

Zeitschrift: Bulletin de la Société vaudoise des ingénieurs et des architectes
Band: 11 (1885)
Heft: 4

Artikel: Exposé des principaux systèmes de barrages mobiles de rivières
Autor: Gaudard, J.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-12047>

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: 12.01.2026

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

BULLETIN

DE LA SOCIÉTÉ VAUDOISE

DES INGÉNIEURS ET DES ARCHITECTES

PARAISANT 4 FOIS PAR AN

Sommaire : Exposé des principaux systèmes de barrages mobiles de rivières, par J. Gaudard. Seconde partie. (Avec planches.) — Les canaux de cheminée. — Ravins sous-lacustres des fleuves glaciaires, par M. F.-A. Forel. — Règlement pour le bulletin. — Bibliographie.

EXPOSÉ

DES

PRINCIPAUX SYSTÈMES DE BARRAGES MOBILES
DE RIVIÈRES
par G. GAUDARD, ingénieur.
(Suite et fin.)
(Avec planches.)

C'est sur la Haute Seine que ce mode de retenue a pris naissance, dès 1859, lorsqu'il fut décidé de substituer une navigation continue à la navigation intermittente et à tirant d'eau insuffisant que produisaient naguère, entre Auxerre et Paris, les éclusées de l'Yonne. L'office des barrages a été de relever les basses eaux en biefs successifs, non pas tout à fait horizontaux comme dans un canal, mais à très faible pente superficielle et tellement échelonnés, qu'ils assurassent un mouillage minimum de 1^m60, porté ultérieurement à 2 m. en vertu d'une loi de 1878. Le remou soit reflux en amont de chaque barrage assure le tirant d'eau voulu sur le seuil de l'écluse du barrage immédiatement supérieur. En grandes eaux les ouvrages mobiles s'abattent, les chutes disparaissent ; et affranchis des sujétions du sassemement, les bateaux circulent par les passes, au-dessus des hausses dormantes ; enfin (fig. 15, planche XIII) les ouvrages ont pour complément un déversoir à soubassement fixe surélevé et à hausses mobiles, destiné d'une part à la régularisation, automobile ou non, du niveau des retenues lors des petites crues, et d'autre part à épandrer les eaux remontantes pendant qu'on procède à la refermeture des passes. Grâce à cette annexe, il n'y a guère à faire en moyenne, par an, que trois grandes manœuvres d'abatage et de relèvement du barrage entier. De la grande longueur des écluses, capables de recevoir un train de bateaux de 360 m. coupé en deux parties qui s'enfilent côté à côté, il résulte que la chambre des portes d'amont se trouve si bien éloignée de la chute du barrage, que l'accélération de courant provoquée par le déversement ne peut en aucune façon se faire sentir aux bateaux et contrarier leur entrée.

Il était tout indiqué d'uniformiser autant que possible les modèles de hausses, en leur assignant une hauteur constante, 3 m. aux pertuis, 2 m. aux déversoirs ; mais ce qui varie habituellement d'un barrage à l'autre, comme étant fonction de la profondeur du lit, c'est le niveau du busc de l'écluse. Par suite, la chute varie également, car, ainsi qu'on le reconnaît à l'inspec-

tion du profil (fig. 15), sa valeur s'obtient en retranchant le mouillage normal de la hauteur comprise entre le seuil d'écluse et la retenue d'amont.

De la cote du radier de passe dépend la hauteur de crue pour laquelle cette passe deviendra franchissable. La cote du seuil des déversoirs est fixée d'après la hauteur d'obstacle fixe jugée compatible avec la liberté d'écoulement des grandes crues. Les couronnements des maçonneries de piles peuvent être submersibles aux eaux d'inondation qui suspendent la navigabilité. Enfin, les portes d'écluses dominent la plus haute lame déversante dans l'état de passe fermée.

Quand il s'est agi d'augmenter le mouillage, trois des douze passes de Seine, entre Paris et Montereau, avaient ou pouvaient recevoir la profondeur désirée ; pour les autres, on a dû exhausser les retenues en portant à 3^m40 la hauteur des hausses.

Le jeu ou intervalle entre deux hausses contiguës est généralement de 5 cm. ; il pourrait descendre à 3 cm. sans risque d'accrochage sous l'effet des déformations ; mais il le faut suffisant, on l'avait même primitivement adopté de 10 cm., afin de ne pas trop affamer le bief inférieur au moment où l'on procède à la refermeture de la passe. Au surplus, il reste la ressource d'appliquer des planchettes couvrejoints s'il arrivait que les tranches d'eau jaillissant par ces vides vinssent à excéder le débit d'été.

Les hausses sont de solides cadres en bois de 20/27 cm. d'é-quarrissage, revêtus de bordés verticaux. On a fait massives (fig. 18 bis) celles de 4 m. du Port-à-l'Anglais. A la Mulatière (Lyon), M. Pasqueau a construit des volets en tôle, se disant que, partout où le métal est employé judicieusement, il doit être, comparé au bois, plus léger, plus fort, moins déformable et plus durable. Le point soutenu, c'est-à-dire l'articulation au chevalet, doit être au-dessus du centre de pression de l'eau, afin que la hausse s'appuie fermement à son pied contre le seuil et ne bascule pas aux moindres crues. Pris d'abord aux 5/12 de la hauteur depuis le bas, ce point de séparation de la culasse et de la volée s'élève aujourd'hui aux 17/35, donc presque au milieu.

Le chevalet est un cadre en fer forgé, de force à supporter impunément les chocs, et muni de tourillons à ses traverses inférieure et supérieure. Au centre de cette dernière, dans le type ordinaire, vient s'articuler l'arc-boutant ou bâquille, barre en fer rond de 6 à 9 cm. destinée à soutenir la paroi contre la poussée de l'eau. A son pied l'arc-boutant bute sur un heurtoir en fonte scellé au radier ; mais comme il n'est pas normal à la

hausse, il n'est pas seul à la maintenir en équilibre : il faut que le chevalet, à côté de son rôle d'organe de liaison et de guidage, supporte un effort de traction, et qu'en conséquence ses coussinets de retenue soient bien amarrés dans la maçonnerie du radier.

Lorsqu'on dut changer la hauteur des hausses de la Haute Seine, les anciens arc-boutants purent être réutilisés ; leur tête, autrefois recourbée en crosse, a été redressée pour prévenir les efforts obliques ; façonnée en tête de bielle, on l'a rattachée aux nouveaux chevalets (fig. 14), un peu en contre-bas de leur sommet. Cette disposition n'en est pas moins bonne, au contraire : sans accroître beaucoup l'effort d'arrachement sur le chevalet, elle permet à la hausse de se coucher un peu plus bas sur le radier lors de l'abatage ; elle facilite le remplacement d'un arc-boutant, en supposant qu'on soutienne alors le panneau par le chevêtre de sa volée ; enfin, la chute serait évitée en cas de rupture d'un tourillon supérieur.

