

LA HOUILLE BLANCHE

REVUE GÉNÉRALE DES EMPLOIS COORDONNÉS

DE L'ÉNERGIE HYDRAULIQUE ET DE LA HOUILLE NOIRE

NOUVELLE SÉRIE. — DIX-NEUVIÈME ANNÉE
N° 164. — Mai-Juin 1920

SOMMAIRE N° 164

C'est la coordination des emplois de nos Forces hydrauliques et de notre Charbon qui rendra son indépendance à l'Industrie française.

Barrages hydrauliques (*suite*) UN INGÉNIEUR. — Les Bétons légers et les records de hauteur des barrages (Charles RABUT, Inspecteur général des Ponts et Chaussées en retraite, Ingénieur consultant). — L'Etude des Coups de Bélier dans les Canalisations métalliques sous pression (*suite*) C. CAMICHEL, Directeur de l'Institut électrotechnique de Toulouse. — Les Fours à induction et leur application dans l'industrie du fer et de l'acier (*suite*) W. ENGELHARDT. — Avantages et Inconvénients des divers systèmes de transformation de courant alternatif à haute tension en courant continu (*suite*) F. SARRAT, Ingénieur à la Compagnie générale de Railways et d'Electricité de Bruxelles. — Imprégnation, Sénilisation et Ignifugation des Bois d'Industrie (*suite*) Jean ESCARD, Ingénieur civil, Lauréat de l'Institut. — Recherches sur les conduites possédant des réservoirs d'air (C. CAMICHEL). — Revue des Sociétés savantes et des Publications scientifiques (Académie des Sciences). — Revue des Publications étrangères. Informations. — Législation. — Bibliographie.

BARRAGES HYDRAULIQUES

(SUITE)

Sur la rive droite se trouve la chambre de réglage. (fig. 14 et 15). L'eau y entre par une grille (voir fig. 7). Si la vanne 1 est ouverte et la vanne 3 fermée, la chambre d'équilibre

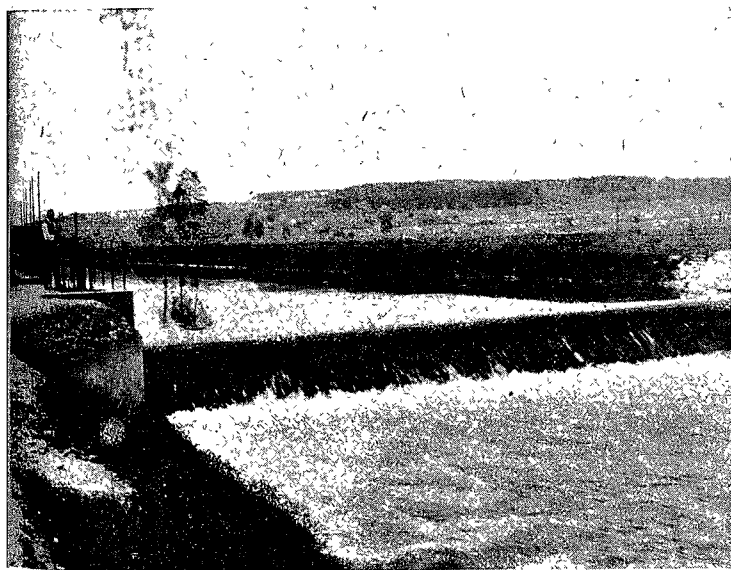


Fig. 14. — Barrage à Bulach. En se baissant

se remplit par les deux trous du mur latéral ; ces deux trous débouchent sous les deux panneaux. Si le barrage est dans la position supérieure (fig. 16), la vanne d'entrée 1 est fermée et une faible quantité d'eau seulement suffisante pour remplacer les petites pertes inévitables entre par un clapet 5 au-dessous de 1 (fig. 7). L'état d'équilibre dans la chambre est maintenu par le déversoir formé par un tuyau vertical de 0.50 m. de diamètre (fig. 9). On peut abaisser ce tuyau par la manœuvre d'une vis et de cette manière abaisser le sommet du barrage dans le but de laisser passer la glace ou

les herbes qui flottent parfois en très grandes quantités dans cette rivière.

