

A propos du cinquantenaire d'une conduite forcée⁽¹⁾

A penstock reaches its half century

PAR G. FERRAND

PRÉSIDENT-DIRECTEUR GÉNÉRAL DE LA STÉ DAUPHINOISE D'ÉTUDES ET DE MONTAGES (GRENOBLE)

La première conduite forcée installée sur la chute d'Auzat (Ariège) fonctionne depuis cinquante ans.

Exécutée entièrement en tuyaux rivés, elle fut une extrapolation audacieuse de ce qui avait déjà été fait, en regard du matériel et des moyens dont disposaient les constructeurs de conduites forcées. Après les tôles de fer, ils utilisaient les tôles d'acier dont l'élaboration n'avait pas encore la consécration d'une expérience industrielle suffisante à l'époque de la mise en œuvre de la première conduite d'Auzat. La fabrication et le montage de celle-ci furent l'objet de grandes difficultés. Entre les premiers essais de mise en pression et la mise en service industrielle, cette conduite subit de nombreux et sensationnels avatars dus aussi bien à une insuffisance de matériel et de fabrication, qu'à une technique qui n'en était qu'à ses débuts.

Les observations et les mises au point faites à cette occasion ont largement contribué au progrès de la construction des conduites forcées. C'est ce que l'auteur a voulu montrer, en même temps que le chemin parcouru en cinquante ans dans la voie de la construction et de la technique des conduites forcées.

The first penstock to be built at Auzat (France) has been in service for fifty years.

In view of the equipment and facilities that were at the disposal of penstock manufacturers, and because it was made of riveted pipes, this penstock was a daring advance beyond what had been done until then. Iron plate was now replaced by steel plate, the manufacture of which was not backed by sufficient industrial experience when work started on the first penstock at Auzat.

Many difficulties cropped up when it was being manufactured and assembled. Between the time when it was first subjected to pressure tests, and the time when it was first put into service, many sensational mishaps occurred which were just as much due to inadequate material and manufacturing methods as to the fact that the technique was still in its infancy. Observations and developments which took place at this time made a large contribution to progress in penstock construction. This was what the author wanted to show as well as the road taken by construction methods and techniques during the last fifty years of penstock manufacture.

La première conduite forcée installée à l'usine d'Auzat dans l'Ariège (2) a maintenant cinquante ans de service.

S'il nous paraît intéressant de revenir sur le passé de cette conduite vénérable, c'est que les accidents qui lui sont survenus en 1907-1908 et 1910, que nous relaterons avec quelques détails, ont efficacement contribué au progrès de la construction des conduites forcées.

Déjà avant de naître, elle fut l'objet de nombreuses difficultés dans l'établissement de son tracé. A cette époque, les chutes d'eau n'étaient pas sous le régime de la concession et l'implan-

tation des ouvrages ne bénéficiait pas des possibilités que donnent maintenant les expropriations. On aurait bien voulu adopter, pour cette conduite, un tracé rectiligne en plan comme celui de sa deuxième sœur (2), mais les propriétaires des terrains traversés furent, à l'époque, tellement intransigeants que l'on dut adopter en fin de compte un tracé en plan des plus sinueux, du plus détestable effet, et qui surprend les visiteurs qui n'en connaissent pas les raisons impératives.

Dès sa naissance, elle était en quelque sorte un phénomène et représentait, par rapport à ses

(1) Certains éléments de cet article sont extraits de commentaires publiés par M. Auguste Bouchayer en 1911 dans la revue *La Houille Blanche*.

(2) L'aménagement d'Auzat comporte actuellement trois conduites forcées.