S'agit-il d'abattre le barrage : il suffit pour cela de faire perdre pied à l'arc-boutant en le chassant de côté, hors de son heurtoir. A cet effet, Chanoine imagina l'emploi d'un longue barre à talons roulant sur des galets de bronze, et munie d'appendices glissant entre des guides sur le radier. En la tirant à l'aide d'engrenages depuis la pile ou culée de l'une des extrémités du pertuis, les talons viennent saisir les arc-boutants. Bien entendu, pour le double objet de ne pas concentrer en un effort unique et insurmontable toute la manœuvre, et de ne pas déchainer d'un coup toute la rivière, les talons ne doivent pas attaquer tous au même instant. Ils sont donc réglés d'espacement de telle sorte que les premières hausses tombent une à une, et les suivantes (une fois que le premier flot a fait baisser la chute) deux à deux ou trois à trois. En trois minutes et même moins, s'abat sans peine une passe de 50 m. : on ne saurait désirer plus.

L'eau d'aval forme coussin pour amortir la chute ; les panneaux de charpente, se superposant aux mécanismes plus délicats, les protègent. Ne fût-elle qu'incomplètement abattue, une hausse n'encourrait guère d'avarie ni pour elle ni pour le bateau qui viendrait à la toucher, et qui, par cela même, en la frôlant, achèverait de la recoucher.

Les heurtoirs d'arc-boutants étant un peu arrondis du côté de l'angle de fuite, il suffit à la rigueur d'un avancement de 8 cm. de la barre à talons pour chasser une hausse ou un groupe de hausses à mouvement collectif. Si de plus la passe est desservie par deux barres n'occupant chacune que la demi-longueur et tirées des extrémités correspondantes, il devient possible de limiter suffisamment l'excursion totale pour qu'un talon donné n'aille pas empiéter sur le domaine de l'autre. Ces barres enfin, pour garder la liberté de leur jeu, doivent être posées en contre-bas des hausses couchées et occasionnellement fléchies par la pression des trombes d'eau.

Pour de hautes retenues il faut compter largement. Malgré l'adoption de contre-talons de garde arrêtant toute velléité de chute inopinée des hausses lorsque la barre est au repos, on porte à 15 cm. le parcours du talon pour un abatage. Si nous avons des béquilles espacées de 1^m50, nous n'en manœuvrerions individuellement que neuf, avec une barre dont les talons seraient à 1^m35 d'espacement, la course totale devant être limitée à ce même chiffre. En admettant des attaques mul-

tiples, obtenues en plaçant certains talons à 1^m50 d'intervalle, on pourra compter au maximum que les neuf étapes abattent 16 hausses, savoir : 4 isolées, 3 paires et 2 groupes de trois. De la sorte, les deux barres, ordinairement disposées de manière que l'une ouvre son département en commençant par l'extrémité et l'autre en partant de la rive, ne sauraient desservir une passe de plus de 50 m. Exposées d'ailleurs à des chocs, soumises à un effort de traction susceptible d'aller à 15 tonnes, les barres doivent être très robustes, avec assemblages clavétés.

Passons aux opérations de relèvement du barrage. Accostant la hausse immergée avec un bateau, du côté d'amont, le barragiste saisit avec un croc la poignée de culasse, qu'il tire jusqu'à ce que le chevalet se redresse et que la bêquille vienne retomber sous son heurtoir, ce qu'elle ne peut manquer de faire : car, après avoir été déjetée latéralement par la barre à talons, elle s'est trouvée ramenée dans l'axe par la joue curviligne de la glissière, et actuellement encore un léger sillon tracé dans la plaque de fonte la guide vers la face rampante du heurtoir.

Durant l'opération, la hausse, soulevée par son pied, se dispose dans le fil de l'eau et se dérobe à la violence du courant ; bien plus, le flot lui-même, tant qu'il n'y a pas de chute notable, devient complice du relevage par la sous-pression qu'il exerce, attendu que le panneau penche un peu vers l'aval et se trouve frappé en dessous. Cependant, à mesure que la passe se referme, l'eau refoulée se précipite avec une fougue croissante, en jets obliques, vers l'issue encore libre ; pour peu que l'opération se prolonge, le travail devient pénible ; la chute s'élève déjà peut-être à 1^m20 ou 1^m30 ; et comme, d'autre part, il est malaisé dans ces conditions de rechercher les poignées sous l'eau, on imagina de munir de chaînes une dizaine de hausses, les dernières à lever et les plus éloignées de l'écluse. Une chaîne d'environ 6 m. part de la culasse, et un bout de 50 cm. du chevêtre de la volée ; chaque chaîne de culasse, ayant été précédemment accrochée à celle de volée de la hausse voisine, sort de l'eau à tour de rôle ; l'homme n'a qu'à la reprendre, l'attacher à la corde du treuil que porte le bateau, puis, le chevalet remis en place, dévier le doucement pour que la hausse elle-même se redresse.

Le bateau, retenu par une amarre à la culée, s'assujettit contre les hausses déjà debout au moyen d'une clef à tête engagée dans la rainure séparatrice. Long de 9 m., construit en chêne, il est armé d'une cornière de bordure contre les flexions que provoque l'effort du treuil ; il porte à son flanc, sur consoles repliables, un plancher de service, et crainte de basculer les hausses, il ne s'y appuie que par un tampon de butée inférieure.

L'inclinaison de la hausse en bascule se trouve limitée par des arrêts aux colliers-tourillons, afin d'empêcher que le courant, frappant à revers, ne s'oppose au redressement. Dans le cas de résistance anormale due au choc de la cataracte par-dessus la volée en bascule, on a la ressource de masquer la veine liquide au moyen d'une planche appuyée un instant à la hausse voisine.

A moins d'incident, des passes de 50 m. ont pu être fermées en une heure ou une heure et demie ; une hausse se lève en une minute et demie à trois minutes.

Par la rapidité de leur manœuvre, les barrages Chanoine

sont propices aux lâchesures. On en profita dans les premiers temps, sous l'impulsion d'anciens errements en vertu desquels, deux fois par semaine, les éclusées de l'Yonne faisaient voguer de Laroche à Paris des flottilles de bateaux et trains de bois ; mais le régime définitif visé par l'établissement des douze barrages mobiles de Paris à Montereau, et des dix-sept sur l'Yonne entre Montereau et Laroche, régime en vigueur dès 1871, a été le service continu, à mouillage profond. Les lâchesures de l'Yonne ne donnaient guère plus d'un mètre d'eau sur les baïssiers, en sorte que les bateaux du canal de Bourgogne devaient rompre charge à Laroche, interruption intolérable sur la grande ligne d'eau Havre-Marseille, sans parler des risques et fatigues encourus. Huit autres barrages sur l'Yonne, entre Laroche et Auxerre, relient encore depuis 1874 le canal du Nivernais. Des vingt-cinq barrages de l'Yonne, trois ont des pertuis à aiguilles avec déversoirs fixes ; les autres ont des passes Chanoine et déversoirs à aiguilles ou à hausses avec passerelles, sauf l'Ile brûlée qui a des vannes Girard. Les avertissements électriques ôtent d'ailleurs toute crainte de surprise pour les manœuvres d'aiguilles, avec un plancher à 25 cm. seulement au-dessus des retenues. Les dix-sept barrages de Laroche à Montereau ont des écluses de 10^m50 sur 96 mètres utiles, passes de 35 m., déversoirs de 50 m. au minimum ¹.

