Zeitschrift: IABSE congress report = Rapport du congrès AIPC = IVBH Kongressbericht

Band: 2 (1936)

Artikel: Application de l'acier en construction hydraulique: installations mobiles

Autor: Burkowitz, K.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-2992

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 13.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

VII b 3

Application de l'acier en construction hydraulique, installations mobiles.

Anwendung des Stahles im Wasserbau, bewegliche Anlagen.

Use of Steel in Hydraulic Structures, Movable Plants.

Ministerialrat K. Burkowitz VDI,
Reichs- und Preußisches Verkehrsministerium, Berlin.

Le matériau «Acier»

Si je puis, à ce sujet, me reporter d'une manière générale à la contribution de Mr. le Professeur Dr. Ing. *Agatz,* je voudrais néanmoins faire quelques remarques en ce qui concerne la question spéciale des «installations mobiles».

Les installations mobiles sont en effet exposées, plus que les ouvrages fixes, à l'attaque de toutes influences extérieures. L'eau qui les lèche avec une force vive et une vitesse souvent considérables, l'alternance de l'état humide et de l'état sec, de la chaleur et du froid, les modalités défavorables suivant lesquelles s'exercent les efforts extérieurs, font travailler la matière souvent et même dans la plupart des cas dans des conditions notablement plus défavorables que sur les installations fixes. Les calculs effectués d'après des considérations d'ordre purement statique sont dans de nombreux cas insuffisants à faire entrer en ligne de compte les influences dynamiques et mainte expérience fâcheuse se charge de nous apprendre dans quel sens doit se faire l'évolution des méthodes de calcul.

En ce qui concerne les caractéristiques de résistance mécanique, nous disposons de sortes d'aciers nombreuses et intéressantes, depuis l'acier ordinaire de construction St. 37 et l'acier St. 48 jusqu'aux aciers St. Si et St. 52, qui répondent bien aux différents besoins. Ce n'est toutefois pas toujours l'acier le plus résistant qui convient le mieux pour les conditions que nous avons à envisager ici, alors que doivent également entrer en ligne de compte les caractéristiques de résistance aux attaques par corrosion, aux phénomènes vibratoires, les possibilités d'usinage, etc. Le matériau «Acier» est un élément de choix pour les installations hydrauliques mobiles, mais sa haute élasticité et les aptitudes aux déformations qui en découlent demandent que l'on tienne particulièrement compte de sa nature propre dans les opérations de façonnage et d'usinage. Les assemblages *rivés* des pièces en acier n'ont été en somme qu'un expédient dans la construction des ouvrages mobiles, jusqu'à ce que l'on ait pu disposer d'un procédé meilleur. La technique de la soudure est ici aussi au premier plan; elle permet de ne faire des apports de métal que là où ce métal est nécessaire; elle

permet d'éviter l'affaiblissement des sections par des trous de rivets; elle permet d'éviter l'accumulation de la matière en des endroits défavorables; elle répond beaucoup mieux aux exigences de l'étanchéité. Il serait seulement à désirer que la technique du laminage puisse à son tour s'adapter rapidement aux exigences de la soudure afin que l'on n'ait pas à travailler avec la soudure sur des profilés qui ont été étudiés en vue du rivetage. Des progrès intéressants ont déjà été enregistrés dans cette voie.

Parmi les nombreux ennemis de l'acier, il importe de citer, non seulement la rouille, mais également la végétation sous-marine. On lutte contre l'attaque de la rouille par l'emploi de la peinture (voir Contribution *Agatz)*; par contre, on n'a pas encore abouti à des formules certaines et d'une validité générale pour les peintures sous-marines elles-même; on suit actuellement des directives qui malheureusement laissent encore un champ très vaste aux recherches et aux expériences. Cette question a été traitée d'une manière très large par le Conseiller d'Etat *Wedler.*[1]

Les dépôts marins s'incrustent à travers la couche de peinture et permettent à l'eau de mer de venir attaquer le métal ainsi mis à nu. L'empoi de peintures toxiques n'a pas permis de triompher de ces adhérences d'éléments vivants; il semble toutefois que la mise au point récente d'une peinture spéciale, sorte de lait de ciment (Dunker & Co., Hambourg), constitue un moyen efficace pour lutter contre ces agents d'attaque. Cette peinture a été essayée sur les vannes de l'écluse de Holtenau du Kaiser-Wilhem-Kanal, où elle a été appliquée directement sur le métal, sur lequelle elle forme une pellicule vitreuse dure. La valeur effective des peintures anti-rouille à base de minium pour la protection des ouvrages métalliques situés dans l'eau est encore actuellement très discutée. Les peintures de nature bitumineuse appliquées à chaud en couches assez épaisses semblent donner les meilleurs résultats sur les ouvrages métalliques immergés.

Nature des installations mobiles.

Pour la majeure partie, les ouvrages métalliques mobiles servent à fermer ou à ouvrir aux eaux des passages déterminés. Elles se comportent comme les dispositifs d'arrêt ou les soupapes que l'on emploie en construction mécanique, sous une forme souvent analogue, mais réduite.

Les *vannes d'étranglement* ou vannes-papillon sont destinées à arrêter les courants d'eau; on les utilises fréquemment dans les conduites d'eau à titre de dispositifs de secours; elles ne peuvent toutefois être utilisées que dans leurs positions extrêmes d'ouverture et de fermeture, car les positions intermédiaires impliqueraient pour l'écoulement des eaux des conditions trop défavorables. D'ailleurs, même dans leur position de pleine ouverture, elles réduisent dans une certaine mesure la section de passage et sont ainsi si fortement exposées à l'action du courant que dans la plupart des cas, il est nécessaire de prévoir pour elles une protection spéciale.

Les *vannes* à tiroir proprement dites, du type des robinets-vannes ordinaires, sont construites jusqu'à des dimensions très importantes. A la position de pleine

[1] *Wedler:* „Unterwasseranstriche für Stahlbauteile im Wasserbau, besonders von Schleusen und Wehren", Bautechnik nº 17, 1934, p. 232.

ouverture, elles libèrent entièrement le passage du courant d'eau; par contre, à pleine charge, elles sont assez difficiles à manoeuvrer. En position d'ouverture partielle, les conditions d'écoulement des filets liquides sur les arêtes de la vanne sont nettement défavorables; il se produit des phénomènes de cavitation dangereux.

Les vannes de forme cylindrique sont fréquemment et volontiers adoptées. Pour leur simplicité, on a pendant longtemps employé de simples cylindres ouverts à la partie supérieure, se déplaçant verticalement et assurant la fermeture complète par leur arête inférieure (principalement dans les écluses à sas); plus récemment, on a adopté la disposition mise au point par Krupp-Grusonwerk, dans laquelle la partie cylindrique mobile est ramenée à l'intérieur d'une sorte

