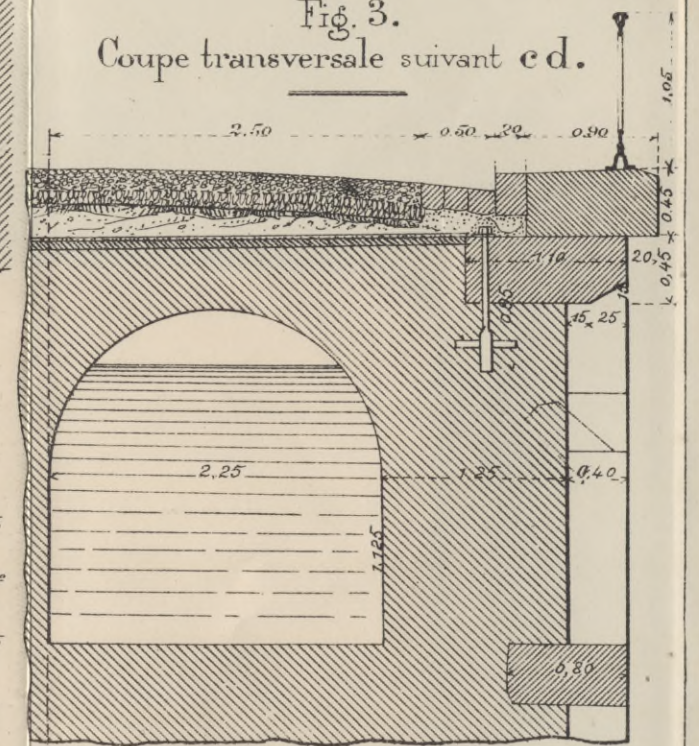
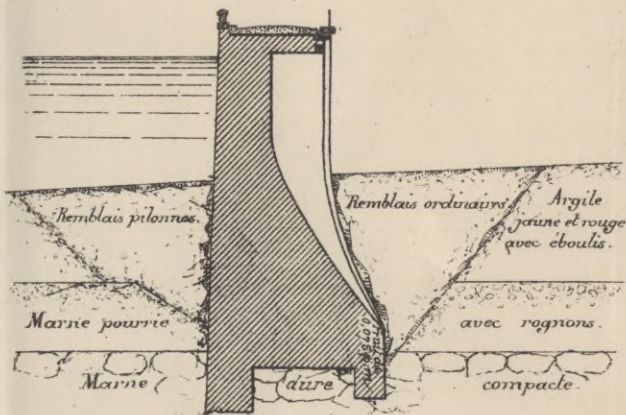


Fig. 4. Profil d'un enracinement.



Demi-tour de prises d'eau de la Mouche.

Fig. 1.
Coupe verticale suivant AB.