A la longue, l'usage indéfini des lâchesures eût été préjudiciable ; les chocs abusifs, une rupture de chevalet, un caillou engagé, pouvaient à tout moment amener quelque accident ou dilapider la crue artificielle ; et d'ailleurs ces versements consécutifs jettent de la perturbation dans la rivière, l'affament au point de rendre la remonte des bateaux presque impraticable, la rendent enfin torrentielle et provoquent des affouillements.

Ce dernier danger, il est vrai, s'atténue par la présence d'un déversoir élevé et résistant, dont les hausses, disposées à basculer les premières, répandent en face de la passe, avant l'ouverture de celle-ci, un matelas d'eau préservateur.

Pour une navigation continue, la manœuvre des barrages Chanoine n'est, au fait, que trop précipitée ; les ingénieurs ne cessent de recommander aux agents d'y procéder avec lenteur, de manière que le bief d'aval ne soit ni raviné par l'abatage ni affamé par le relèvement.

Dans une rivière canalisée, un mouillage théorique de 1^m70, calculé sous le niveau de la crête des hausses du barrage inférieur, peut être regardé comme l'équivalent d'un fond de 2 m. en canal, attendu, d'abord, que le déversoir supporte une surcharge ou tranche d'eau de 10 ou 15 cm. avant qu'il ne bascule, et qu'ensuite le courant de la rivière tendrait à dégager des bateaux touchant le fond, tandis qu'un canal voit son lit s'exhausser par la vase et les herbes. Une ample largeur, un seuil profond, sous réserve de la dépense, facilitent le passage des bateaux, surtout si l'emploi de lâchesures entre dans les prévisions. Sur la Seine, les radiers sont un peu en contrebas des plus hauts fonds du lit ; ils laissent passer les limons dès que

¹ En Allemagne on paraît s'en tenir pour le moment aux barrages à aiguilles. Déjà usités sur la Saar, la Moselle, la Brahe, on les applique encore sur le Main canalisé à 2^m50 de mouillage, avec chutes modérées ; l'écluse, de 10^m50 sur 80 m. utiles et d'une profondeur d'eau de 3^m50 sur seuil pour admettre les plus grands bateaux du Rhin, est reléguée sur dérivation rive gauche ; une autre dérivation, rive droite, sert au flottage des radeaux. Une échelle ou cascade à poisson est ménagée vers la rive gauche.

le fleuve est rendu à la liberté. Même des rivières à forte pente, comme la Loire à Roanne et à Decise, l'Allier à Vichy, ont pu être barrées sans entrave de la part des sables.

Les massifs de base des barrages réclament une exécution précise, solide, offrant toute garantie d'étanchéité. Si la charge verticale y est moindre que dans un pont, la poussée ou chasse horizontale est plus à craindre. A moins d'être sur le rocher même, le massif s'enveloppe, en amont et en aval, de files de palplanches reliées l'une à l'autre par des tirants en fer, afin que tous les éléments fassent faisceau et ne puissent bouger isolément ; de même que, dans un tunnel en sol fluent, on relie les pieds-droits par un radier. Le béton donne de bons noyaux de fondation pour les appareils en pierre de taille consolidés par des ancrages ; il sert d'autre part à étancher le fond pour permettre l'épuisement dans des enceintes de batardeaux, obtenues en ménageant aux palplanches un excès temporaire de hauteur, en les étrésillonnant et leur adossant un corroi de terre ; des conduits ménagés, qu'on rebouche plus tard, rassemblent les eaux de filtration vers le puisard des pompes.

Dans la reconstruction en 1882 des déversoirs du Coudray et d'Evry fut employé avec succès l'air comprimé. Par le fait des sujétions d'ancrages, des raccordements et de l'arasement final des maçonneries à 2^m20 en contre-bas de l'eau, il fallait compter sur une plus forte dépense que dans une fondation de pont ; mais enfin, à Evry, abstraction faite de la taille des parements, le coût n'a été que de 110 fr. par mètre cube de massif, tandis qu'il se serait élevé à 120 fr. dans le mode ordinaire par batardeaux. On voit par cet exemple que le procédé pneumatique peut l'emporter par l'économie aussi bien que par la sécurité. Il y avait deux caissons de 32^m60 sur 7 m., et d'une hauteur de 7^m43 en y comprenant une hausse-batardeau de 2^m50 à 2^m80 assemblée avec interposition de carton goudronné. Fonçage à 7 m. sous l'eau, dans un sol de sable et marne.

A Coudray, on opéra avec une cloche enveloppant la maçonnerie sans la toucher, et susceptible, soit d'être relevée de proche en proche à l'aide de vérins appuyés sur l'ouvrage fait, soit d'être débarrassée ultérieurement de son toit, une fois le fond étanché, afin d'achever le travail à l'air libre. Cette dernière alternative s'appliqua dans la partie où les sous-pressions par les fissures de la roche n'avaient que peu d'intensité. Certaines sujétions, la nouveauté de l'application ont fait ici monter le coût à près de 150 fr. le mètre cube, en même temps que le travail était plus lent ; mais il est juste de reconnaître qu'un massif exécuté ainsi absolument compact, non scindé par des tôles incorporées, sans bétonnage difficultueux de chambre de travail, est de qualité tout à fait supérieure.

Le déversoir qu'on accolé aux barrages en vue de décharger la majeure partie des crues ordinaires et des courants générants, se trouve garanti des affouillements par sa substruction élevée et par l'arrièradier en forts enrochements tapissant le lit en aval. Les réparations y sont faciles. Certaines constructions économiques comportent des carcasses de pieux et longrines incorporées dans le massif et susceptibles d'un léger tassement, sans compromettre le jeu des mécanismes qu'elles supportent. L'aire est alors pavée, ou bien planchéée en chêne sur bain de mortier.

L'allongement d'un déversoir par tracé oblique à la rivière

n'a d'efficacité bien marquée sur le débit que dans les moments où la vitesse est ralentie, par exemple lorsqu'on referme l'ouverture navigable. On dépasse rarement 25 ou 30 degrés.

Les hausses Chanoine pour déversoir, moins hautes que celles de passe, furent primitivement *automobiles*, c'est-à-dire douées d'un mouvement de bascule spontané autour du chevalet maintenu debout. L'articulation étant placée au tiers, soit au centre normal de poussée, une nappe déversante de 10 ou 15 cm. suffit à vaincre les frottements et incliner le volet (fig. 16), qui dès lors laisse écouler l'eau par-dessus et par-dessous. Le profil du liquide se modifiant et la culasse à contrepoids se soulevant, il se constitue un nouvel état d'équilibre jusqu'à ce qu'un nouvel afflux d'eau provoque un nouveau mouvement.