Pour donner à la construction une rigidité suffisante, les fermes sont liées par une poutre qui passe au-dessous d'elles sur toute la longueur du barrage. (Voir fig. 12, à gauche). Quand le barrage est abaissé la poutre vient reposer sur une nervure en béton qui divise en deux parties la chambre d'eau au-dessous du clapet aval abaissé. Dans la chambre de



Fig. 15. — Barrage à Bulach. En se levant.

réglage une paroi en béton munie à sa partie inférieure d'une vanne 2 est disposée entre la vanne d'entrée et celle de sortie (fig. 7 et 9). Si on ouvre ces deux dernières pendant qu'on ferme la vanne 2, l'eau coule du bassin d'amont au bassin d'aval par suite de la différence du niveau qui existe aussi quand le barrage est complètement ouvert (fig. 17). L'eau sera donc forcée de prendre le chemin sous la partie cintrée du clapet d'aval ; elle passera alors par une ouverture dans la nervure, rentrera dans la chambre de réglage sous la partie plane du clapet, d'où elle sortira par la

vanne 3. Par ce moyen on produit dans la chambre d'équilibre un courant assez vigoureux qui chassera les sables et les limons qui se sont déposés dans cette chambre même si ses jonctions étanches sont construites très soigneusement. En outre sur la rive gauche se trouve une vanne de purge 6

Position supérieure.

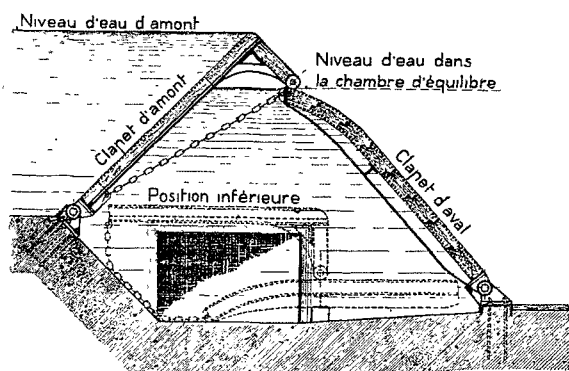


Fig. 16

(fig. 7) qui permet l'établissement d'un courant allant directement de la chambre de réglage au bassin aval.

Si au moment où le barrage est baissé il n'existe qu'une petite différence entre les plans d'eau amont et aval le courant de purge n'est pas assez fort. D'autre part, si on fait couler l'eau par la chambre d'équilibre du barrage en position élevée on a, il est vrai, une grande chute entre les deux plans d'eau, mais aussi une grande surface d'étalement dans la chambre, c'est-à-dire une petite vitesse d'eau qui ne suffit pas à chasser les limons. Pour de tels cas un

canal est prévu dans la chambre le long de la jonction horizontale amont, par laquelle les limons entrent principalement (Voir fig. 18). Quand le canal sera rempli par les



Fig. 17 — Barrage à Bulach, ouvert (abaissé).

limons on le couvrira par des couvercles qu'on peut abaisser au moyen de fils de fer actionnés par un treuil situé dans la chambre de réglage. On produit ensuite dans ce canal un écoulement d'eau à l'aide de la pression totale produite par la différence des plans d'eau ; cette action détermine un courant de purge très efficace.