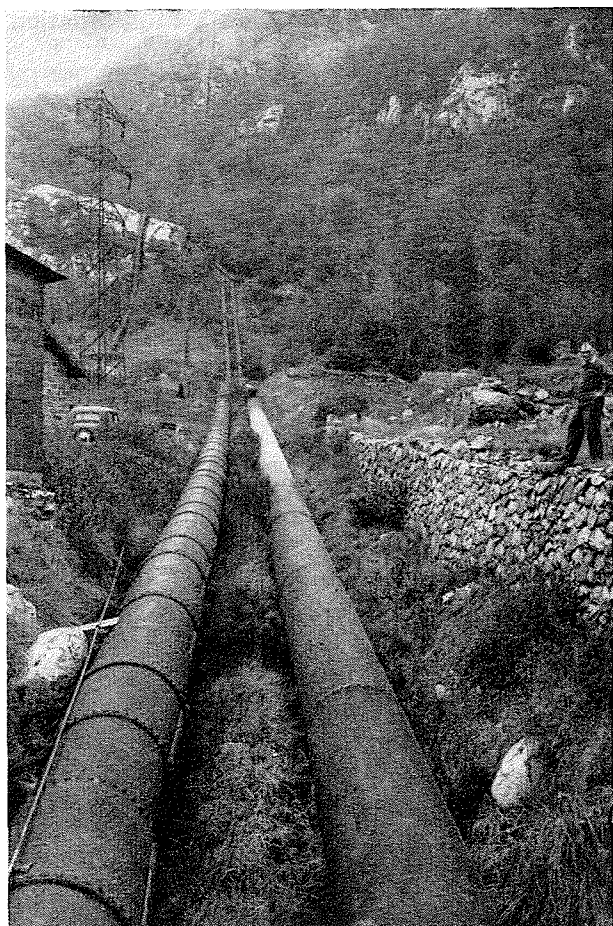


FIG. 1. — Conduite rivée n° 1. A droite, conduite n° 2, soudée au gaz à l'eau. A gauche, conduite n° 3, soudée à l'arc électrique, à profil rectiligne en plan.

ainées, une extrapolation hardie. En 1907 on ne construisait (tout au moins en France) que des conduites rivées et les possibilités de fabrication ne permettaient le travail à froid que sur des tôles d'épaisseur au plus égale à 20 mm. La mise en œuvre de tôles d'épaisseur plus forte nécessitait l'amorçage et le cintrage à chaud dans des conditions assez précaires et posait des problèmes complexes à l'époque.

On avait déjà, à l'étranger (en Allemagne en particulier), abandonné les tuyaux rivés en forte épaisseur. On y fabriquait les tuyaux soudés au gaz à l'eau, que l'on fut amené à fabriquer en France vers 1910. Ces tuyaux étaient plus légers que les tuyaux rivés, et malgré que leur construction soit plus onéreuse, tout compte fait, ils étaient plus économiques.

La première conduite d'Auzat a 1 m de diamètre et fonctionne sous 420 mètres de chute avec un débit de 3 m³/s. Pour ne pas dépasser les possibilités normales de fabrication des Usines Bouchayer et Viallet qui la construisirent, il aurait fallu deux conduites. Mais le Maître de

l'Œuvre, qui n'était autre que M. Georges Bergès, avec la hardiesse de son ascendance, avait en quelque sorte imposé la construction d'une seule conduite. On arrivait ainsi à mettre en œuvre des épaisseurs inusitées de 32 mm et des rivets de 32 mm de diamètre. Les difficultés rencontrées à l'atelier pour la réalisation de tuyaux de 6,40 m de long en quatre viroles de 1,60 m, tant pour le cintrage des viroles que pour leur rivetage et leur assemblage, furent considérables; l'emboîtement des viroles, en particulier, et le forgeage des tôles à leur jonction furent des plus difficiles et, malgré toutes les précautions prises, les tuyaux terminés n'étaient ni très ronds, ni très droits.

Le système d'emboîtement réalisé en atelier par le dispositif de grandes et de petites viroles était impossible à envisager sur un chantier pour de