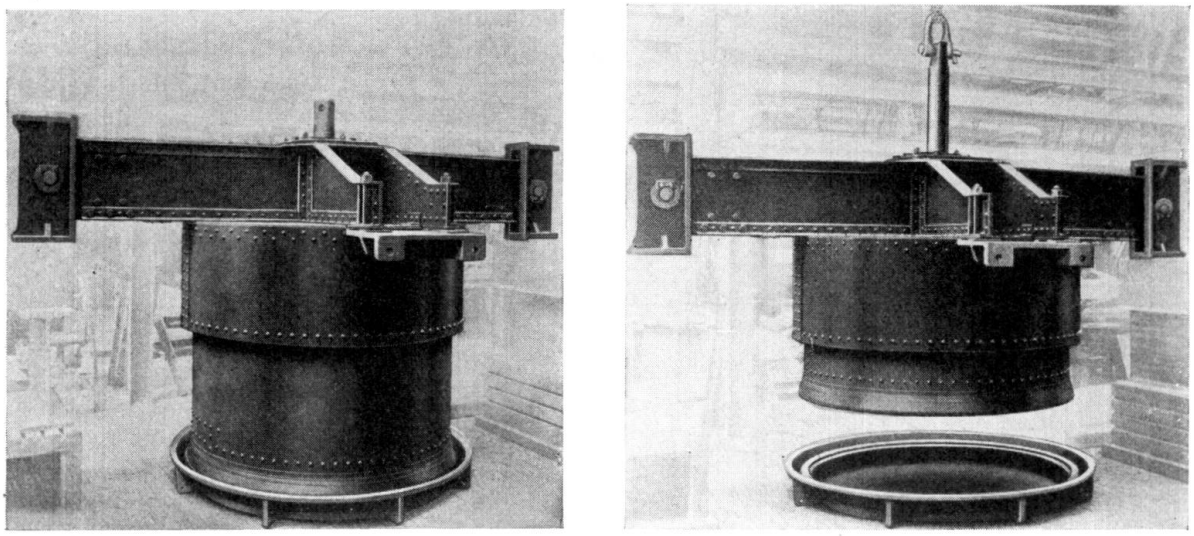
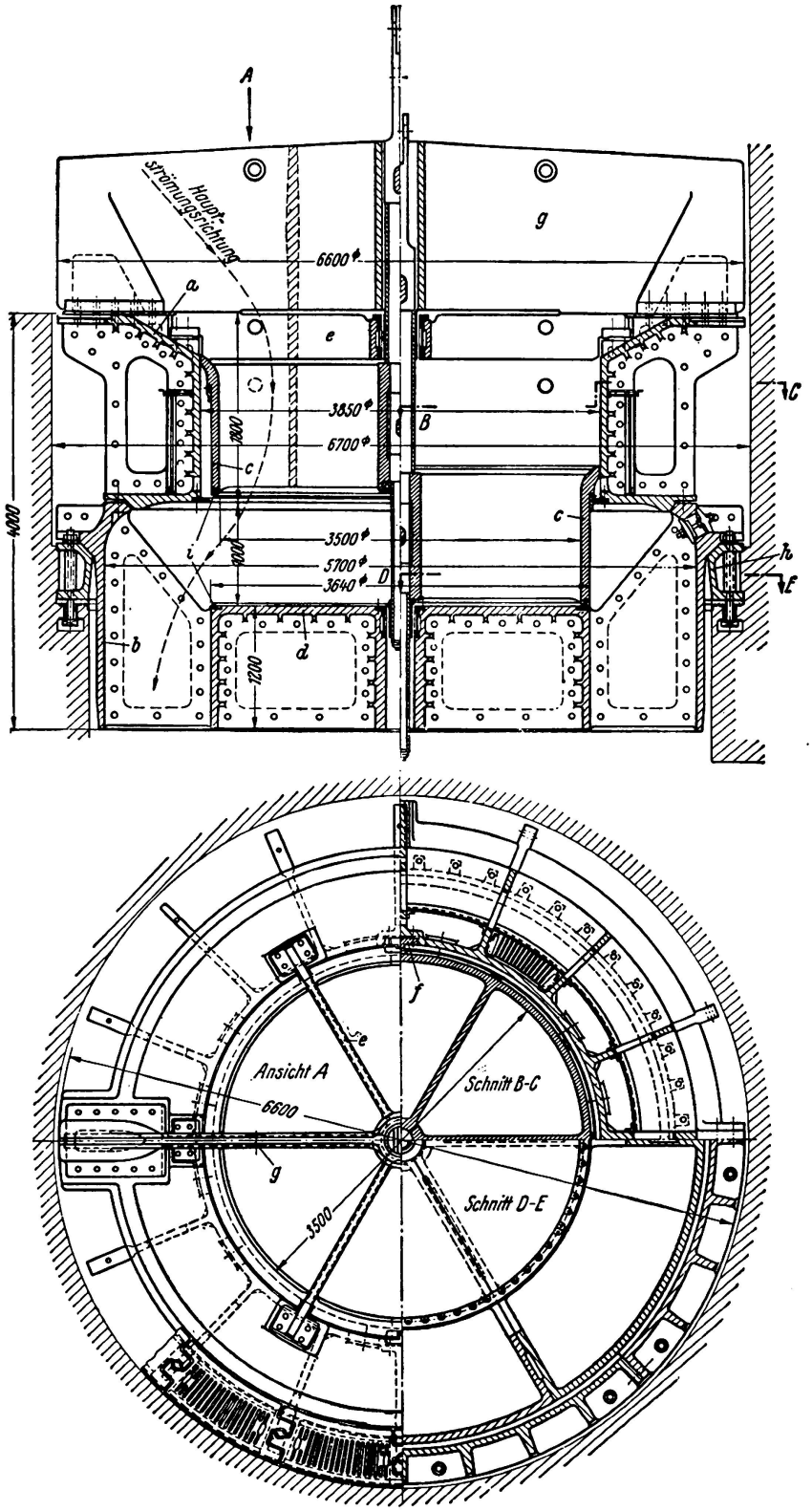


Fig. 1.

Soupape cylindrique en type de construction fermée de la maison Fried. Krupp Grusonwerk A.-G., Magdeburg-Buckau, (patenté).

de cloche fermée à sa partie supérieure et qui est elle-même suspendue à une traverse, à l'intérieur du puits (fig. 1). Cette disposition entièrement fermée permet d'éviter l'entraînement d'air, entraînement qui pourrait provoquer des perturbations ultérieures dans l'écoulement de l'eau (écluse de Fürstenberg).

Un type de vanne particulier et de dimensions d'ailleurs peu communes, à cylindre, en acier coulé a été adopté pour la fermeture des orifices de décharge du barrage de retennue d'Ottmachau (fig. 2 d'après le bulletin VDI n° 31, 1935, p. 858). Ces appareils ont été établis d'après les plans du Conseiller d'Etat Chop-Breslau, par les „Vereinigte Oberschlesische Hüttenwerke, Donnersmarckhütte, Hindenburg O.S.". Ces vannes, qui sont au nombre de six, doivent assurer un débit collectif de 500 m^3/s sous une hauteur d'eau de 12,5 m. Le trajet particulier imposé aux filets d'eau est prévu pour amortir dans une large mesure l'énergie du courant d'eau, évitant ainsi tout risque de cavitation. Des essais très poussés sur modèles ont été effectués avant la construction; ils ont été confirmés par les résultats actuels de l'exploitation. Ces appareils peuvent également être utilisés avec succès, dans leurs positions intermédiaires entre la pleine ouverture et la fermeture complète, pour le réglage précis des conditions



a entonnoir d'entrée de la partie supérieure du carter

b Sortie de la partie inférieure du carter

c tiroir rond

d plancher

e étoile de guidage

f guidage du chariot

g diviseur d'eau

h anneau d'assise de la soupape du tiroir rond

i anneau métallique d'étanchéité avec application de caoutchouc

Fig. 2.

Soupape cylindrique de la décharge de fond du barrage d'Ottmachau (Hte Silésie).
(En plan la soupape est dessinée ouverte à gauche et fermée à droite.)
Constructeur: Vereinigte Oberschlesische Hüttenwerke, Werk Donnersmarckhütte à Hindenburg, O.-S.

de service. La figure 3 donne une idée de l'importance de ces vannes; leur construction n'a pas été sans poser des problèmes particulièrement délicats, tant pour la coulée que pour l'usinage.