La possibilité d'évacuer les alluvions de la chambre

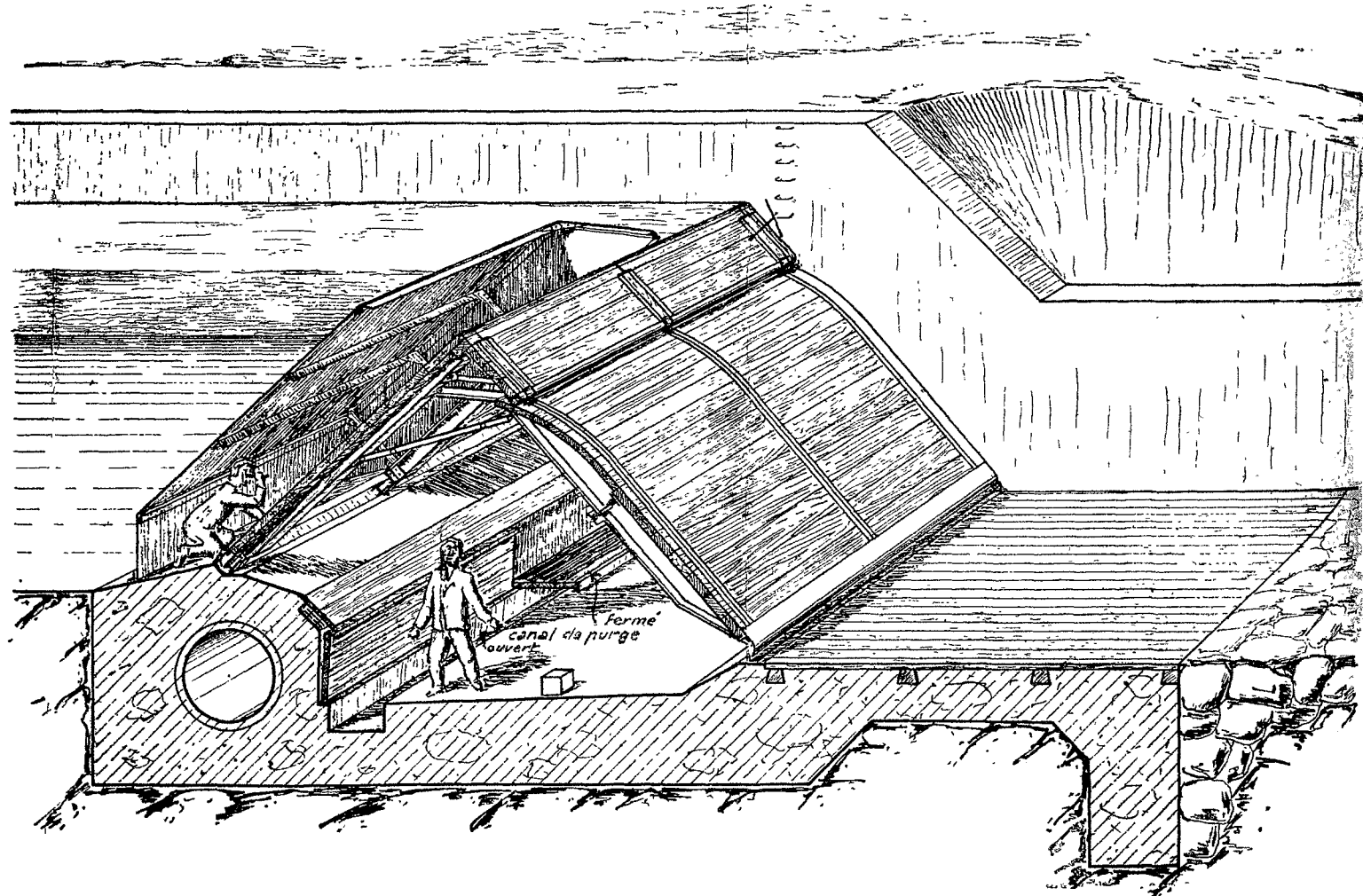


Fig. 18

Barrage arrêté (Chambre vide).

Barrage en position normale (Chambre pleine d'eau).



Fig. 19. — Vue d'aval du barrage dans le Tessin, à Piotta

d'équilibre est de la plus grande importance pour l'emploi de tout système de barrage hydraulique dans les fleuves charriant des galets et des limons. Il semble qu'on est arrivé par les moyens décrits à une solution satisfaisante.

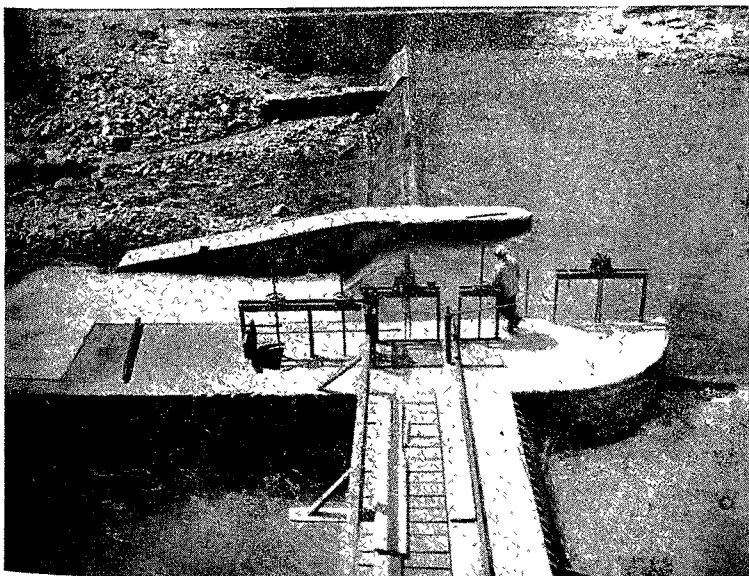


Fig. 20. — Barrage de Piotta.
Vue de gauche sur la chambre de réglage et le barrage.