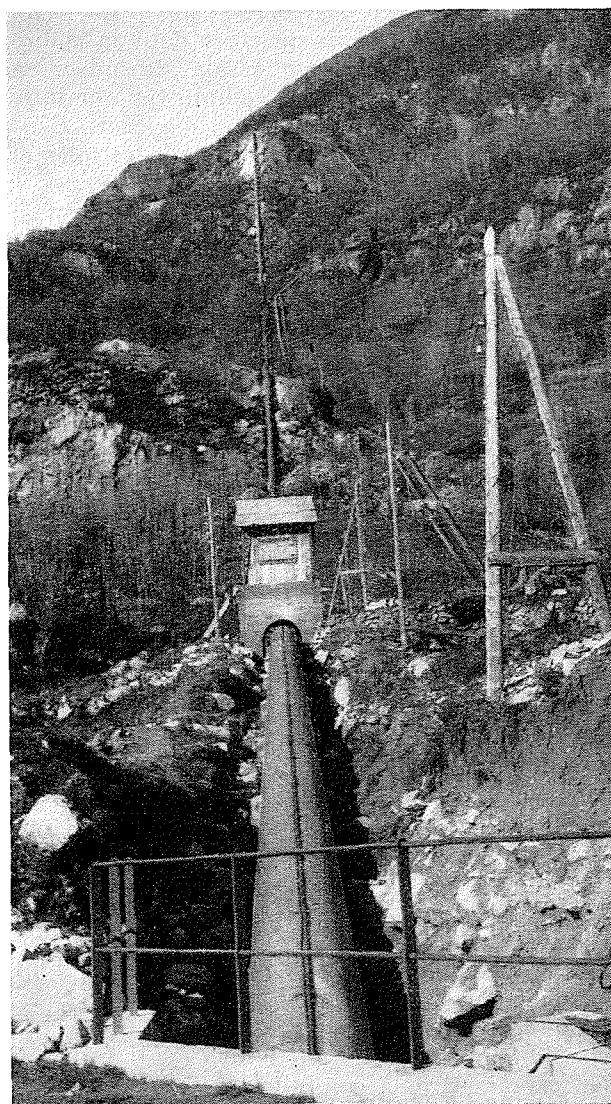


FIG. 2. — Vue de la troisième conduite (on aperçoit sur la droite les deux premières).

telles épaisseurs; la petite ou la grande virole d'un tuyau se jonctionnait avec la petite ou la grande virole du tuyau adjacent à l'aide d'un couvre-joint à quadruple rivure de rivets de 25 (maximum possible du rivetage à la main). Les difficultés rencontrées pour le forgeage sur place des couvre-joints de 32 mm d'épaisseur, notamment à l'endroit des recouvrements des tôles des viroles, furent extraordinaires. Après forgeage, les trous de rivets du couvre-joint ne correspondaient plus avec ceux du tuyau; pour permettre la pose des rivets, il fallait se livrer au préalable, à un travail d'alésage fastidieux, délicat et coûteux.

Un travail fait dans ces conditions devait forcément réserver des surprises. Outre que la conduite une fois montée n'avait rien de rectiligne, on eut les plus grandes difficultés à réaliser l'étanchéité qui ne fut obtenue qu'après plusieurs semaines de mâtage des tôles et des rivets avec l'appui de sciure de bois déversée dans la chambre d'eau. Aux premiers essais de mise en charge, on n'arriva pas à remplir la conduite avec le débit de 3 m³/s dont on disposait. C'est au fur et à mesure que l'on étanchait les tôles et les rivets que la pression montait.

Cependant, les plus grosses surprises que l'on rencontra ne vinrent pas des faits ainsi relatés car, sur ces tuyaux de très forte épaisseur, l'étanchéité une fois obtenue, aucun déboire ne fut enregistré en cours d'exploitation de cette conduite encore en service aujourd'hui.

Les surprises vinrent d'ailleurs: lors des premiers essais de mise en charge de la conduite, une virole de 17 mm d'épaisseur éclata. Le manomètre installé sur le collecteur indiquait une pression de 36 kg/cm² alors que la pression statique était de 42 kg/cm².

Pensant que cette rupture était due à un défaut local, ainsi qu'on avait déjà eu à le constater auparavant sur d'autres conduites, on changea la virole défectueuse et on recommença, pour enregistrer un deuxième éclatement sur une autre virole de même épaisseur; puis nouveau recommencement et enregistrement d'un troisième éclatement, cette fois sur une virole de 16 mm d'épaisseur. Ces ruptures se produisaient toujours alors que la conduite n'était pas complètement remplie, le niveau statique n'étant jamais atteint.

Après cette troisième tentative, il fallut bien se rendre à l'évidence: il s'agissait d'une défec-tuosité systématique qui devait intéresser tout un lot de tôles.

Mais les turbines et les génératrices de la centrale étaient prêtes à fonctionner et il fallait à tout prix mettre la conduite en service en vue d'assurer la mise au point des groupes sous débit réduit pendant que l'on étudierait les causes de ces ruptures et que l'on examinerait les disposi-

tions à prendre pour remédier à une situation qui s'avérait catastrophique.

Il fut ainsi décidé d'éliminer toute la partie de conduite en 16 et 17 mm d'épaisseur et d'installer en dérivation une petite conduite de 200 mm de diamètre dont on disposait pour assurer le débit réduit nécessaire à ces mises au point.

Cette installation provisoire terminée, la conduite put être mise sous charge statique et les essais de mise au point des groupes entrepris. Tout se passa bien pendant quelque temps jusqu'au jour où de nouveaux accidents se produisirent, sur lesquels nous reviendrons.

Entre temps, et très rapidement, on avait trouvé la cause des ruptures précédentes et mis en fabrication les tuyaux de remplacement en tenant compte des constatations faites. Le défaut extrême de résistance, qui eut pour conséquence ces ruptures, provenait d'un vice de matière, découvert grâce à un examen attentif de la section de la tôle à la rivure.