Mais un défaut capital s'est révélé : la paresse au relèvement. Quand l'eau baisse et que la hausse devrait se redresser, il se trouve que le sens des résistances de frottement est interverti et qu'il se produit un temps perdu, un déchet de spontanéité, en sorte qu'une même inclinaison, un même débit, ne correspondent plus à un même niveau. Telle hausse, après avoir plié sous une lame de 15 cm., refusait de revenir à moins d'un mètre de rabais de la retenue. Ajoutez les effets dynamiques : une fois le panneau versé dans le fil du courant, la longue volée fait girouette et se maintient nonobstant le contrepoids de la culasse. Pour y parer, il devint nécessaire de limiter l'excursion à un angle facultatif, d'autant plus restreint qu'on voulait assurer le retour sous une baisse moins accentuée. Cette limitation d'amplitude s'obtient par une chainette partant d'un goujon au radier et venant, à travers une mortaise de la culasse, se boucler par le maillon choisi au chevêtre de la volée. Lâche d'abord, la chaîne régulatrice finit par se tendre et faire arrêt sous l'angle limite. L'inconvénient est qu'elle restreint la puissance de débit. Un certain nombre de hausses, sensibilisées par un léger abaissement du point d'appui, sont seules rendues ainsi prisonnières ; à elles incombe les oscillations fréquentes ; car sous des crues de force à mettre en jeu le déversoir tout entier, il faut bien qu'intervienne l'éclusier, et l'automobilité n'est plus requise. Elle pourrait même à l'occasion être gênante : par exemple, lorsqu'il s'agit, durant la refermeture de la passe, de tenir le déversoir grand ouvert pour dégonfler les eaux. On paralyse alors la tendance au redressement en décrochant la chaîne et poussant le contrepoids C en C' sur la volée (fig. 16), de façon qu'il maintienne la hausse entièrement basculée sous une inclinaison légèrement plongeante. A cet effet, ce contrepoids, après écartement d'un levier de retenue, a la faculté de couler le long d'une tige et de cornières-guides. La fermeture de passe terminée, le barragiste rabat les culasses du déversoir d'un coup de pied et les contrepoids retombent ; si l'eau est déjà trop haute, il se sert de gaffe, bateau et treuil. Cependant, quelquefois, les caprices du flot abattaient des hausses libres avant les captives. Les laisser toutes libres, c'était exposer le débit du fleuve à des variations soudaines ; les enchaîner toutes eût limité la puissance d'écoulement au point de nécessiter des ouvertures fréquentes de la passe.

Lors des grandes crues d'hiver il convient d'abattre les chevalets eux-mêmes, afin de les soustraire aux joncs qui s'y attachent et au choc des glaces flottantes. La barre à talons fut jugée inapplicable aux déversoirs, faute de matelas d'eau amor-

tissant la chute, et parce qu'il fallait coincer les arcs-boutants que la mobilité du système exposait sans cela aux départs intempestifs. On se tirait d'affaire à l'aide du bateau opérant depuis l'aval, la chute étant presque efficace ; néanmoins, en présence de tant de mécomptes, on en vint à munir les déversoirs de Seine et Yonne de passerelles, elles-mêmes abattables en hautes eaux (fig. 4 et 17, fermette 248 k. en fers en U) ; adjonction faite en 1869-1871 et utile à divers titres : rendant l'accès aussi aisément de nuit que de jour, elle permet de renoncer au relèvement spontané, de poser des couvre-joints quand l'eau se fait rare, et en cas de lâches, de basculer d'abord le déversoir afin de gonfler l'eau d'aval avant l'abatage des grandes hausses. Les fermettes, en nombre égal à celui des hausses, s'entretoisent par les rails du treuil et portent un plancher à 50 cm. au-dessus de la retenue. A l'aide du treuil s'amarrant aux fermettes, et avec les chaînes de volée et culasse, s'exécutent toutes manœuvres pour relever, coucher, basculer les hausses, désormais dépoillées de contrepoids. En accrochant à demeure les deux chaînes à la fermette, de manière à limiter l'oscillation entre certaines limites, l'éclusier parvient d'ailleurs encore à obtenir des mouvements automatiques obéissant assez bien aux variations de niveau.

En manipulant l'inclinaison des hausses, le barragiste pourrait risquer de faire partir l'arc-boutant par l'effet de quelque choc ou irruption violente et d'être lui-même renversé par le contre-coup. Pour parer à ce danger, on a fait emploi d'un treuil différentiel muni de deux tambours dont les rayons sont dans le rapport de volée à culasse ; les deux chaînes, s'y enroulant en sens inverse, simultanément tendues, impriment à la hausse une rotation autour de l'axe idéal du chevalet, alors même que celui-ci ne serait plus soutenu ; et si tel était le cas, on en serait averti par un accroissement de résistance. Pour accomplir cette manœuvre de pivotement, un seul homme à la manivelle suffit ; mais quand il s'agit de relever une hausse couchée de 1 m. de large et 2 m. de haut, en faisant agir seule la chaîne de culasse, il se produit au début une résistance que les pressions dynamiques peuvent éléver à 1600 ou 1800 kg., et deux hommes sont nécessaires.

Revenir à des fermettes Poirée en les associant à des hausses indépendantes, c'est un système complexe né de remaniements. Aussi, dans les barrages qui restaient à construire en amont de Laroche, a-t-on préféré traiter la passerelle, non comme simple adjonction de circonstance, mais comme appui d'un rideau d'aiguilles, bien que, fermé, ce type ne fasse plus, à proprement parler, déversoir ; mais il est rustique, léger à manœuvrer et suffisant pour des rivières n'ayant pas de crues trop subites. Avec des dispositions analogues à celles de la fig. 4 (planche XII), on peut en une heure enlever et porter cent aiguilles au magasin. Dans des barrages modifiés de cette manière, si le déversoir reste un auxiliaire de la passe, celle-ci réciproquement devient l'auxiliaire du déversoir pour retarder, cas échéant, la submersion de la passerelle par l'épanchement des eaux sur la crête des hausses, ou même par l'abatage de quelques-unes de ces dernières.

Une défaveur a donc frappé les hausses automobiles. Peut-être se furent-elles prêtées à des améliorations. M. Lagrené avait proposé de leur appliquer le principe des vannes Chaubart à niveau constant, c'est-à-dire de les faire rouler sur un

guide curviligne, soutenues par des lisières ou par une petite bielle à œil allongé.