Les vannes *Larner-Johnson* sont particulièrement indiquées lorsque l'obturation ne doit pas se faire verticalement, mais bien horizontalement. Ce sont des vannes annulaires, à axe horizontal; elles peuvent être réalisées de manière à exercer l'obturation soit dans une direction soit dans l'autre. Elles permettent d'utiliser dans une large mesure la pression de l'eau elle-même pour assurer une décharge des organes mobiles des vannes, de telle sorte que les efforts à mettre

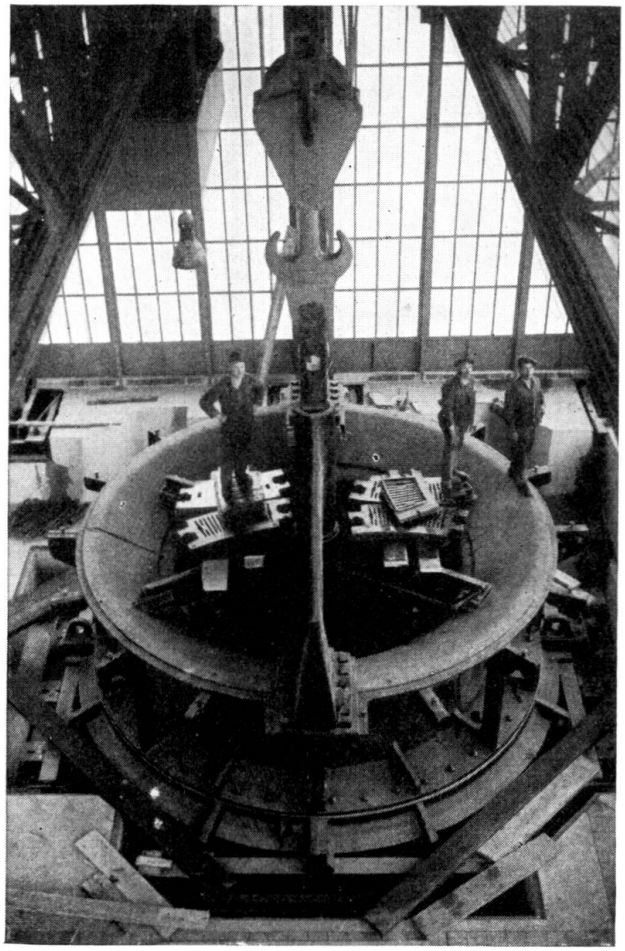


Fig. 3.

Une soupape cylindrique suivant la fig. 2 lors de la mise en place dans le puits de la soupape.

en jeu pour l'ouverture et la fermeture des vannes sont reduits. On peut même prévoir la fermeture automatique de la vanne sous l'effet de la pression de l'eau. La „Maschinenfabrik Gebr. Ardelt-Eberswalde" a construit des vannes annulaires fonctionnant dans les deux sens et qui sont utilisées comme vannes d'équilibrage entre les deux écluses de l'installation jumélée de Fürstenberg. Les Krupp-Grusonwerke de Magdebourg construisent des vannes de décharge suivant la disposition *Larner-Johnson*, dans lesquelles la hauteur d'eau elle-même est utilisée pour assurer l'ouverture et la fermeture de la vanne (fig. 4 d'après le Bulletin VDI n° 22, de 1934). Il suffit seulement d'actionner la petite soupape à aiguille i, ou valve-pilote, par l'intervention d'une commande de faible puissance, pour pouvoir faire intervenir en vue de la fermeture ou de l'ouverture,

la pression d'eau qui règne dans les chambres a, b, d. De telles vannes ont été montées par exemple sur les barrages de Sösetal et d'Odertal dans le Hartz, le débit maximum correspondant atteignant 30 m³ à la seconde, sous une hauteur d'eau de 55 m, avec diamètre libre de passage de 1,27 m.

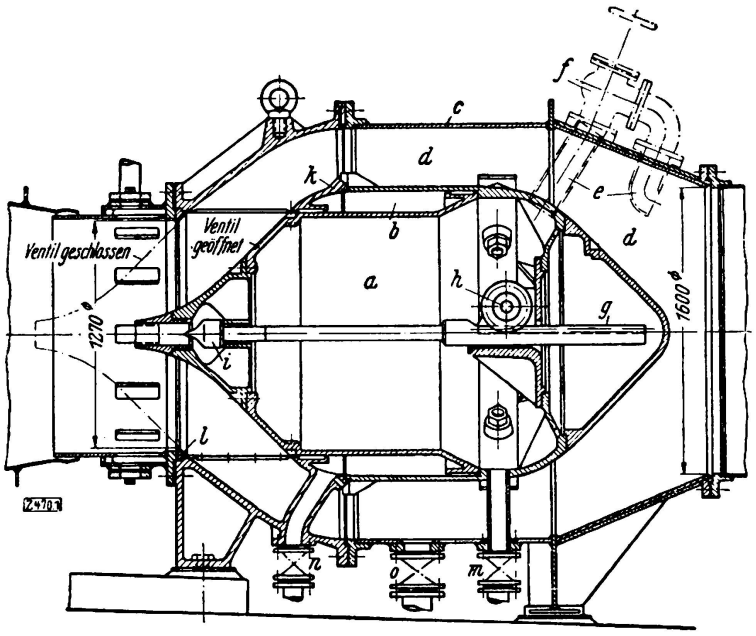
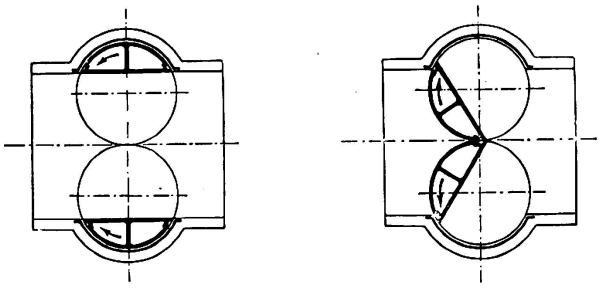


Fig. 4.

Soupape de la décharge de fond d'après Larner-Johnson dans le mode de construction de la maison Krupp-Grusonwerk-Magdeburg.

Les *vannes à cylindres* peuvent, de même que les vannes *Larner-Johnson,* être utilisées pour l'obturation sur conduites horizontales; leur mode de fonctionnement est représenté sur la figure 5. A la position d'ouverture, la vanne libère entièrement la section de passage et s'adapte parfaitement à la courbure de la paroi de la conduite; à la position de fermeture, elle joue en quelque sorte le rôle d'une porte busquée contre le passage de l'eau, mais elle peut cependant



Soupape ouverte Soupape fermée

Fig. 5.

Soupape cylindrique, contour général

empêcher le passage de l'eau dans les deux directions. Les positions extrêmes sont parfaites; dans les positions intermédiaires, il se forme toutefois des cavités qui donnent naissance à des coups d'eau assez durs (écluse de Fürstenberg).

Il n'est donc pas à conseiller de laisser ces vannes pendant trop longtemps en position intermédiaire.

Les *vannes coulissantes* comptent parmi les plus anciens dispositifs de fermeture utilisés sur les écluses, les barrages, les digues, etc. Elles sont en général d'une conception simple et économique; leur étanchéité est suffisante; toutefois, lorsque leurs dimensions ou lorsque les pressions d'eau sont trop élevées, leur déplacement nécessite des efforts considérables.

Les *vannettes à rouleaux* occupent ici une position particulière; le guidage et l'étanchéité doivent être considérés séparément; le guidage est assuré par des rouleaux porteurs se déplaçant sur des voies de roulement; l'étanchéité est obtenue à l'aide de dispositifs spéciaux. Dans la plupart des cas, l'étanchéité est assurée à la partie inférieure — en cas de besoin également à la partie supérieure — par portage du panneau proprement dit de la vanne sur des nervures d'étanchéité qui peuvent être constituées soit par du bois, soit par de l'acier ou un autre métal convenablement façonné. Pour assurer l'étanchéité supérieure, on a généralement recours à un matériau plus ou moins élastique (par exemple caoutchouc ou bandes de feutre), car on ne peut pas obtenir une étanchéité quelque peu durable dans deux plans différents simultanés en utilisant