Entre les trous de rivets, poinçonnés puis alésés au diamètre définitif, la tôle portait des traces, non pas de simples criques, mais de véritables cassures en forme de triangle aux bords irréguliers, cassures qui s'étaient produites au poinçonnage de la tôle. Ces cassures intéressaient au moins la moitié de l'espace plein entre deux trous de rivets consécutifs. Les sommets des triangles se trouvaient très voisins les uns des autres et certains se confondaient. La section utile entre deux trous se trouvait réduite de moitié, avec des amorces de rupture.

En l'occurrence, on conçoit l'inutilité de l'alésage après poinçonnage, puisque le métal était non seulement dégénéré, mais brisé sous l'effort du poinçon, à une distance du bord des trous bien supérieure à la partie du métal enlevé par l'opération d'alésage.

La forme des cassures rendait le défaut invisible à l'ouvrier tandis que, dans les cas ordinaires, les criques au poinçonnage se manifestaient en fissures rayonnantes disparaissant à l'alésage ou permettant de rebuter la pièce lorsqu'elles étaient trop importantes. De plus, on était généralement averti d'un métal cassant par une sorte de détonation qui appelait l'attention du poinçonneur.

Dans le cas qui nous occupe, aucune crique n'était visible extérieurement et aucun bruit anormal n'avait permis de se rendre compte de la qualité particulièrement défectueuse du métal. Sa fragilité excessive provenait sans doute de la qualité des tôles utilisées, mais aussi de leur traitement après laminage. Celles-ci avaient été mal recuites ou peut-être même pas recuites du tout après laminage terminé à trop basse température. Ces tôles perdaient en effet leur excessive fragilité lorsqu'on les recuisait à température convenable.

La fabrication des tuyaux de remplacement terminée, on procédait au montage sur place du tronçon correspondant. Les raccordements extrêmes avec la conduite en service devaient être faits à la dernière minute.

On était en hiver et l'éclatement d'un robinet de vidange du collecteur, sous l'effet du gel, donna naissance à un coup de bélier qui eut pour conséquence l'éclatement d'une virole de 15 mm située à l'amont du tronçon en cours de rem-

placement. La cinquième rupture se produisit peu de temps après que la conduite remise en état assurait enfin un service normal. Elle fut la conséquence d'un violent coup de bélier dû à la présence dans la conduite d'un corps étranger mou entraîné dans une tubulure de dérivation du collecteur et qui vint à un moment donné, obturer complètement l'injecteur d'une turbine, coupant instantanément le débit de celle-ci. Les vérifications faites amenèrent en effet la décou-

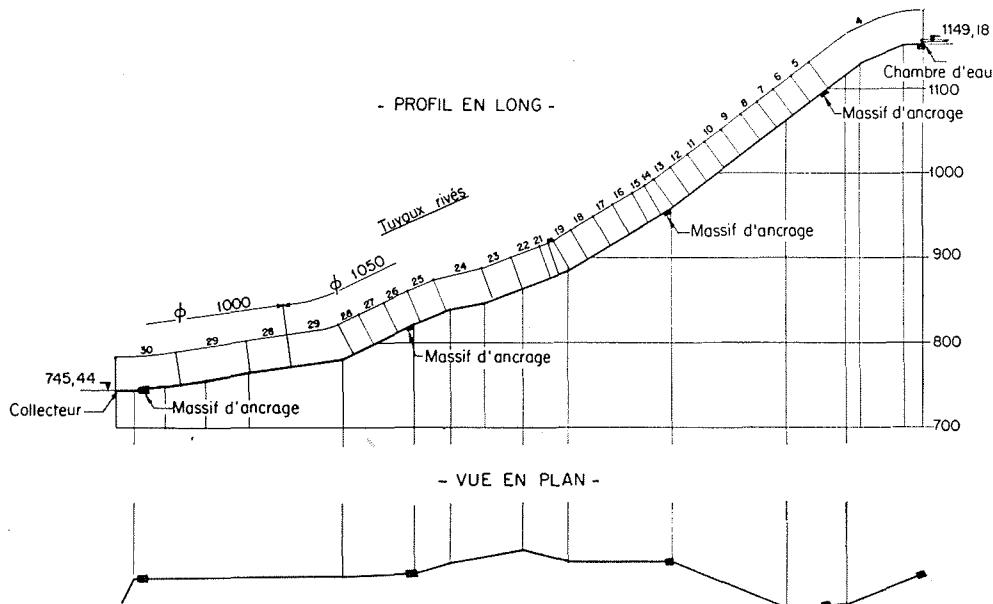


FIG. 3. — Profil en long et vue en plan de la première conduite.

placement. Cette quatrième rupture eut pour incidence l'aplatissement de la partie supérieure de la conduite construite en tôle de 5 mm d'épaisseur sur une grande longueur.