Déchue dans la manœuvre des déversoirs, l'automobilité a trouvé une revanche partielle dans l'application de *vannes-papillons* ou petites ventelles tournantes à la volée des grandes hausses de pertuis navigables (fig. 13). Avec un nombre calculé de ces papillons, dont le sommet vient battre sur le chevêtre et qui s'ouvrent d'eux-mêmes lorsque l'eau monte, il est possible de suffire à certains débits avant d'en venir à mettre en bascule le déversoir. Quant à la refermeture, pas n'est besoin qu'elle soit spontanée, bien qu'on puisse la rendre telle en limitant l'ouverture au moyen de chainettes ou de ressorts ; un seul homme, avec croc et batelet, rabat sans peine ces petits volets inventés par M. Krantz et mis en essai en premier lieu par M. Dumont sur la Meuse. L'homme les ouvre aussi à volonté, et c'est encore le plus sûr ; car un papillon, c'est capricieux. On les tient ouverts durant la fermeture de la passe, afin qu'ils contribuent, concurremment avec le déversoir, à ralentir la montée des eaux.

Ce n'est pourtant pas à titre de régulateurs que les papillons ont été d'abord appliqués, mais bien comme une sorte de souppape de sûreté contre les excès de charge susceptibles de faire verser ou vaciller les hausses. La montée des eaux d'aval provoquait ces basculements spontanés ; et l'on en comprend la raison, car, en pratique, ni l'épaisseur de la lame déversante ni la pente des biefs dans de longues canalisations artificielles ne peuvent toujours être maintenues dans d'étroites limites. Tel flot momentané doit pouvoir être dégagé sans ouvrir les passes navigables ni encourir les perturbations concomitantes. Or, si l'on rend le papillon assez sensible pour s'ouvrir sous une lame déversante de 10 à 15 cm., la hausse, soulagée dans sa volée, demeure stabilisée, malgré la montée subséquente des eaux. L'expérience à Coudray a encore révélé l'avantage suivant : les épanchements du déversoir produisaient à l'aval de l'écluse des remous gênants pour les bateaux, et les mariniers réclamaient des estacades de guidage analogues à celles de Su-resnes ou de Conflans. Or, avec des papillons laissés ouverts tant que le déversoir n'est pas fermé, les courants d'aval se disloquent sur toute la largeur du fleuve.

Placé dans une ouverture de 65 cm. de large sur 1^m02 de haut, le papillon de 63 cm. sur 1 m. laisse un jeu périphérique d'un centimètre ; l'axe est au tiers. Une plaque débordant de 25 mm. sur les côtés vient se buter à la charpente de la hausse et limiter l'excursion. Lors de l'abatage de la hausse, le papillon ouvert, venant heurter l'arc-boutant sous un angle aigu, est obligé de se replier.

L'addition de vannes-papillons aux hausses de déversoirs donnerait un moyen d'accroître leur sensibilité au relèvement spontané.

Entrée en lice pour les déversoirs, la passerelle n'a pas tardé à se produire dans des passes à hausses. Ce n'est pas qu'elle s'y harmonise pleinement ; elle n'y figure que comme annexe, utile sans doute, mais adjacente et onéreuse. Dans les systèmes de barrages se rabattant sur axes perpendiculaires au courant, le pont de service connexe fait défaut ; et néanmoins, pour des passes profondes, ces systèmes à hausses, susceptibles de se prêter à des hauteurs de 4 m. ou 4^m50, ont le pas sur les aiguilles. Il reste alors que la manœuvre de ces grands panneaux re-

quierte beaucoup de force et que l'emploi du bateau y devient périlleux. Telle est la raison pour laquelle, à *Port-à-l'Anglais*, dès 1870, M. Boulé a muni de *passerelle* le second pertuis, à seuil approfondi (fig. 18, pl. XIII), créé aux dépens d'une partie du déversoir. En projection verticale, les hausses occupent 3^m80 ; et comme, en vue de restreindre l'effort d'arrachement, on les a inclinées à 20° au lieu des 8° habituels, la longueur de la charpente se monte à 3^m97 (fig. 18 bis) ; un contre-poids de 100 kg. arme le pied de la culasse. Le chevalet, mesurant 1^m90 entre ses articulations, a lui-même une contre-inclinaison de 5°, calculée de manière que le centre de gravité du système mobile tombe à l'aplomb des tourillons inférieurs. Cela donne, pour certaines opérations où la pression d'eau n'intervient pas, des garanties de stabilité. Ces grandes hausses, enfin, ont été réduites à 1 m. de largeur, minimum admissible ; encore leur arrive-t-il, sous une lame déversante limite de 40 cm., d'avoir à supporter près de 9 tonnes de pression. Sur les entre-deux de 10 cm., l'éclusier peut, avec un batelet, poser des aiguilles carrées enfilées diagonalement. La barre à talons, logée dans un renforcement, n'est pas touchée, après l'abatage, par la bêquille, bien que celle-ci ne soit pas courbée en crosse, mais rectiligne. Comme, de son côté, la hausse couchée porte sur quatre dés en pierre de taille en saillie sur le radier et conséquemment nets de sable, et qu'en outre la volée se trouve soutenue par deux taquets fixés aux montants, aucune déformation de la charpente n'est à craindre. Les seuils en bois et leurs bandes de fer assurent la liaison des pierres de taille. Dans une dépression de 60 cm. se rabattent les fermettes de 600 kg., de 4^m80 de hauteur, faites de fers en U de 80/35 mm. à 8 kg. Leurs barres d'écartement, renforcées en hauteur, servent de rails ; l'angle d'amont porte un montant où s'enfile un cordeau en guise de garde-corps ; des crochets dits pince-mailles reçoivent les chaînes destinées à manœuvrer les hausses ou à les tenir en bascule, pour dégager l'eau durant la refermeture, soit de leur propre pertuis, soit d'une seconde passe que présente ce barrage et dont le radier est surélevé de 70 cm. La chaîne, agissant sous un angle d'environ 45° dans le relevage, peut être appelée à exercer des tractions de 3 tonnes ; mais les fermettes sont largement renforcées eu égard aux chocs, et un fer en U, sur lequel pressent les écrous d'ancres noyées dans la maçonnerie, consolide l'attache de la crapaudine d'amont. L'essieu de la ferme a 8 cm. de diamètre.

Le bateau de manœuvre est-il donc un expédient désormais condamné ? ce n'est pas à croire ; il reste admissible pour les barrages de hauteur modérée se relevant en eau suffisamment basse, avec l'avantage de l'économie, ainsi que de la rapidité de son départ ou de son approche. Au Port-à-l'Anglais même, on l'a conservé dans la passe surélevée, afin de la maintenir libre et prompte à ouvrir lors des débâcles de glaces ; éventualité dans laquelle cette passe, à hausses plus maniables, est d'un secours précieux. Quant aux déversoirs appelés à se manœuvrer sous la chute normale, la passerelle y est considérée comme indispensable, car il serait dangereux de promener un bateau au-dessus de cataractes de 2 m. et de tourbillons, derrière des panneaux en bascule effective ou imminente.