Comme exemple de l'emploi de barrage en forme de toit dans un fleuve avec un charriage énorme nous pouvons citer le barrage de Piotta sur le haut Tessin qui consiste en une vanne de purge de 6 m. de longueur sur 1.80 m. de hauteur et en un déversoir des hautes eaux de 15 m. de longueur sur 1.0 de hauteur (voir fig. 19). La pente du Tessin dans cette région est de 20 millièmes, les blocs de

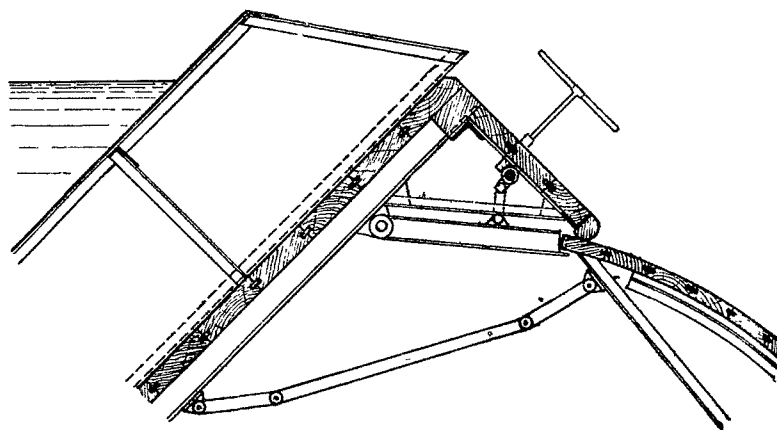


Fig. 21.

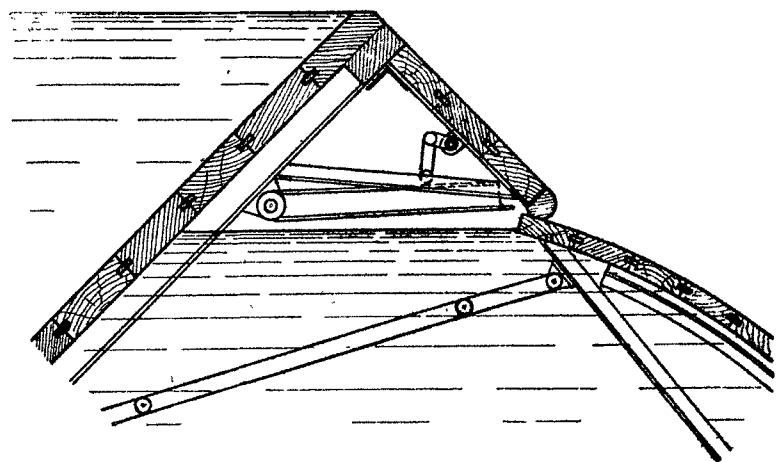


Fig. 22.

pierre charriés atteignent les dimensions d'un demi mc. Malheureusement le lit du Tessin en aval de l'ouverture de purge s'est rehaussé jusqu'à la cote de l'axe d'amont du barrage au lieu de rester sur celle de l'axe d'aval comme on l'avait supposé en établissant le projet. Par suite il n'existe

pêche le comblement du bassin à l'amont et l'entrée des cailloux et des galets dans le canal de mise en charge.

Les deux ouvertures du barrage à Piotta que nous venons de décrire sont manœuvrées par des vannes situées dans la même chambre de réglage. L'eau entre dans la chambre d'équilibre du barrage de droite par un tuyau qui traverse la base du barrage à gauche.