Que s'était-il donc passé ?

La charge sur la conduite, à son origine dans la chambre d'eau, étant insuffisante, — vu la faible pente du tronçon suivant immédiatement la chambre d'eau, — pour alimenter à pleine section avec le débit de rupture le tronçon suivant à forte pente, la veine liquide s'était brisée au point de jonction des tronçons à faible et forte pente. L'air ne pouvant rentrer par le reniflard placé contre la chambre d'eau, le vide atmosphérique s'était produit à l'aval du tronçon à faible pente et la conduite, non établie pour résister à ses effets, s'était écrasée.

A la suite de cet accident, les tuyaux de remplacement furent légèrement renforcés en remplaçant l'assemblage bout à bout par rivetage des tuyaux entre eux par un assemblage à brides en cornières. Celui-ci s'avéra suffisant par la suite puisque après une cinquième et une sixième rupture, le même accident ne se renouvela pas.

verte d'un bouchon hermétique composé d'un sac que les riveurs s'étaient mis sous les genoux pour effectuer le rivetage à l'intérieur de la conduite.

La sixième et dernière rupture que l'on eut à enregistrer survint alors que l'usine était en exploitation normale depuis trois ans.

On était en plein hiver et la neige tombait en abondance depuis plusieurs jours. De légères avalanches encombraient le canal à ciel ouvert et la neige entraînée dans la chambre de mise en charge devait être évacuée chaque fois que l'entrée de la conduite était obstruée.

A chacune des opérations de ce genre, on laissait, pour éviter le gel, un écoulement ralenti dans le tuyau qui se vidait ainsi lentement. La chambre déblayée, on remplissait la conduite et, ceci fait, on remettait l'usine en marche.

A l'un de ces remplissages, quelques minutes après avoir téléphoné l'ordre d'ouvrir la vanne d'entrée de la conduite, on entendit une détonation correspondant à une lancée de l'aiguille du manomètre enregistreur installé sur le collecteur; la conduite se vidait, noyant l'usine, puis tout retombait dans l'ombre et le silence.

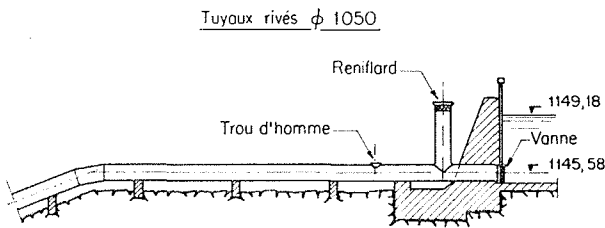


Fig. 4. — Détail montrant l'origine de la conduite n° 1 dans la chambre d'eau.

Le diagramme du manomètre enregistreur donnait une image reproduisant fidèlement les phases de l'accident. C'est grâce à l'examen de ce diagramme et aux témoignages recueillis sur place qu'il fut possible de donner l'explication du phénomène :

Lorsqu'il fut décidé que l'on arrêterait à nouveau pour débarrasser la chambre d'eau de la neige qui l'obstruait, les derniers mètres cubes entrant dans le tuyau entraînaient avec eux une proportion de neige très importante qui s'était amassée dans le cône d'entrée de la conduite.

La vanne d'entrée fermée pendant qu'on dégageait la chambre d'eau, le léger écoulement maintenu dans la conduite, produisait sa vidange partielle.

Le niveau s'abaissait dans la conduite, mais un bouchon de neige s'était formé en un point de la partie horizontale faisant suite à la chambre d'eau, un vide relatif s'établissait dans l'espace libre entre ce bouchon et le niveau de l'eau dans la conduite. La vanne étant fermée et la chambre remplie de neige, la pression atmosphérique n'agissait pas sur le bouchon qui était en équilibre.

Lorsqu'on sut que la chambre était dégagée, on téléphona de l'usine d'ouvrir légèrement la vanne afin d'opérer le remplissage de la conduite pour remettre en marche l'usine.

Les instructions furent observées, mais il fut constaté, par les gardiens de la vanne que, contrairement à ce qui se passait à l'ordinaire, la conduite fut très rapidement pleine; c'est à ce moment-là que l'accident se produisit et qu'on leur redonna l'ordre de fermer la vanne.

Le phénomène qui s'était passé était le suivant :

En ouvrant très peu la vanne, l'espace libre à l'amont du bouchon se remplit rapidement, la pression atmosphérique venant agir sur le bouchon de neige, l'équilibre était rompu et le bouchon était précipité en masse compacte sur la surface libre.

On était en présence du phénomène du « marteau d'eau » qui produisit le coup de bélier, cause de la rupture.