Dans tout projet de barrage, c'est un point capital que de bien déterminer les débouchés nécessaires aux crues ainsi que la largeur et la profondeur de passe des bateaux, sans super-

fluité coûteuse. Telle altitude de seuil, sans donner de remous sensibles en grandes eaux, pourrait, en eau moyenne, créer une petite chute nuisible à la navigation avant le moment venu de fermer le barrage. Sur la Marne, le haut niveau du seuil des déversoirs, en regard de celui des passes, engendre sur celles-ci des courants qui gênent les bateaux et les relevages; et néanmoins il n'a pas beaucoup servi, sur la Seine, d'exagérer à grands frais les largeurs de passage et d'abaisser les radiers de déversoirs; mais tel qu'il est, avec ses trois travées (deux pertuis et le déversoir qui les sépare¹), le barrage du Port-à-l'Anglais a fait preuve de facilités de règlement spéciales. Aux plus basses eaux où il soit ouvert, le pertuis bas ne crée pas de chute, et pour aire les manœuvres avec le moins de gêne possible, on procède dans l'ordre suivant: relèvement de passerelle; mise en bascule des hausses de déversoir, puis de celles du pertuis profond, le tout sans diminution sensible du débouché; fermeture de la large passe; redressement des hausses du pertuis, et enfin de celles du déversoir, pour autant que l'exige la tenue normale du bief d'amont. A l'ouverture, ordre inverse: déversoir en bascule; abatage successif, sous chute de plus en plus réduite et finalement nulle, des arc-boutants de la large passe, puis de ceux du pertuis à grandes hausses et du déversoir; enfin, repliement des fermettes. Quant aux vannes-papillons, elles fonctionnent comme supplément de déversoir, régularisant les petites oscillations de l'eau. Au surplus, les barrages à hausses ne requièrent pas autant d'épanchement auxiliaire que ceux à aiguilles, dénués de déversement propre, et ils laissent échapper les glaces et corps flottants.

En étendant le principe des seuils multiples étagés, utiles pour gouverner les variations de l'eau lors des manœuvres, il deviendra possible de dépasser notamment 4 m. de retenue, comme l'exigeraient de grands tirants d'eau ou des rivières à forte pente. Grâce à des épures du débit correspondant à divers degrés d'ouverture partielle et à divers niveaux, les agents sont à même d'apprécier, par un coup d'œil sur les diagrammes, les manœuvres propres à régulariser l'écoulement dans chaque état des eaux.

Avant leur modification, les douze barrages de haute Seine avaient donné comme moyenne du prix du mètre courant de passe à hausses de 3 m.: 3070 fr., dont 2278 en parties fixes et 792 en parties mobiles; et leurs déversoirs: 1421 fr., dont 1038 et 383 fr. pour parties fixes et mobiles. L'adjonction d'une passerelle de déversoir vaut 380 ou 400 fr. Une hausse du type nouveau de 3^m55 sur 1^m25 est comptée par M. Lavollée à 830 fr., dont 30 à 40 fr. pour mise en place.

Le barrage de Martot à aiguilles, fermettes 3^m35 de hauteur, est revenu à 4050 fr. le mètre.

L'adoption d'une passerelle devait faire songer à rendre toutes les manœuvres adéquates, c'est-à-dire à les effectuer toutes du même poste, en supprimant la barre à talons. M. Lévy imagina dans ce but l'emploi d'un croc à manche recourbé, au moyen duquel, en le passant par-dessus la volée, sous la baguette de l'arc-boutant, on pouvait soulever un peu ce dernier, après

l'avoir d'abord écarté de son heurtoir par une traction de la chaîne de volée. Cela fait, on débarre lentement pour recoucher la hausse. Une solution plus simple encore est due à M. Pasqueau.

*Système Pasqueau*¹. Crée pour maintenir 2^m40 de profondeur d'eau dans la Saône, malgré l'abaissement qu'avait subi le Rhône par le fait d'endiguements, le *barrage de la Mulatière*, à Lyon, devait affronter une chute de 2^m60, susceptible peut-être de s'élèver plus tard à 3^m50. De plus, au lieu de recevoir par l'amont l'invasion des crues, ce qui donne du temps pour abattre ou relever, parce que ces opérations n'ont qu'à suivre de proche en proche la venue ou la baisse des eaux, ce barrage est pris à revers par la montée du Rhône, et il n'est autorisé à s'ouvrir, sans préjudice pour la navigation en amont, que lorsque l'eau d'aval a monté jusqu'au niveau de la retenue; alors il faut se hâter, sous peine de noyer la passerelle. De même, on peut être requis de refermer la passe en quelques heures, avant que le confluent soit redescendu au-dessous de la retenue, afin d'empêcher le bief d'être subitement vidé par une décrue du Rhône. La présence de hauts-fonds voisins ne laissait pas même la ressource de tenir les eaux moyennes au rabais, comme on le fait sur maint barrage, à la faveur de la distance des obstacles et du renforcement que gagne la pente superficielle dans l'écoulement libre et accéléré. Aussi fallut-il éléver la passerelle à 2 m. au-dessus de la retenue. Enfin le passage de bateaux de 150 m., évolutant à la sortie d'un pont biais, obligeait à proscrire toute intercalation de piles fixes dans la passe de 103^m60 sur 4 m. de hauteur au-dessus du seuil. Les vannettes Boulé, bien qu'adoptées au déversoir de 80 m. sur 2^m50, dont la direction est presque perpendiculaire, auraient exigé quatre jours pour ouvrir la passe: on n'y pouvait donc recourir, malgré leur avantage de supprimer tout mécanisme immergé. Le système Tavernier à pont fixe supérieur n'était pas ici motivé, comme il le sera sur le Rhône, par l'aisance qu'il donne aux mouvements des graviers². Restait le système Chanoine, sous la condition expresse de l'affranchir de sa barre à talons, trop incapable de franchir pareil espace, trop brutale pour de grandes hausses métalliques, trop fragile elle-même, trop vite paralysée par la moindre obstruction, tellement que, pour un caillou engagé, pour un tampon de glace, il ne reste qu'à la briser etachever d'ouvrir comme on peut avec un bateau. Comme en outre cette barre procède dans un ordre forcé, une seule hausse récalcitrante arrête toute l'opération.

Ces inconvénients sont supprimés, en même temps qu'une économie est réalisée, par la *glissière à deux crans* de M. Pasqueau (planche XIV). Le premier cran, c'est le heurtoir ordi-

¹ Voir la notice de M. Pasqueau sur le nouveau système de hausses de la Mulatière. (Lyon, 1879.)

² Une partie de la planche XIV donne quelques détails du barrage de *Poses-sur-Seine*, dont la fig. 5, pl. XI, n'indiquait que le principe. On y voit les doubles passerelles fixes, l'une portant l'articulation des montants mobiles du barrage, l'autre servant à les soutenir lorsqu'ils sont relevés. Une troisième passerelle, à 1 m. au-dessus de la retenue, est liée aux montants mêmes, est mobile avec eux, correspond à des ouvertures au travers des piles et facilite l'enroulement des rideaux en lattes de bois articulées. Radier en béton d'épaisseur considérable et de construction simplifiée par l'absence de mécanismes à y sceller. Sûreté absolue, même pour travail de nuit; étanchéité; facilité de réparations; pas de nécessité de porter les rideaux à la rive.