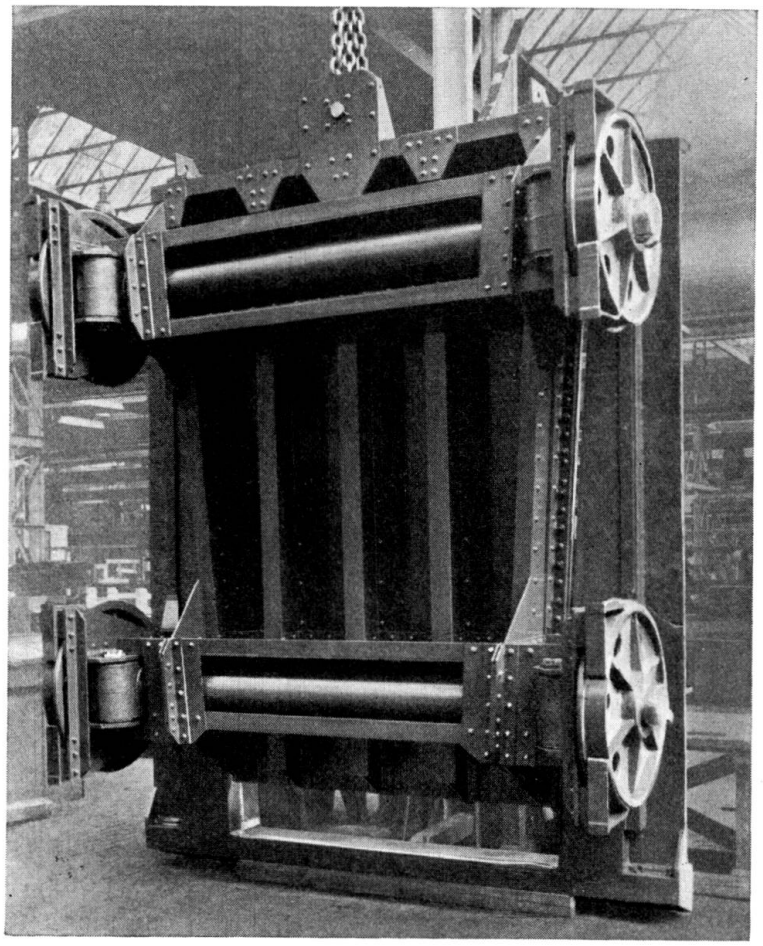


Fig. 6.

Ecluse de puits double Fürstenberg a. O., tête inférieure, écluse-cale roulante de la maison Krupp-Grusonwerk.

à cet effet des surfaces dures. L'étanchéité est obtenue latéralement à l'aide de garnitures à ressorts, faisant intervenir la pression de l'eau elle-même. Les garnitures d'étanchéité latérale sont fréquemment disposées en forme de coins, afin d'obtenir une étanchéité particulièrement bonne dans les positions extrêmes. On évite le blocage des garnitures d'étanchéité à coins en conférant aux éléments de ces garnitures une certaine souplesse élastique. Les vannettes à rouleaux à coins sont construites actuellement jusqu'à des dimensions très importantes; elles présentent le grand avantage d'une bonne accessibilité et d'une possibilité de démontage complet en cas de nécessité. La figure 6 représente une grande vanne à coin de la Krupp-Grusonwerk (écluse de Fürstenberg, écluse d'aval, section de passage 7,2 m², hauteur d'eau 15,8 m).

Ce sont les *écluses* qui offrent les plus fréquentes et les plus intéressantes occasions d'employer les fermetures et dispositifs d'obturation les plus divers. Initialement, on adoptait presque exclusivement le dispositif de la *porte busquée* pour assurer la fermeture des chambres; il est difficile de trouver en effet des

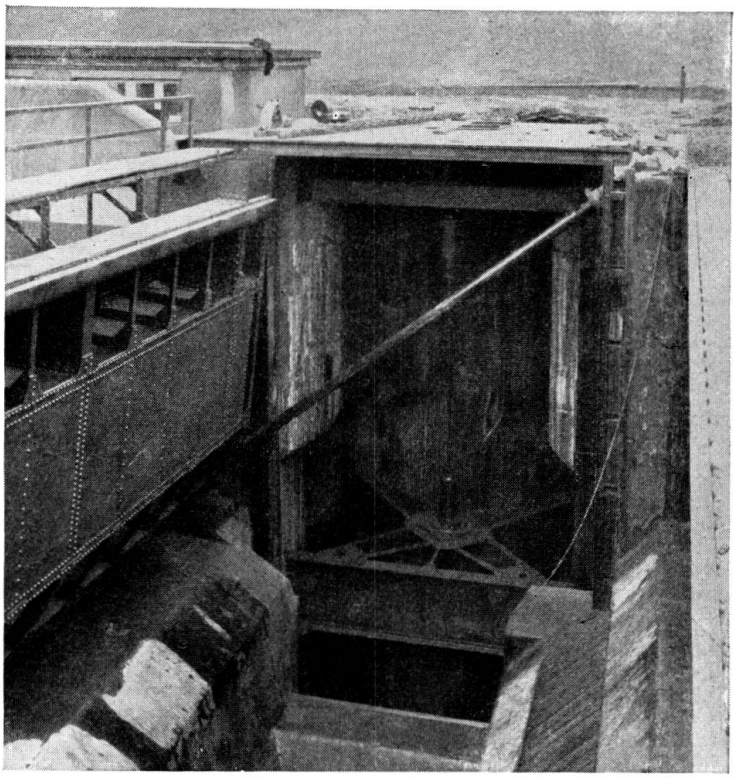


Fig. 7.

Ecluse de puits double Fürstenberg a. O., tête inférieure, porte à clapet et soupape en cloche cylindrique de la maison Krupp-Grusonwerk.

dispositions plus simples et assurant à l'exploitation une plus grande sécurité: c'est pourquoi on les adopte encore actuellement même pour de très grandes dimensions; elles constituent la disposition la plus généralement adoptée pour les écluses de navigation fluviale; leur sécurité n'est toutefois effective que lorsque les têtes elles-mêmes ne sont exposées à aucun mouvement; elles deviennent peu pratiques lorsque la pression est trop forte ou lorsque le rapport entre

les deux dimensions des vantaux des portes est trop défavorable. Dans les régions à fortes dénivellations, on est en général obligé d'éviter l'emploi des portes busquées (voir Portes levantes). Une certaine incommodité des portes busquées réside dans ce fait que chacun des deux vantaux nécessite une commande particulière et qu'il est par suite nécessaire de prévoir des organes de commande de chaque côté de la porte. Les *portes abattantes* permettent d'éviter cet inconvénient; elles peuvent en effet être commandées d'un seul côté, si elles sont suffisamment rigides et si les hauteurs d'eau sous lesquelles sont appelées à fonctionner ne sont pas trop élevées. Leur poids peut être compensé dans une large mesure par la poussée verticale de l'eau. Sur les têtes d'amont des écluses dont le busc est situé à un niveau assez élevé, les portes à abattant peuvent être utilisées dans des conditions très intéressantes (voir fig. 7, la porte abattante de l'écluse de Fürstenberg, tête supérieure; au fond, une vanne cylindrique; ces deux organes ont été construits par Krupp-Grusonwerk, Magdeburg). Sur cette figure, on remarquera également que l'appui inférieur de la porte, par ailleurs difficilement accessible, s'appuie lui-même sur une barre travaillant élastiquement à la compression, de telle sorte que l'appui inférieur peut être débarrassé des corps étrangers, par blocage dans une position intermédiaire; cet appui est également monté sur éléments de suspension verticaux de telle sorte qu'il est possible de dégager complètement la porte de l'eau pour vérifier l'état de l'appui inférieur.

Dans certaines régions dénivelées de l'Allemagne, on donne actuellement la préférence aux *portes levantes* sur les autres dispositions, car ces portes permettent de suivre même de forte décalages des têtes; c'est ainsi que les écluses du canal de Wesel—Datteln ont été équipées avec portes levantes. L'adoption de ces portes est également indiquée pour l'équipement des élévateurs pour bateaux (Henrichenburg, Niederfinow), des têtes aval des écluses à puits et d'une manière générale partout où l'on dispose d'une hauteur de levage suffisante et où les montants de levage ne sont pas susceptibles de gêner. Les portes levantes présentent le grand avantage d'une excellente accessibilité pour toutes les pièces normalement immergées, mais elles offrent par contre l'inconvénient d'être très coûteuses; ce sont les plus chères de toutes les fermetures d'écluses. La figure 8 représente l'une des plus récentes porte d'écluse à levage, installée à l'écluse Herbrum, sur le canal Dortmund—Ems, en 1934.