Si on a à construire un barrage dans un grand fleuve on le divisera en quelques fractions, dont la largeur est dans une certaine relation avec la hauteur du remous. Si la largeur totale du barrage est par exemple de 100 m., on le divisera ordinairement en trois fractions si la hauteur de remous est supérieure à 2 m. ou en quatre si elle est inférieure. Les fractions seront séparées l'une de l'autre par des piles

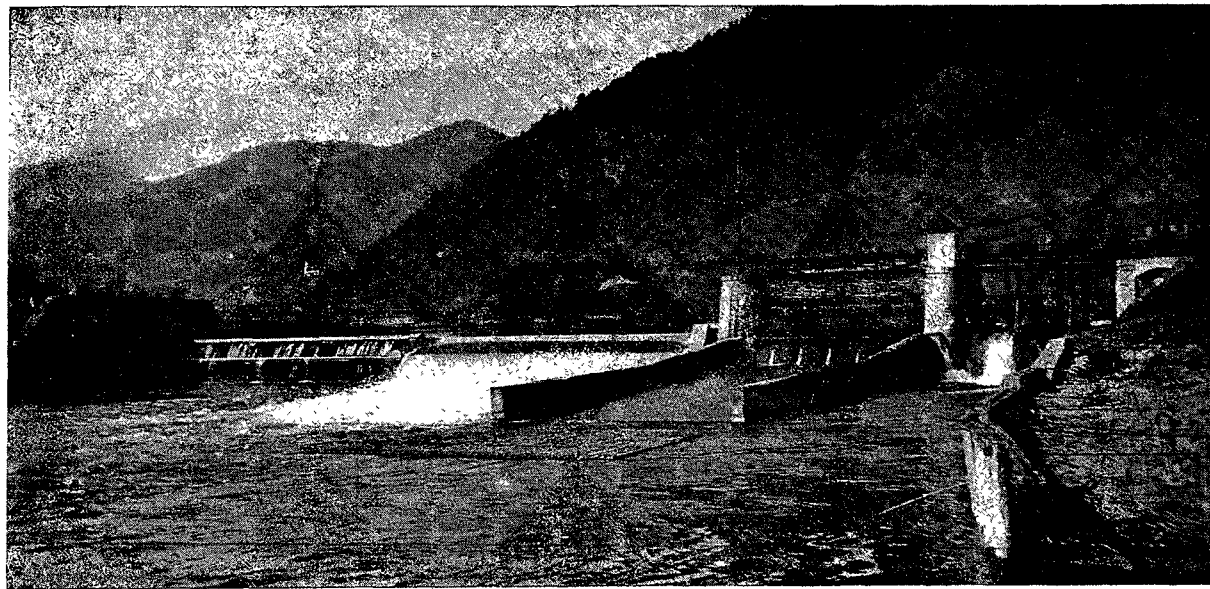


Fig. 23. — Barrage hydraulique de Bruck-s/Mur.

plus la petite dénivellation nécessaire au fonctionnement du barrage et il a fallu construire un mécanisme auxiliaire, celui-ci situé dans la chambre de réglage et servi par un seul homme, permet de lever le clapet aval de 10 à 20 cm., c'est-à-dire jusqu'à ce que le barrage ait produit le remous nécessaire pour le faire monter ensuite par la pression de l'eau (fig. 20). En outre, on a attaché au clapet

d'amont un panneau glissant sur le dos du clapet d'aval et protégeant celui-ci des chocs provoqués par les grands blocs. Les cailloux se trouvant à cet endroit à une petite distance de la naissance du fleuve ne sont pas encore roulés et le revêtement en bois de pin fut considérablement usé par le charriage énorme des grandes crues ; il fallut le remplacer par des planchers en bois de chêne. Peut-être sera-t-il nécessaire de protéger encore le bois par des tôles en fer. Après les expériences faites avec ce barrage il semble

minces. La manœuvre se fera pour toutes par des appareils se trouvant dans une chambre de réglage commune située à la rive accessible de façon que l'on puisse se passer d'une passerelle de service. Parfois on reproche aux barrages hydrauliques leurs parties inaccessibles, les charnières par exemple qui sont toujours dans l'eau. Mais on ne doit pas comparer des bar-

ne sont pas encore roulés et le revêtement en bois de pin fut considérablement usé par le charriage énorme des grandes crues ; il fallut le remplacer par des planchers en bois de chêne. Peut-être sera-t-il nécessaire de protéger encore le bois par des tôles en fer. Après les expériences faites avec ce barrage il semble que ce système, à condition de le construire avec les matériaux les plus résistants, convient également à des fleuves d'un charriage énorme, dans lesquels on n'employait jusqu'alors que des barrages fixes.