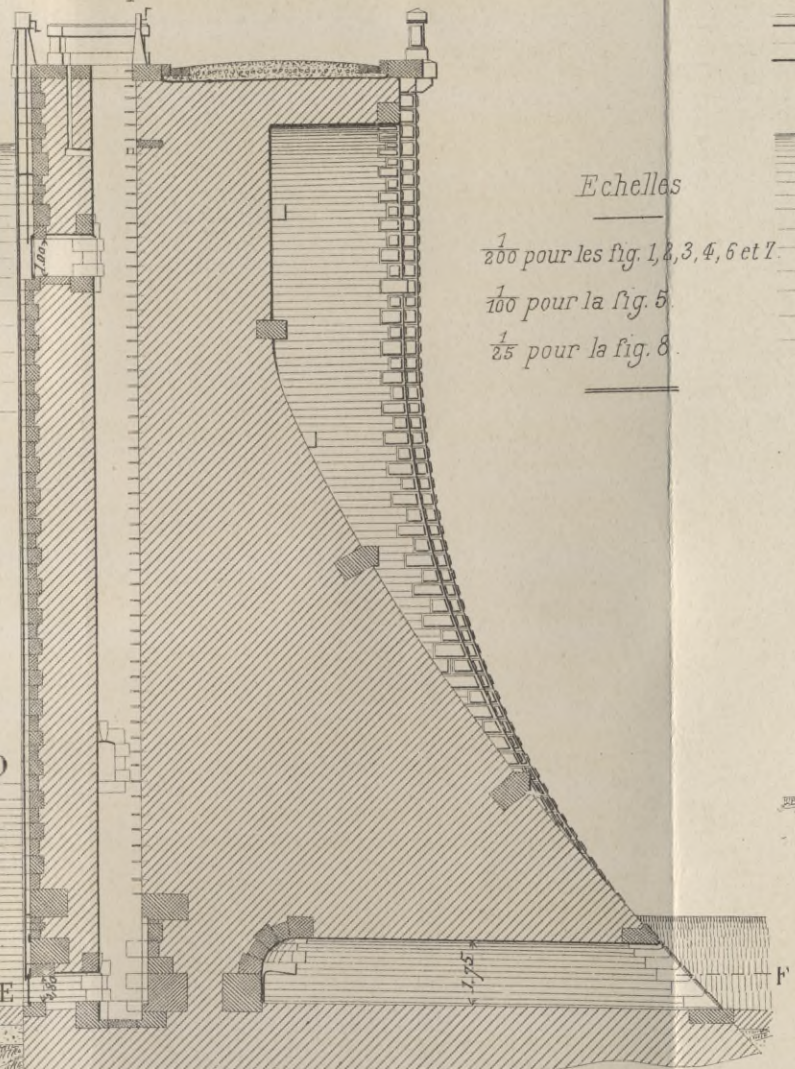


Fig. 2. Coupe horizontale suivant CDEF.

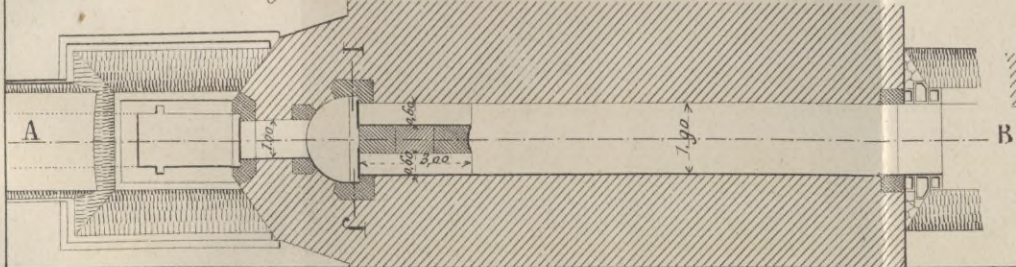


Fig. 3. Elevation.
Vue d'amont

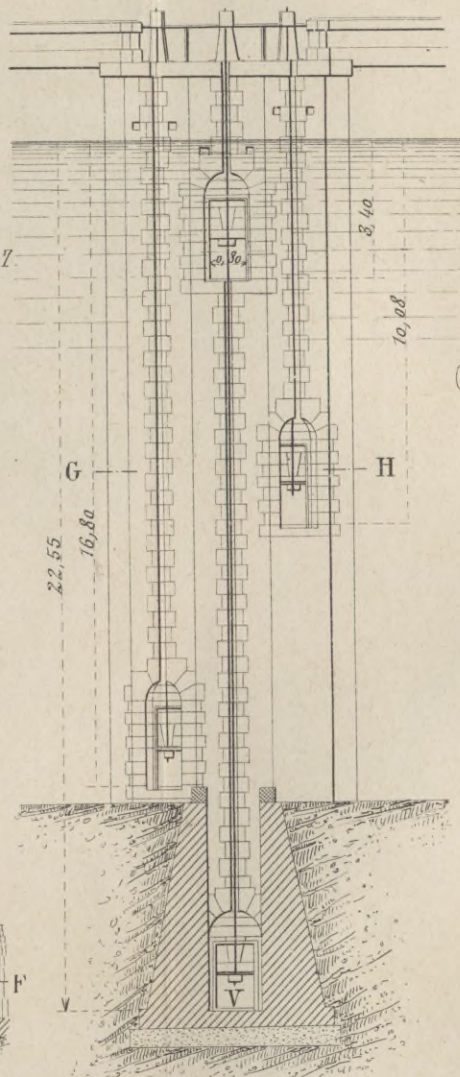
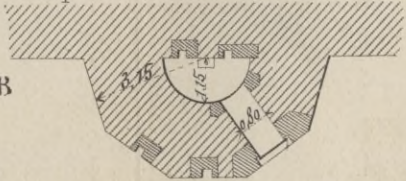