Les portes levantes ne sont d'ailleurs pas autre chose, dans une certaine mesure, que de grandes vannes à rouleaux. C'est pourquoi on a été amené à envisager l'emploi de la porte elle-même comme vanne, ceci supposant toutefois que l'on pouvait prévoir une certaine décharge de la hauteur d'eau sur la porte. La question se posait alors de savoir si l'on devait prévoir des dérivations ou non. L'augmentation des longueurs des chambres et des hauteurs d'eau avait forcément amené à cette conclusion qu'il ne fallait plus compter sur les petites vannes de décharge montées sur les portes d'écluses elles-mêmes; ces vannettes apportent en effet de trop fortes perturbations à l'assiette des bateaux à écluser lorsque l'on les utilise pour assurer le passage par la porte elle-même des quantités d'eau nécessaires à l'éclusage dans des conditions économiques. On adopta donc les dérivations, que l'on considéra comme constituant une disposition indispensable à l'aménagement des écluses de grande

longueur et de grande profondeur et en particulier des écluses de remorquage, quoique cette disposition, nécessitant des fermetures spéciales et imposant des solutions de constinuité aux parois des ouvrages, fût loin d'être simple et très appréciée. L'affaiblissement des têtes et des parois des chambres était d'ailleurs particulièrement inopportun dans les régions accidentées. Des essais très poussés effectués sur modèles, montrèrent d'ailleurs que l'on pouvait fort bien se dispenser de prévoir des dérivations en prenant toutes dispositions pour assurer

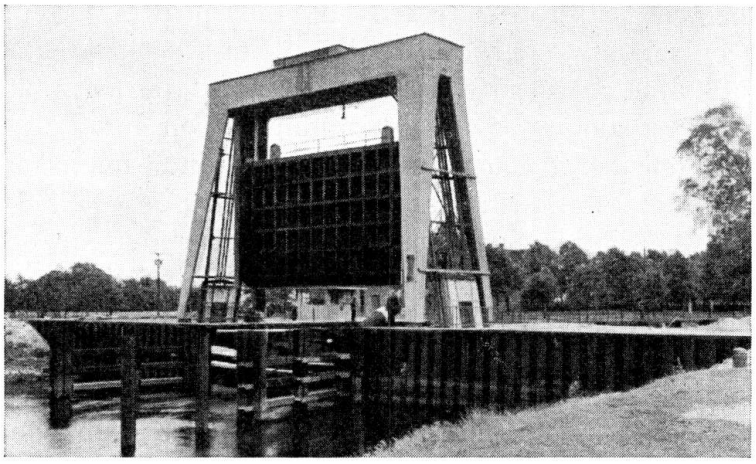


Fig. 8.

Ecluse Herbrum dans le canal Dortmund-Ems, porte levante avec traction par crémaillère articulée, exécution de M. A. N.

les mouvements d'eau dans de bonnes conditions, ainsi qu'en prévoyant un freinage approprié.

Il est certain que l'on ne peut pas soulever les lourdes portes levantes sous la pression de leur charge d'eau, pas plus que l'on ne peut manoeuvrer les portes busquées; on prévoit donc des vannes montées sur les portes elles-mêmes (revenant ainsi dans une certaine mesure aux conceptions des temps anciens) et on effectue les mouvements d'eau à travers les portes elles-mêmes, en veillant toutefois à ce que les courants d'eau ainsi mis en jeu ne viennent pas passer contre les bateaux; on s'arrange au contraire pour que l'énergie de l'eau soit absorbée par de multiples pertes de charge, de telle sorte qu'elle ne puisse exercer aucune influence défavorable sur les coques des bateaux; on prévoit en arrière de la porte une pente dont le point le plus élevé se trouve immédiatement derrière cette porte, de telle sorte que les péniches qui se trouvent à l'intérieur de la chambre ne soient soumises qu'à un courant d'importance réduite et s'écoulant toujours dans la même direction. Les orifices que l'on ménage dans les portes elles-mêmes sont constituées par des vannes à segments spécialement prévues pour pouvoir être manoeuvrées avec facilité et pour donner naissance à des courants d'eau d'action favorable. Sur l'écluse „Hirschhorn" que représente la figure 9, on a ainsi prévu une disposition générale sans dérivation; la porte busquée comporte une vanne à segments (Krupp-Grusonwerk, Magdeburg). L'appareil de freinage est très fortement armé; il représente d'ailleurs lui aussi un exemple très intéressant de l'emploi de l'acier dans l'aménagement des installations hydrauliques. Il semble en définitive que le type d'écluse sans

dérivation soit appelé à devenir la règle générale dans l'avenir, les expériences qui ont été effectuées sur cette base étant jusqu'à maintenant favorables.

Dans le cas des écluses marines de très grandes dimensions et en particulier pour les écluses de marée, dans lesquelles les portes doivent pouvoir assurer une bonne étanchéité dans les deux sens, on n'emploie généralement plus les portes busquées, mais plutôt les *portes coulissantes* qui sont d'ailleurs également

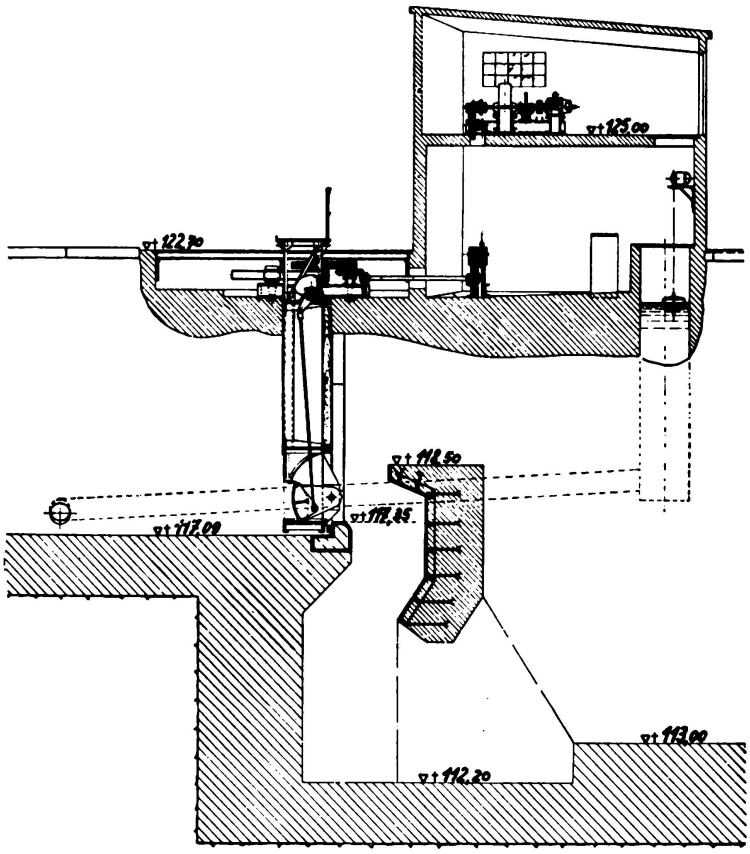


Fig. 9.

Ecluse Hirschhorn dans le Canal du Neckar, tête supérieure, porte busquée à segment, aucune dérivation, réduction de l'énergie de l'eau par une chambre de freinage.

très peu sensibles aux chocs des vagues. Dans les grandes écluse modernes, les portes coulissantes se déplacent sur chariots; l'extrémité antérieure sur un chariot inférieur dont elle peut être d'ailleurs dégagée par soulèvement et l'extrémité postérieure sur un chariot supérieur (voir fig. 10, porte coulissante du port de Brême construite par Klönne, avec chariots et commandes fournies par la M. A. N., chambre de 372 m de longeur et de 50 m de largeur). A côté des portes coulissantes, il faut mentionner également les portes *équilibrées à flotteurs* qui sont particulièrement employées pour l'équipement des formes de radoub. Ces portes sont équilibrées par des caissons flotteurs logés dans des niches latérales et susceptibles de descendre jusqu'au seuil lui-même. Ces dispositifs constituent en quelque sorte une transition entre la construction hydraulique et la construction navale.