Un barrage mobile facile à manier comme l'est le barrage en forme de toit offre un très grand avantage également dans les fleuves de forte pente : un tel barrage mobile em-

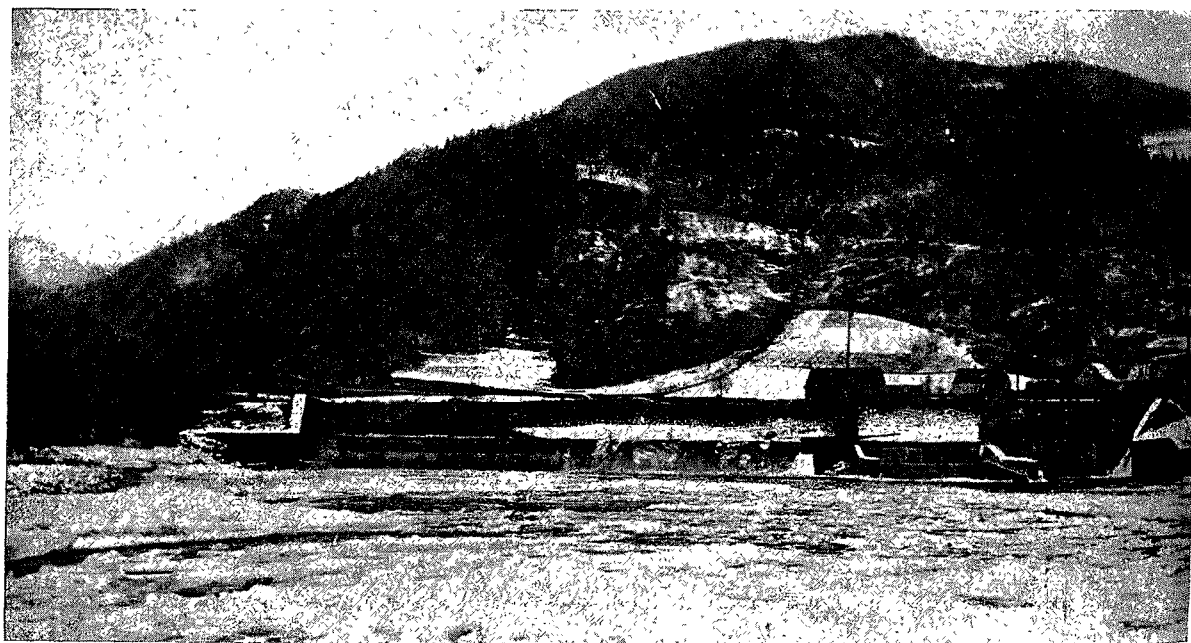


Fig. 24. — Passage de la glace par le barrage de Bruck-s/Mur.

rages qui restent immobiles pendant des jours ou mêmes des semaines entières et qui, s'ils sont manœuvrés une fois, font des mouvements très lents, avec des machines actionnées sans cesse et faisant des centaines de tours par minute, comme une turbine par exemple. On peut donc prétendre, que les charnières, construites en acier de bonne qualité, ne s'abîmeront pas par l'usage et que seuls le revêtement en

bois et les jonctions étanches seront à remplacer dans des délais assez longs. Dans ce but ou si on veut faire une revision de la chambre d'équilibre on arrêtera par un axe placé sous le sommet et manœuvré sur l'un des côtés le barrage dans sa position supérieure et l'on pourra vider la chambre ; le barrage restera dans sa position sous la pression entière du remous (fig. 18, 21 et 22). Pour changer les jonctions ou le revêtement du clapet d'amont, on posera une caisse sans fonds qui couvre la section que l'on désire renouveler et qui reposera avec des jonctions étanches sur la base en amont et les parties voisines du clapet. Les fig. 18, 21 et 22 montrent cette opération.

La figure 23 donne la vue d'aval du barrage hydraulique construit pour l'usine électrique de la ville de Bruck-sur-Mur, en Styrie. On voit à partir de la rive droite deux fractions de 22 m. de longueur chacune dont l'une est fermée, l'autre ouverte ; puis, après l'échelle à poissons, le bassin de flottage de 11 m. de longueur sur 1.90 m. de hauteur amont. La sortie du bassin est munie d'une table flottante percée qui détermine une bonne protection vis-à-vis de l'excavation du fond par l'eau déversée. A gauche du bassin de flottage on voit l'ouverture de purge fermée par 3 vannes ordinaires. Cette ouverture pourra également être



Fig 25. — Passage de la glace. Barrage de Bruck-s/-Mur.