¹ Largeur 12 m. 54.70 m. 37.90 m. 28.70
Profondeur du seuil sous la retenue . 5 3 1.90 3.70
Notons que l'intensité du trafic a commandé la création d'une seconde écluse sur dérivation.

naire, appui de l'arc-boutant ; le second est un cran de départ dirigé sous un angle aigu. Lorsqu'on tire suffisamment la hausse (mise en bascule), la bâquille, quittant le heurtoir, vient tomber sous le second ressaut, dont la facette oblique la dévie et l'engage dans l'ornière d'abatage. Relâchant alors doucement la chaîne, le barragiste recouche la hausse sans secousse jusqu'à sur ses dés d'appui. Il est clair d'ailleurs que la passerelle mènera le treuil à volonté à une hausse de rang quelconque. La manœuvre est aisée, sans même attendre que la chute se soit beaucoup affaissée. L'effort pour abattre des hausses de 4^m36 de hauteur sous des chutes allant jusqu'à 1^m50, effort qui a son maximum dans l'acte préparatoire de la mise en bascule, et dont le calcul n'est pas sujet aux mêmes mécomptes que celui d'une barre à talons, reste bien en dessous de la traction limite de 5 tonnes que le treuil peut avoir à développer lors du relevage. Ajoutons enfin qu'aux deux crans de la glissière peut s'en ajouter un troisième à l'aval des autres, heurtoir secondaire permettant d'arrêter la hausse dans une position de demi-relevage ou de basse retenue.

La facilité de baisser et lever alternativement un panneau déterminé, indépendamment des autres, aura encore du prix pour nettoyer le radier par des chasses. Rien de plus logique : il serait étrange que des ouvrages générateurs de déversements, auxquels on reproche leur tendance affouillante, n'eussent le pouvoir de se curer par eux-mêmes.

Les hausses en bois durent dix ans à peine ; celles de la Mulatière sont en fer ; le panneau de 4^m36 sur 1^m40 comporte deux longerons en U de 175 sur 15 mm., écartés de 90 cm. et laissant saillir le bordage en tôle de 4 mm., que soutiennent des consoles et que borde une cornière de 60 mm. Une coquille en fonte formant lest ménage la prise de la poignée de la culasse. Le papillon, de 1^m55 sur 90 cm., est manœuvré au batelet, ou bien depuis la passerelle, au moyen d'un bec de canne porté par une flèche à poulie.

Les pieds du chevalet, terminés en œillets, s'emboitent dans des paliers d'acier à trois joues, communs à deux hausses voisines. Le goujon, de 70 mm., étant simplement goupillé sur rondelles à ses deux extrémités, se laisse extraire en coupant la goupille lorsqu'il s'agit d'enlever une hausse avariée. On a évité ainsi soit les écrous ou les clavettes, que le séjour sous l'eau rend réfractaires aux démontages, soit les coins en bois employés sur la Seine pour maintenir les tourbillons dans leurs crapaudines et qui n'étaient plus acceptables pour de grandes parois en fer.

Le seuil, fait en fonte de 5 à 10 cm. d'épaisseur, durera autant que le radier lui-même.

L'abatage et le relèvement, tant des hausses que des fermettes à plancher articulé, s'opèrent à l'aide d'un petit treuil à vapeur. En 4 1/2 heures s'ouvre et en 8 heures se referme la passe de 103 m., en comptant par hausse trois minutes à l'abatage et cinq au relèvement, et par fermette trois et quatre minutes.

En raison de leur hauteur 6^m80 les fermettes ont été espacées de 3 m., de manière, dans l'abatage, à ne se superposer que sur trois rangs. Les bouts de tablier attenants se replient eux-mêmes sans créer de nouveaux chevauchements ; ils sont en effet de 15 cm. plus courts que l'entr'axe 3 m., l'articulation et les oreilles d'accrochage étant reportées sur les faces latérales

de chaque fermette. Une gaffe de garde adaptée au treuil manœuvre ces tabliers en évitant les à-coups.

Dans l'articulation des fermes au radier, même simplification que pour les chevalets. Plus d'axe à liaison compliquée, mais de simples œils venant se gousillonner dans des paliers, avec gouilles faciles à couper pour déboiter le tout. Les fermes sont en fers à U de 14 cm. Les deux montants ayant du fruit et les paliers faisant saillie sur le radier, le logement dans ce dernier présente, au lieu d'une face verticale, un glacis à 2 sur 1, beaucoup moins apte à retenir les sables.

Voilà bien des innovations déjà. Ce n'est pas tout. Pour supplanter la passerelle sans revenir aux manœuvres difficultueuses par bateau, M. Pasqueau a eu l'idée d'une *grue enjambante* dont la primeur est réservée aux Etats-Unis (Davis Island, sur l'Ohio). C'est un bâti de grue roulante, type chemin de fer, sur voie de 12 m. de large, rail aval plat, rail amont en forme Barlow pour retenir les roues sans entraver l'écoulement du sable. Le treuil à vapeur que porte ce pont roulant actionne la chaîne d'un croc à perche donnant toute aisance pour manier les culasses de hausses.

La glissière à deux crans n'a pas tardé à être proposée par les ingénieurs russes pour l'Oka, par les Américains pour la Kanawha. Dans les barrages de cette dernière rivière, le chevalet prend la forme d'un encadrement en fer dans lequel oscille, sur son milieu, un panneau de charpente. A Brownstown, au-dessus de Charleston, ce panneau a 4^m10 de haut sur 1^m12 de large. Sur l'Ohio, la passe de David Island atteint 168 m. ; le système Chanoine y eût été inapplicable si l'on n'avait eu la bonne fortune d'y utiliser l'invention de M. Pasqueau.

Hausses sans arcs-boutants. — Il y a trois choses dans l'attirail Chanoine : hausse, chevalet, arc-boutant. Or deux pièces suffisent à se soutenir en s'épaulant ; un simple chevalet articulé au radier et à la hausse maintiendrait celle-ci, arrêtée contre un seuil ; un treuil sur pont fixe ou roulant viendrait soulever la hausse et la coucher doucement sur le lit. Quoique cette simplification supprime la faculté de mise en bascule, citons cependant le *système Carro* (fig. 19, planche XIII) dans lequel le chevalet, fortement incliné et posé du côté d'amont, forme retenue par traction. Le pied de la hausse recule dans l'abatage pour n'avoir pas à sauter sur le seuil. Cet abatage serait susceptible de se produire spontanément sous une certaine surcharge d'eau ; et de son côté, le relèvement, après un démarrage pour soulever la volée, pourrait être activé par la prépondérance de pression sur la culasse.