Le remplissage d'une chambre d'écluse sans dérivation se fait actuellement aussi par déversement au-dessus d'une porte plongeante (porte amont de l'écluse

de Sersno, Haute-Silésie en cours de construction par les Oberschlesischen Hüttenwerke, Usines de Donnersmarckhütte, Hindenburg O. S.). La disposition qui convient le mieux à cet effet est la porte à segments qui se tourne contre les eaux d'amont, sous l'influence de la pression déjà exercée par l'eau au seuil. Pour éviter tout glissement inutile en charge, on sépare ici le mouvement de montée et de descente du mouvement d'appui d'étanchéité et on ne s'occupe de réaliser l'étanchéité que lorsque la porte a atteint sa position de repos. Les conditions dans lesquelles s'effectue le déversement ont fait l'objet d'études experimentales suffisamment poussées; l'expérience pratique montrera quels résultats peut donner ce dispositif.

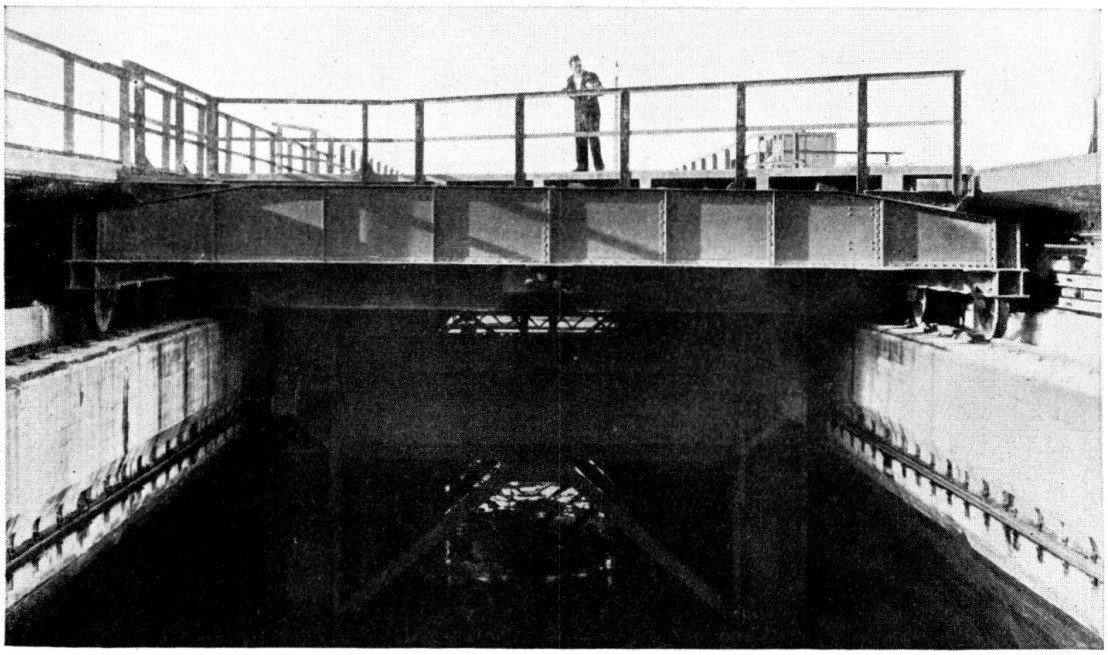


Fig. 10.

Bremerhaven, grosse porte à glissière, chariot supérieur, exécuté par M. A. N.

Les portes de sécurité sont, à grande échelle, ce que les portes ordinaires d'écluse sont elles-mêmes à petite échelle. Ces portes sont destinées à empêcher les sections de canal situées à un niveau supérieur de se vider en cas de rupture d'une digue ou autre accident du même ordre; elles se rapprochent d'ailleurs des dispositifs de retenue des ascenseurs pour bateaux. On y utilise généralement des portes levantes de grande largeur susceptibles ainsi d'opérer la retenue ou de libérer l'eau sur toute la largeur du canal en même temps; ces portes doivent pouvoir être manoeuvrées à la descente, à tout moment, dans un temps assez court; elles sont souvent même commandées à distance à partir d'un poste d'observation; la manoeuvre de levage peut par contre être effectuée dans un temps plus long. La porte levante de sécurité construite par la M. A. N. à Duisburg—Meiderich constitue l'une des plus récentes réalisations dans ce domaine; elle est prévue pour une hauteur de levage de 11,5 m, sous une force de 100 tonnes (fig. 11).

Dans la mesure où ils sont mobiles, les *barrages* sont destinés non seulement à maintenir le niveau de l'eau à une hauteur déterminée, mais même à le régler

suivant les besoins. L'ancien type du barrage à aiguille, qui est d'ailleurs encore employé actuellement, ne satisfait qu'assez mal à cette exigence et son exploitation n'est pas sans comporter un risque non négligeable. Les traverses d'appui des aiguilles et les piles des barrages constituent une application déjà intéressante de l'acier en construction hydraulique, dans les temps passés. Les barrages modernes sont presqu'exclusivement des ouvrages de construction métallique, à l'exception naturellement de la partie qui relève essentiellement de la maçonnerie ou du béton.

Les barrages à vannes pour lesquels au début on utilisait largement le bois tout en le montant évidemment sur charpente métallique, tendent de plus

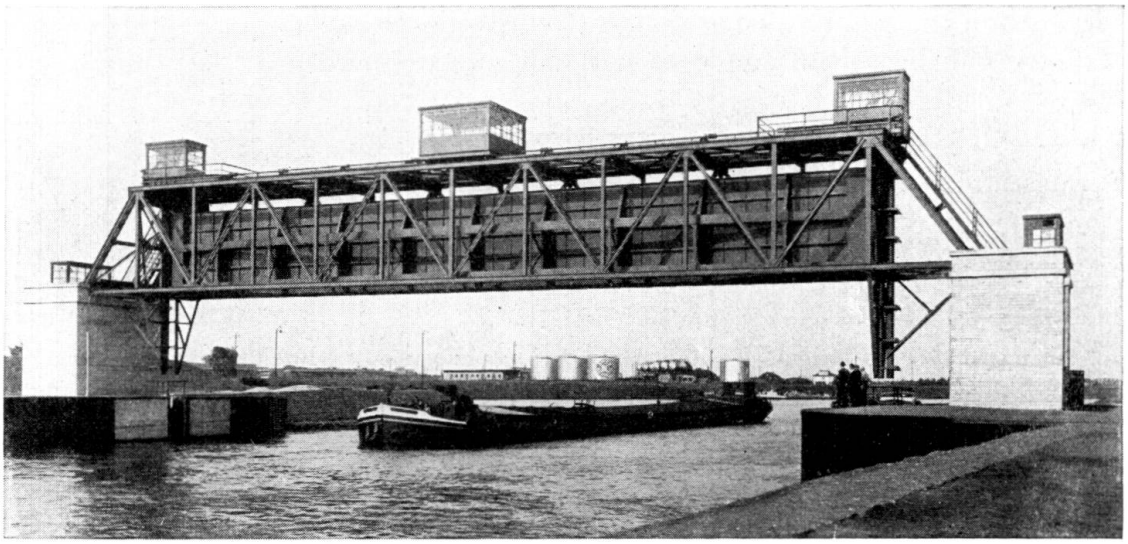


Fig. 11.

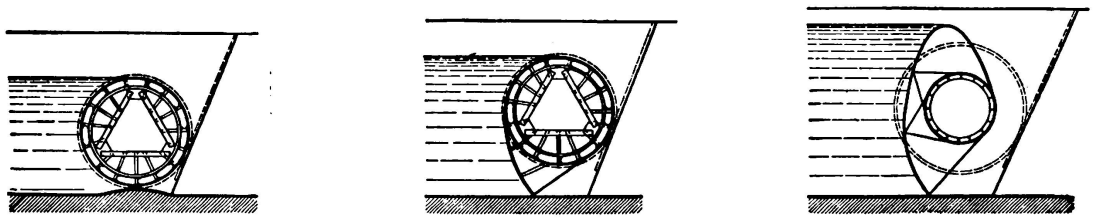
Duisburg-Meiderich, porte levante de sécurité, construite en 1935 par M. A. N.

en plus à rentrer dans le cadre de la construction métallique. Les portées possibles croissent parallèlement; on atteint actuellement jusqu'à 40 mètres, avec des hauteurs de retenue allant jusqu'à 12,50 mètres. Les réglages se faisaient dans la plupart des cas, auparavant, par levage de l'arête inférieure des vannes, pour les petits barrages de faible hauteur de retenue; on a toutefois été rapidement amené à régler par abaissement de l'arête supérieure, procédé plus avantageux; les vannes sont alors divisées en deux panneaux pour le moins, le panneau supérieur de faible hauteur se déplaçant derrière (dans le sens de l'écoulement des eaux) le panneau inférieur en tôle renforcé à la partie supérieure. La M. A. N. a mis au point à ce sujet des dispositons qui ont été particulièrement bien accueillies et qui comportent une voie de roulement commune pour les panneaux supérieurs et inférieurs. En cas de besoin, le panneau supérieur peut être réglé à une hauteur telle qu'il permette ainsi le passage en déversoir de fortes quantités d'eau. En montant sur le panneau inférieur, à la place d'un panneau supérieur, un abattant mobile, on réalise des vannes à volets, dans lesquelles on peut prévoir une commande commune assurant tout d'abord le rabattement de l'abattant puis le levage de l'ensemble de la vanne.