fermée par un barrage en forme de toit de 9 m. de longueur sur 3.60 m. de hauteur actuellement en construction. La Mur ne charrie pas seulement beaucoup de graviers, mais aussi en hiver une immense quantité de glace. Avant sa modification le corps fixe du barrage était rehaussé par des clapets appuyés, et le bassin de flottage fermé par une vanne ordinaire. Il était très difficile d'ôter ces cloisons à temps, si la débacle de la glace se produisait rapidement, et le bassin d'eau en amont du barrage ainsi que le canal de mise en charge furent parfois comblés de glace à un tel point qu'on fut obligé souvent d'interrompre l'exploitation de l'usine. Aujourd'hui quand la débacle arrive, on abaisse un peu le barrage-toit et les glaçons passent comme on peut le voir sur la figure 24 où la fraction de gauche (par rapport à la direction du fleuve) a été ouverte. La figure 25 montre de près la même partie du barrage en action pendant que celle de droite est encore en construction.

Le système décrit est très approprié en tant que barrage fonctionnant sur les cours d'eau charriant de fortes quantités de glaces parce que les clapets se meuvent dans l'intérieur de la chambre d'équilibre pendant l'abaissement du barrage. La glace se forme à l'extérieur du barrage le long de l'axe d'amont et contre les murs latéraux pendant les grands

froids lorsque le barrage est fermé ordinairement ; elle n'empêche donc pas son fonctionnement comme c'est le cas dans les barrages à papillon où la glace se forme au-dessous du clapet. Aussi le barrage de Bruck a fonctionné d'une manière satisfaisante à une température de -25° et a évité l'interruption de l'exploitation de l'usine. Comme conséquence plusieurs autres barrages mobiles en forme de toit de dimensions considérables vont être construits dont un de 3.5 m. de remous sur 26 m. de longueur. Ce système conviendrait sans doute fort bien au régime des rivières de notre pays. Il est évident que les frais de construction du barrage en forme de toit sont relativement moins élevés pour une grande ouverture, les appareils de réglage étant presque les mêmes pour une ouverture large que pour une ouverture étroite. Il est intéressant de la comparer avec d'autres systèmes de barrages mobiles ; on sait que pour une vanne qui permet de fermer des ouvertures assez larges, la force de flexion, à laquelle elle doit résister est très grande, puisqu'elle augmente le carré de la portée, la vanne doit donc être de construction très solide. Pour le barrage hydraulique en forme de toit au contraire, les forces sont transmises aux fondations par les fermes disposées à courts intervalles. C'est pourquoi, malgré les doubles clapets, la quantité de matériaux employée n'est pas plus grande pour un barrage hydraulique que pour un barrage à vannes de grande portée. On économise ainsi les frais des treuils de levage, de la passerelle de service et au moins une partie de ceux relatifs à la construction de la muraille des piles qui ne sont que d'une épaisseur modeste. Par contre les fondations d'un barrage hydraulique sont plus larges que celles d'un barrage à vannes.

UN INGÉNIEUR.

LES BÉTONS LÉGERS ET LES RECORDS DE HAUTEUR DES BARRAGES

Le présent article est le développement partiel d'une note que nous avons présentée le 16 février à l'Académie des Sciences. La limitation imposée aux auteurs dans l'espace occupé dans les comptes rendus de l'Académie n'a pas permis de détailler, dans cette note même, les calculs relatifs au déplacement du record de hauteur des murs de réservoir : on trouvera ci-après des explications complètes qu'il était intéressant de fournir sur ce résultat qui, à priori, est paradoxal.

Dans les constructions en maçonnerie ou en béton, le poids mort est presque toujours une cause de fatigue, donc de dépense, que l'on a depuis longtemps combattue, d'abord par l'évidement des massifs, puis indirectement par l'emploi de liants plus résistants (remplacement de la chaux par le ciment) ; plus tard, indirectement encore, par l'introduction d'armatures métalliques ; enfin, directement, par le choix de pierres légères. Ce dernier moyen, le plus simple de tous, n'est appliqué systématiquement que depuis peu d'années et sur une échelle encore restreinte : pour le susciter, il n'a fallu rien moins que la crise de la main-d'œuvre qui, avantagant l'emploi des pièces moulées d'avance et mises en place par des grues, fait naître, de toute réduction des masses à manutentionner, une économie de temps et d'argent.

Tel est le motif des recherches expérimentales que j'ai entreprises dès 1909, avec le Laboratoire de l'Ecole des Ponts et Chaussées, sur les bétons de mâchefer. Elles ont établi,