Fig. 4

Coupe horizontale suivant GH.



Echelles

$\frac{1}{200}$ pour les fig. 1, 2, 3, 4, 6 et 7.

$\frac{1}{100}$ pour la fig. 5.

$\frac{1}{25}$ pour la fig. 8.

Fig. 5. Plan
Vue par dessus.

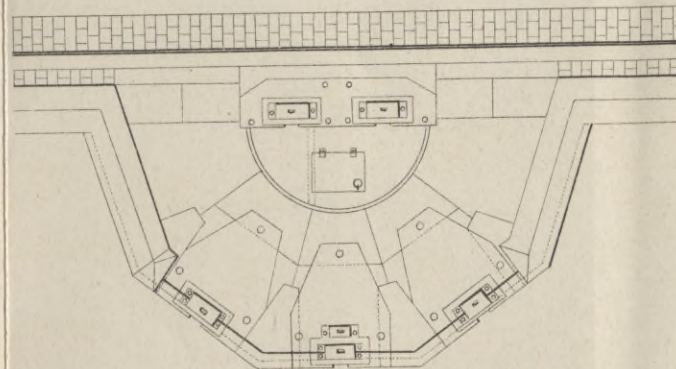


Fig. 8. Détails de la vanne V
Elevation.

Coupe verticale

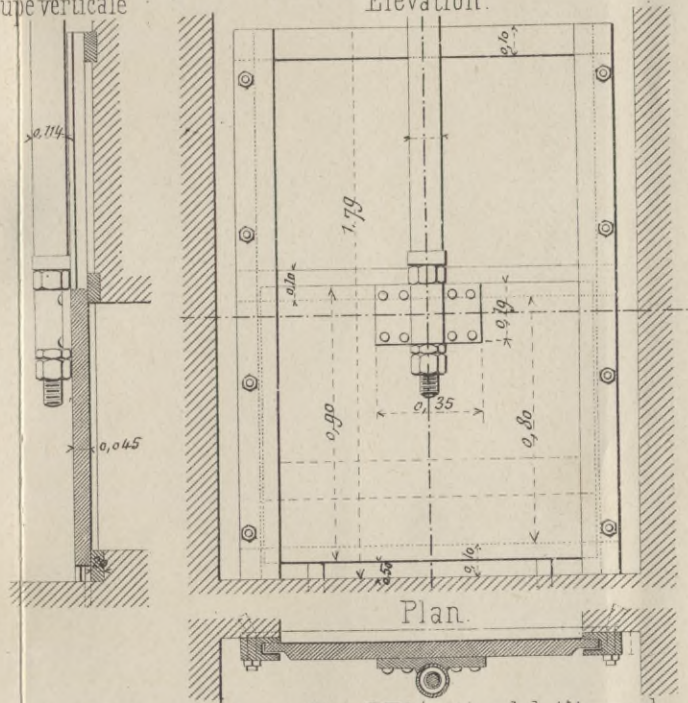


Fig. 6. Coupe verticale
suivant IJ.

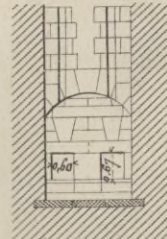


Fig. 7. Elevation de la tête aval
de l'aqueduc de fuite.