On a construit également des barrages fonctionnant sur le principe du clapet,

de même que les portes abattantes pour la fermeture des écluses, les volets étant orientés convenablement de manière à descendre avec la pression de l'eau et à remonter contre cette pression. Pour pouvoir prévoir une commande unique unilatérale, il fallait donner au dispositif mobile une rigidité convenable et le monter sur un axe également suffisamment rigide. On a été ainsi amené à adopter plus récemment la forme dite «en ventre de poisson» pour l'abattant lui-même; c'est la disposition adoptée par la M.A.N. pour les barrages de décharge des bassins d'égalisation du grand barrage de Bleiloch.

Dans cette disposition des barrages avec volets abattants, les volets sont montés à articulation sur le seuil et fonctionnent uniquement en déversoir. Si l'on veut pouvoir enlever les matières qui s'amassent devant le barrage, il faut le lever entièrement. La disposition ci-dessus telle qu'elle est présentée, ne peut donc être judicieusement employée que dans des cas nettement déterminés.



Rouleau purement cylindrique pour une hauteur d'accumulation relativement faible par rapport à la portée.

Rouleau avec bec pour une hauteur d'accumulation relativement grande par rapport à la portée.

Rouleau avec bouclier pour une hauteur d'accumulation très grande par rapport à la portée.

Fig. 12. Trois formes fondamentales de rouleaux de la M.A.N. pour des barrages à rouleaux.

Le *barrage à cylindre* ou à rouleau présente des possibilités d'emploi multiples et beaucoup plus larges. Il présente une très grande résistance, une grande sécurité; il peut couvrir de grandes portées et, grâce à sa rigidité, être manoeuvré par commande unilatérale, tandis que les barrages à vannes doivent toujours être équipés et manoeuvrés des deux côtés. Les glaçons et les galets ne peuvent exercer sur le barrage à cylindre aucune action défavorable; le fonctionnement en déversoir est déjà bon sans aucun dispositif accessoire. La M.A.N. a contribué depuis plus de trente années à la mise au point de ce système de barrages. Lorsque les conditions locales s'y prêtent, on choisit pour diamètre du cylindre la hauteur de retenue elle-même et l'eau passe en déversoir au-dessus du cylindre. Dans le cas des petites portées mais des grandes hauteurs de retenue, le diamètre ainsi obtenu pour le cylindre serait trop fort; on place donc devant le cylindre de diamètre optimum un bouclier spécial ou bien on prolonge le cylindre à la partie inférieure par un bec (fig. 12, extraite d'une brochure publiée par la M.A.N.). Le bec ou le bouclier doit être monté, en vue de l'étanchéité inférieure du barrage, de telle sorte que lorsque l'on descend le cylindre, il vienne se placer devant lui, sans frottement, mais sans laisser aucun dépôt. Les cylindres eux-mêmes sont manoeuvrés sur chemins de roulement fortement inclinés vers l'avant, généralement à l'aide de chaînes articulées; des crémaillères montées sur les voies de roulement sont prévues pour assurer un déplacement uniforme des cylindres de chaque côté. Il est particulièrement

à remarquer que parmi tous les types de barrages, ce sont les barrages à cylindre qui se montrent les plus insensibles à l'action du gel. En Allemagne, on n'a pas eu besoin jusqu'à maintenant de chauffer les barrages à cylindres pour les protéger contre le gel; cette disposition n'est nécessaire que dans les pays du Nord.

On peut également équiper les barrages à cylindres, comme les barrages à vannes, avec volets abattants (en ventre de poisson) lorsque des cas particuliers tels que l'enlèvement des glaçons au-dessus des cylindres rendent cette disposition nécessaire. Ces volets sont dans la plupart des cas commandés par le treuil principal destiné à la manoeuvre du cylindre. Dans les grandes installations, on prévoit généralement une ouverture avec cylindre muni de volet abattant entre deux ouvertures avec cylindres ordinaires (on adopte également parfois une disposition avec cylindre plongeant).

L'acier est également utilisé pour la construction de nombreux autres appareils employés pour l'exploitation des installations hydrauliques mobiles, citons en particulier les dragues, les remorqueurs, les pontons, etc. Nous ne pourrions toutefois pas nous étendre plus longuement sur ces installations sans sortir du cadre de cet exposé. Nous ne pouvons pas non plus aborder ici l'étude des *canalisations* utilisées dans les installations de refoulement, de nettoyage, dans les centrales hydrauliques, car des canalisations ne peuvent pas être considérées comme constituant des ouvrages mobiles.

Par contre, nous dirons encore quelques mots au sujet des organes de commande des ouvrages hydrauliques mobiles. Tout ouvrage mobile doit en effet comporter une commande susceptible d'assurer l'exécution des mouvements nécessaires quelles que soient les résistances extérieures. Dans la plupart des cas, la force humaine n'est plus maintenant suffisante pour exécuter les opérations de levage on de déplacement des organes mobiles. Dans la grande majorité, on peut et on doit même faire intervenir le courant électrique, dont on peut d'ailleurs maintenant disposer en tout endroit. Pour les applications que l'on envisage ici, il ne semble pas qu'il y ait à marquer une préférence très nette entre le courant continu et le courant alternatif; toutefois, pour les grosses installations, comportant de fortes masses à manoeuvrer, il y a lieu d'adopter de préférence le courant continu avec couplage Léonard. Les grandes firmes de constructions électriques ont également mis au point des dispositifs qui permettent de réaliser électriquement un fonctionnement régulier des commandes à des endroits divers lorsque des difficultés particulières pouvaient empêcher d'obtenir ce résultat à l'aide de transmissions mécaniques.

Les organes constituant les commandes sont presqu'exclusivement métalliques, c'est-à-dire en acier laminé, en acier coulé et en fonte. Toutes les pièces portantes principales, telles que profilés, câbles, chaînes, etc., sont en acier. Il est donc bien exact de parler ici aussi d'un emploi de l'acier en construction hydraulique. Les crémaillères articulées mises au point par la M. A. N. représentent une nouveauté extrêmement intéressante en matière d'organes de commande, car elles réunissent les avantages des chaînes *Galle* à ceux des crémaillères rigides; elles peuvent supporter aussi bien des efforts de traction que des efforts de compression et présentent de plus l'avantage de réaliser une déviation sans frottement sur les pignons de commande. Elles peuvent être employées avec succès

mêmes sur les commandes les plus importantes et les plus fortement chargées, telles que les commandes des portes coulissantes de l'écluse du port de Brême.

Phénomènes particuliers.