Les faits observés donnant le plus de vraisemblance à cette hypothèse étaient les suivants :

D'abord on constata très vite le remplissage de la conduite ainsi qu'il a été dit, ce qui prouvait l'existence du bouchon; de plus le manomètre restait au même point; donc, en réalité, la conduite restait à moitié vide, ce qui ne pouvait se faire qu'en la supposant obstruée en l'un de ses points.

Ces deux faits concordants donnèrent l'explication du phénomène et la cause de la rupture, mais les éléments ont manqué pour fixer les bases d'un calcul destiné à déterminer dans quelles conditions s'est produite la déchirure de la tôle, parce que sous la violence du choc l'aiguille du manomètre a dû être faussée et il n'a pas été enregistré la charge maximum supportée par la conduite; de telle sorte qu'il est bien possible d'affirmer que le choc a été d'une très grande violence, mais il fut impossible de savoir exactement quelle limite il atteignit.

Mais si la conduite d'Auzat s'est rompue pour des causes diverses, vices de matières, coups de bélier par suite d'ouvertures ou de fermetures instantanées, choc unique dû au phénomène du marteau d'eau, elle ne s'est pas rompue pour d'autres causes qu'il est intéressant de mentionner ici et qui avaient intéressé deux conduites construites avant celles d'Auzat.

C'est d'abord le type de rupture par chocs répétés dû au phénomène de « pompage » qui provient d'une cause tout à fait différente et indépendante de la qualité du métal.

L'effet destructif est produit par une succession d'augmentations de charge, sous la forme de puissance vive qui conduit à une rupture lorsque la tôle a absorbé un nombre de kilogrammètres déterminé.

Cet accroissement de puissance sous forme de chocs répétés, provenait des appareils employés alors pour le réglage des turbines. On constatait en effet que ce genre d'accidents n'était jamais relevé sur des conduites installées pour usines hydrauliques destinées à l'électro-chimie, à l'électro-métallurgie ou autres industries pour lesquelles le système de réglage se réduisait à sa plus simple expression, les variations de puissance ayant une importance secondaire.

Mais la question essentielle qui se posait était de savoir si les variations brusques de pression produites par le réglage des turbines devaient être considérées comme agissant sur les conduites par chocs, comme l'indique si bien la dénomination de « coups de bélier ».

L'examen de certains graphiques d'expériences faites par la Commission des turbines permirent d'avancer qu'il s'agissait bien d'un choc, et non d'une surcharge appliquée progressivement.

En conséquence, les méthodes de calcul durent tenir compte de la résistance vive des tôles et, par suite d'attacher beaucoup d'importance

à la recherche du module de fragilité: la résilience.

D'autre part, l'appareil qui permet d'avoir quelques renseignements précis sur ce phénomène, est le « manomètre enregistreur ».

C'est lui qui peut nous renseigner sur ce qui se passe, à chaque instant dans le « ventre » des conduites.

C'est le seul témoin que nous ayons; aussi devons-nous l'admettre sans réserve et l'installer toujours, à moins de vouloir rester dans l'ignorance et le mystère.

C'est grâce aux diagrammes tout à fait caractéristiques retirés de ces appareils qu'il a été possible d'analyser le phénomène le plus dangereux pour les canalisations métalliques et qu'on a dénommé vulgairement « pompage » en langage de turbinier.

En considérant ces images parlantes, on concevait la puissance destructive de semblables effets. Ils faisaient subir au métal une suite ininterrompue de coups de marteau, de valeur intrinsèque relativement réduite, pris séparément, mais qui pouvaient, par leur multiplicité, conduire à une rupture, quelle que soit la qualité du métal et le genre de construction adopté.

C'est ensuite le type de rupture due au « choc en retour » survenu sur l'autre de ces deux conduites forcées de haute chute, laquelle ne comportait pas de canal d'amenée, l'origine de la conduite étant à la prise d'eau elle-même.

Le profil en long se décomposait dans ses grandes lignes, en deux parties distinctes. Une première partie, longue de plus d'un kilomètre, était placée sur une très faible pente. Une deuxième partie en forte déclivité produisait la charge sur l'usine.

Dans la partie horizontale, vers le milieu, un éboulement se produisit et un bloc détaché tombait sur la conduite. Celle-ci s'aplatissait sous le choc et, au même instant, une rupture se produisait dans la moitié inférieure de la partie en pente.

Grâce à l'incompressibilité de l'eau, le choc fut transmis tout le long de la canalisation et produisit la rupture dans la partie de moindre résistance, à moins que ce point soit celui de charge maximum, mais l'absence de manomètres enregistreurs ne permit pas l'analyse du phénomène.