Par suite de la haute résistance mécanique de l'acier, qui s'allie à une remarquable élasticité, les ouvrages en construction métallique sont susceptibles d'oscillations et, comme tels, possèdent une fréquence propre. Si ces ouvrages sont soumis à des chocs se produisant régulièrement et à une cadence déterminée, ils peuvent entrer eux aussi en oscillation; il peut y avoir là un phénomène très dangereux lorsque les chocs qui provoquent la mise en oscillation coïncident avec les oscillations propres de l'ouvrage (résonance); le balancement peut en effet atteindre une amplitude telle qu'au bout d'un certain temps, il se produise une rupture par fatigue; si la partie d'ouvrage qui oscille ainsi est en fait composée de pièces assez différentes pour accuser chacune un mouvement d'oscillation propre, il peut se manifester dans les assemblages de ces pièces des efforts considérables, souvent bien supérieurs à ceux que mettent en jeu des charges non oscillantes (boulons, rivets, couvre-joints). Sont particulièrement exposés les éléments d'assemblage qui doivent supporter, au cours des déformations qui résultent de ces oscillations, des allongements relativement importants et pour lesquels ils ne sont pas prévus. On peut citer des cas, dans lesquels des boulons longs et de faibles diamètres ont pu tenir, tandis que des boulons courts et de forts diamètres se sont rompus au bout de peu de temps.

Les vannes de grande portée des barrages sont exposées par exemple à ces phénomènes d'oscillation. Elles sont en effet soumises d'une part à la charge que représente la pression de l'eau et d'autre part aux oscillations que provoque le mouvement de passage de l'eau, dans des conditions à peu près analogues à celles dans lesquelles se trouve la table du violon sous l'action de l'archet qui se déplace transversalement au-dessus d'elle. C'est ainsi que l'on a pu observer des oscillations menaçantes sur les barrages d'Oldau et de Marklendorf; les barrages étant submergés, les volets abattants étaient soumis à des oscillations importantes qui par contre portaient sur tout l'ensemble des ouvrages en cas de passage inférieur; les oscillations atteignaient des amplitudes maxima pour certaines hauteurs d'eau au-dessus des arêtes et pour certaines largeurs d'ouverture de passage inférieur. Ces barrages étaient équipés avec vannes de 15 m de largeur et de 3,70 m de hauteur; ils entraient en oscillation pour des largeurs d'ouverture de passage inférieur comprises entre 10 et 25 cm avec amplitude maximum d'oscillation pour 15 cm d'ouverture; les oscillations cessaient au-dessus de 25 cm de largeur d'ouverture. Les rivets étaient cissaillés et les poutres principales accusaient des fissurations. Des mesures précises ont montré que l'arête de retenue se comportait d'ailleurs différemment de la partie en treillis immergés, ce qui donnait lieu à des efforts tranchants importants. On a réussi à supprimer progressivement les oscillations et les risques qu'elles impliquaient en étudiant particulièrement la forme de la poutre inférieure d'étanchéité (modification du profil mètre par mètre); on a pu ainsi provoquer la dislocation des filets d'eau jusque là réguliers et homogènes qui passaient dans la fente inférieure; ils se sont ainsi trouvés dans l'impossibilité de provoquer une mise en oscillation nette de l'ouvrage. Des essais ont été entrepris sur modèles pour élucider cette question

des oscillations des barrages. Ici s'ouvre aux investigations un champ nouveau, d'une importance extrême et dans lequel il est absolument nécessaire d'aboutir.

Les vannes elles-mêmes, les canalisations, etc. sont également susceptibles, dans certains cas défavorables, d'entrer en oscillation sous l'action des courants d'eau et ces oscillations peuvent avoir une influence considérable sur les matériaux constituant ces organes. Il serait donc extrêmement désirable que tous les pays échangent à ce sujet, les résultats expérimentaux qu'ils possèdent déjà.

De nombreux organes des ouvrages hydrauliques mobiles craignent le froid; les barrages à vannes peuvent geler, les portes levantes peuvent être bloquées sans que le trafic puisse être arrêté. On peut alors faire appel à un moyen coûteux, tant en ce qui concerne l'installation que l'exploitation, mais efficace et qui consiste à chauffer électriquement les parties fragiles (1 kWh ne fournit en effet théoriquement que 860 calories); c'est la solution qui a été adoptée sur le barrage de la Weser à Dörverden et sur l'élévateur pour bateaux de Niederfinow.

Observations particulières.

Parmi les ouvrages mobiles de la construction hydraulique, on peut ranger également les élévateurs pour bateaux dont l'Allemagne a déjà en service les installations de Henrichenburg et de Niederfinow; ce sont là les plus gros ouvrages métalliques d'Allemagne en matière de construction hydraulique; nous

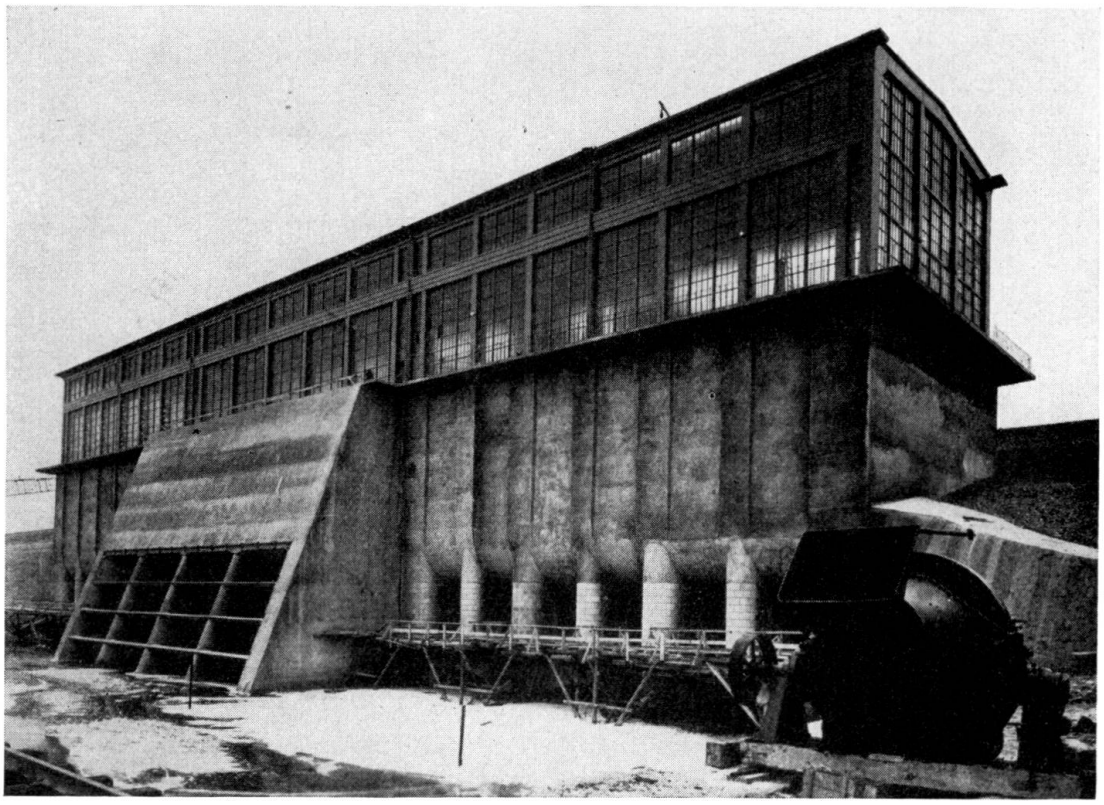


Fig. 13.

La grande halle métallique située au-dessus de la décharge de fond et de l'usine hydro-électrique du barrage de Ottmachau.

n'en aborderons toutefois pas l'étude ici, car l'élévateur de Niederfinow doit en particulier faire l'objet d'un rapport spécial.

Nous signalerons tout particulièrement le hall de service érigé au-dessus de la décharge de fond et de la centrale hydro-électrique du bassin de retenue d'Ottmachau; il s'agit d'un ouvrage à ossature métallique avec larges surfaces vitrées sur toutes les faces, construit par les «Vereinigte Oberschlesische Hüttenwerke A.G.» (fig. 13).

Les installations de pompage et les centrales font également un large emploi de l'acier; nous ne pouvons ici que mentionner le fait sommairement, car ces ouvrages ne peuvent pas rentrer dans le cadre des installations mobiles de la construction hydraulique.

•

Résumé.

L'auteur s'efforce de montrer dans un aperçu d'ensemble aussi condensé que possible, quel large emploi il est fait de l'acier dans les installations hydrauliques mobiles, en faisant appel aux plus récents exemples de réalisations effectuées en Allemagne.