**

Ainsi la première conduite d'Auzat fut une véritable conduite expérimentale dont les avatars ont largement contribué au progrès de la technique de la fabrication et du montage des conduites forcées.

Les énormes difficultés rencontrées à la fabri-

cation et au montage des tuyaux rivés de très fortes épaisseurs ont amené l'utilisation des tuyaux soudés. C'est ainsi que les EBV ont créé leur première usine de soudage au gaz à l'eau, qui fonctionna industriellement dès 1910.

C'est à la suite de ces premières ruptures que les trous de rivets furent dorénavant percés à la mèche, tout poinçonnage étant désormais prohibé.

D'autres dispositions furent prises qui avaient trait, celles-ci au choix du métal, au mode de fabrication et aux essais de réception en forge. Il est bon de préciser qu'à cette époque on prenait des tôles de fer de fabrication longuement éprouvée, que l'on obtenait sans risque de fragilité extrême. Les ruptures sont nées à l'époque même de la généralisation des procédés de fabrication de l'acier.

C'est la rupture qui occasionna l'aplatissement de la conduite, qui détermina la modification de la position des reniflards, que l'on plaça désormais aux points judicieux, c'est-à-dire aux points de brisure de la veine liquide, d'ailleurs faciles à prévoir. Ce n'est que beaucoup plus tard, et à la suite de l'écrasement d'une conduite où une ventouse faisant fonction de reniflard, cependant bien placée, n'avait pas rempli son office parce qu'elle était obstruée par un bouchon de glace, qu'il fut décidé que les tuyaux d'une conduite forcée seraient dorénavant établis pour pouvoir, quoi qu'il arrive, supporter sans dommage le vide atmosphérique.

La rupture consécutive à la présence d'un corps étranger à l'intérieur de la conduite amena l'établissement de consignes rigoureuses relatives à la visite intérieure et au nettoyage d'une conduite avant sa mise en service.

Enfin la rupture due au phénomène du « marteau d'eau » conduisit le Maître de l'Œuvre à recouvrir les canaux d'amenée et les chambres d'eau fonctionnant, comme ceux d'Auzat, à découvert et à prohiber toute installation analogue. Les canaux d'amenée et les chambres d'eau furent désormais mis à l'abri et généralement installés en souterrain.

Cette rupture permit aussi de mettre en évidence la nécessité de prévoir sur la conduite, et tout particulièrement sur le collecteur, des manomètres enregistreurs. Sans eux on n'aurait jamais pu analyser le phénomène du « marteau d'eau », ni le phénomène du « pompage ».

M. Auguste Bouchayer, qui le premier avait senti toute l'importance qu'il fallait attacher à cette question, exigea du Maître de l'Œuvre la prise en charge de l'installation systématique d'au moins un manomètre enregistreur à la centrale; dans le cas où le Maître de l'Œuvre se montrait réticent, le Constructeur faisait lui-même les frais de cette installation.

Par la suite, on eut à se féliciter de cette déci-

sion, car c'est en grande partie les observations systématiques faites sur les feuilles de manomètres enregistreurs qui nous permirent d'affirmer qu'une épreuve hydraulique des tuyaux faite chez le Constructeur au double de la pression maximum normale de marche, conditionne auprès du Maître de l'Œuvre la garantie et la sécurité optimums qu'il recherche pour l'exploitation d'une conduite forcée.

Il est vrai qu'aujourd'hui nous allons plus loin dans cette voie puisque nous disons:

La condition nécessaire et suffisante de garantie et de sécurité d'un aménagement de conduite forcée est l'épreuve finale en usine des éléments d'une conduite forcée (c étant le coefficient de sécurité base des calculs d'établissement) à c fois la pression maximum normale de marche.

Par le truchement de la première conduite

d'Auzat, nous n'avons pas seulement voulu rappeler ce qu'était la technique des conduites forcées il y a cinquante ans et souligner l'incidence des avatars de cette conduite sur les progrès dans la construction des conduites forcées. Nous avons aussi, par rapprochement du passé et du présent, voulu mesurer le chemin parcouru en un demi-siècle dans la voie des réalisations et du progrès de la technique française aujourd'hui connue et appréciée dans le monde entier.

A cette occasion, il nous est agréable de rappeler qu'en matière d'allègement, d'économie et de sécurité, la construction des conduites forcées est parmi celles qui ont donné les résultats les plus spectaculaires au cours des dernières décennies (1).

(1) *Annales des Ponts et Chaussées*, n° 2 de mars-avril 1956.

NOTRE FRONTISPICE

(cf. p. 108)

BAZIN (1829-1917).

Né à Nancy, Henri-Emile BAZIN sortit de l'Ecole Polytechnique en 1848 dans le Corps des Ponts et Chaussées. Après un court passage dans le service ordinaire, à Saint-Flour, puis à Tonnerre, il fut nommé à Dijon en 1854, au Service du Canal de Bourgogne, où il fut le collaborateur de Darcy, et où il resta jusqu'à sa promotion, en 1886, au grade d'Inspecteur général, membre du Conseil général des Ponts et Chaussées.

Le trait le plus saillant de son caractère était son excessive modestie, qui l'empêcha toujours de faire valoir son travail personnel, ses réelles qualités et l'étendue de ses connaissances. Cela laisse entrevoir combien intéressantes et complètes furent être ses recherches et ses études pour qu'il soit arrivé malgré cela à l'autorité prépondérante qu'il acquit en matière d'hydraulique dans le monde entier.

L'œuvre de Bazin fut surtout expérimentale, car il eut le génie de comprendre, dans le domaine ardu où il évoluait, que la science ne pouvait servir que de guide et devait souvent céder le pas à l'expérimentation. Qu'elles aient touché à l'écoulement de l'eau en mouvement uniforme, à la propagation des ondes et à l'influence de la rugosité des parois dans les canaux découverts, au débit des déversoirs, à la répartition des vitesses, au ressaut hydraulique, ou à la mesure des pressions à l'intérieur des nappes, ses expériences sont toutes marquées au coin d'une rare perspicacité, d'une minutie exceptionnelle et d'une persévérance dont il n'existe que peu d'exemples aussi marqués, si l'on songe au caractère primitif et imprécis des instruments dont il disposait, et que, par surcroît, il était desservi par une vue extraordinairement déficiente. Leur exécution impeccable lui a permis d'en déduire des formules pratiques, dépouillées de tout appareil mathématique compliqué, et directement utilisables.

On pourra mesurer la qualité de son expérimentation en sachant que les procédés de calcul purement mathématiques permirent à Boussinesq de retrouver et de confirmer les chiffres auxquels les expériences de Bazin avaient abouti.

Modèle de méthode scientifique et de conscience, mais venu avant l'heure dans le domaine de l'hydraulique moderne, il fut donné à ce savant d'entrevoir la terre promise, mais non d'y entrer; cependant il fraya largement le chemin à ses successeurs, à qui les théories de la similitude des fluides ont permis de donner aux formules de Bazin des formes différentes.

Bénéficiaire en 1867 du prix Dalmont, en 1888, du prix Montyon de mécanique, membre correspondant de l'Académie des Sciences en 1900, il en fut élu membre titulaire en 1913.

BAZIN (1829-1917).

Henri Emile BAZIN, who was born in Nancy, left the Ecole Polytechnique in 1848 as a member of the Corps of Bridges and Highways. He spent a short period at Saint-Flour and at Tonnerre in the ordinary department of the Corps before joining the Burgundy Canal Department at Dijon in 1854, where he worked with Darcy and where he remained until 1886 when he was appointed Inspector General and a member of the Bridges and Highways General Council.

The most outstanding thing about him was his excessive modesty which always prevented him from making the most of his personal work, his real qualities and the full scope of his learning. The fact that, in spite of this, he came to be acknowledged throughout the world as a leading authority on hydraulics, gives us a glimpse of how important and complete his research work was.

Bazin's work was mainly experimental, for he had the sense to realize that, in the difficult field in which he worked, science could only guide and often had to give way to experiment. Whether his experiments were concerned with the uniform motion of flowing water, with the propagation of waves, with the effect of bed roughness in open channels, with discharge over weirs, with velocity distributions, with hydraulic jump or with pressure measurements inside falling water, they all show his shrewdness, his exceptional attention to detail and a degree of perseverance which is all the more remarkable when we consider the inaccurate primitive instruments he had to use and, that in addition, he had extremely bad eye-sight. From his faultless experimental work he was able to deduce practical formulae which involved no complicated mathematics and which could be used directly.

The quality of his experiments can be appreciated from the fact that Boussinesq was able to obtain and verify the figures resulting from Bazin's experimental work, by purely mathematical methods.

BAZIN was an exemplar of scientific method and conscientiousness, but he was born before his time, and although able to catch a glimpse of the world of modern hydraulics, he was unable to take any part in it. Nevertheless, he paved the way for his successors who were able to use theories of fluid similitude to recast his formulae.

BAZIN, who received the Dalmont prize in 1867 and the Montyon Mechanics prize in 1888, became a corresponding member of the Academy of Sciences in 1900 and a full member in 1913.