Dans un autre système imaginé en Inde par M. Fouracres et représenté fig. 20, l'organe de retenue se réduit à une simple tige ; en revanche, comme elle tient en contre-bas du centre de poussée une paroi AC dont le pied A peut reculer vers l'amont, il faut une contre-tige d'aval venant se crocher en F à un sabot. Dans un évidement de celui-ci court une barre à cames qui peut soulever les tringles F pour produire l'abatage. Le vannage lui-même est en deux parties, dont la supérieure BC pivote en son milieu sur le prolongement des membrures de l'autre, comme on le voit en B' C' ; elle peut être ainsi tenue en bascule à l'aide d'une tringle à épaullement D. Des chaînettes empêchent le pied de franchir le heurtoir A. Pour relever le barrage, on tire par une corde, depuis un bateau, le crochet du volet supérieur ; le panneau bas se trouve repoussé vers le seuil par la

force du courant et les barres E vont se recrocher d'elles-mêmes.

Barrages mis par la chute. — Dans les hausses automobiles se dessinait déjà l'idée séduisante de faire opérer certaines manœuvres par l'eau elle-même. Sans plus chercher le jeu spontané, et considérant comme source de force, non plus les seules oscillations de l'eau d'amont, mais la dénivellation entre les deux biefs, nous avons à voir comment elle peut s'employer, à la volonté de l'éclusier, à relever un barrage contre la fureur même du courant. Il faut nécessairement un récepteur chargé de transformer, renverser le mouvement : ou une turbine, comme l'a fait Girard, ou des contre-vantaux, comme dans les systèmes Desfontaines et autres.

L'exemplaire unique du *système Girard*, achevé par Callon, est le *déversoir de l'Ile-Brûlée*, sur l'Yonne, en aval d'Auxerre. Articulée à son pied, chaque vanne (fig. 22) est poussée par des bielles triples partant d'un sommier guidé par des glissières, et que commande une presse hydraulique immergée sur un rampant à l'abri de la gelée et des ensablements. De petits tuyaux de cuivre vont des corps de presse à l'usine, dans laquelle une pompe à eau et une pompe à air chargent à 20 ou 25 atmosphères un accumulateur en fonte de 3^m30 de hauteur et 60 cm. de diamètre intérieur. L'air, par sa détente, chasse l'eau dans les tuyaux lorsqu'on ouvre les robinets et permet de relever le déversoir en quelques minutes sous la chute limite de 1^m85 ; quand la chute est réduite à 1 m., les sept hausses se redressent toutes à la fois en moins d'une minute. Dans le cas où le réservoir régulateur à air comprimé ne serait pas chargé, on aurait encore la ressource de créer une chute suffisante pour actionner la turbine en refermant la passe de 30 m. à hausses Chanoine. Le cuir des pistons tient longtemps en place sans fuite sensible. Les pièces métalliques d'une vanne pèsent 3776 kg. à 1 fr. 25. Le mètre courant de ce déversoir est revenu à environ 3000 fr. (dont 1000 pour la maçonnerie), tandis que, sur l'Yonne également, on a établi des déversoirs Poirée à moins de 1000 fr. et des passes Chanoine avec hausses de 3 m. à moins de 1200 fr. Le système Girard, très satisfaisant comme sûreté de fonctionnement, reste donc compliqué et coûteux.

Les hausses à tambour *Louiche-Desfontaines* conviennent tout à fait pour déversoir, mais non pour pertuis navigable, à cause de la hauteur de leur radier. Sur la Marne, de Meaux à Epernay, onze barrages en ont été munis dans la période 1857-1867. Les ouvrages consistent généralement en une écluse de 7^m80 sur 51 m., une passe de 25 m. avec passerelle et un déversoir de 50 m. Le bateau n'était pas acceptable pour relever les hausses de passe, qu'il faut laisser en bascule jusqu'au dernier moment, précisément parce que, avec son seuil élevé, le déversoir ne suffit pas à lui seul à ralentir la montée des eaux. A Joinville, le pertuis est muni d'aiguilles et n'a que 12 m. ; le déversoir à tambours s'étend sur 63 m. Ces aiguilles ne sont manœuvrées qu'à la veille des débordements, et alors que la chute presque effacée rend leur enlèvement facile.

Le tambour est une chambre en quadrant cylindrique horizontal, d'abord faite en tôle posée sur charpente, mais dès lors exécutée en moellons et ciment. A son intérieur (fig. 21) évolue la contre-hausse A C, prolongement contourné de la hausse A B en tôle de 4 ou 5 mm. Trois nervures rendent ces plaques rigides, et par un oeil en A, embrassent un arbre en fer, emboîté lui-même dans des tubes en fonte ; ceux-ci reposent sur

des diaphragmes ou cloisons transversales en fonte subdivisant le tambour en sections de 1^m50, égales à la longueur des hausses. La contre-hausse vient battre par tout son périmètre sur le seuil, sur la nervure verticale des diaphragmes et sur une nervure du tube de la charnière. Sur d'autres nervures latérales que présente ce même tube et sur les rives supérieures des cloisons se boulonnent les plaques de fermeture de l'auge.

Dans les diaphragmes sont pratiquées des ouvertures O, O' correspondant, dans les piles ou culées, à des aqueducs d'amont et d'aval. Pour tenir la hausse dressée, il faut que par O afflue l'eau d'amont, appuyant la contre-hausse par sa pression prépondérante. Qu'au contraire l'eau du tambour soit lâchée à l'aval, le volet supérieur devient libre de s'abattre sous le courant ; la contre-hausse cède et remonte dans le tambour jusqu'à la position ponctuée, où, grâce à sa forme curviligne, elle ne masque ni ne dépasse l'orifice O. Quant au compartiment d'aval avec ses ouvertures O', il sert à écouler les eaux de filtration ; il a en outre l'utilité de pouvoir amener de l'eau d'amont pour prendre à revers les hausses paresseuses et accélérer leur rabattement. Avec cette combinaison à double effet, les mouvements des registres d'entrée des aqueducs O et O' sont conjugués et inverses, et commandés par un balancier commun. Si même on tenait à rendre le fonctionnement automatique, il n'y aurait qu'à relier le balancier à un flotteur soumis aux fluctuations du bief d'amont ; mais on n'en sent pas le besoin, tant sont faciles les manœuvres, s'opérant de la rive sans risque aucun. Il y a plus : la délicatesse du fonctionnement est telle, que par une ouverture partielle et graduée, et surtout s'il existe aux deux extrémités des jeux d'aqueducs dont on puisse contrarier les effets dans une mesure arbitraire, on arrive à faire tomber ou remonter un nombre déterminé de hausses, selon leur rang de sensibilité ou de rapprochement de l'orifice adducteur. Aussi a-t-on renoncé à la bâche imaginée pour tenir les hausses en position intermédiaire, c'est-à-dire inclinées à 45°.

N'était le double effet à produire pour activer le fonctionnement, il ne serait pas indispensable d'employer l'aqueduc O, ni conséquemment de clore par une plaque le compartiment d'amont ou tambour proprement dit : la simple neutralisation du contre-vantail A C, lorsqu'on amènerait l'eau d'amont par O', suffirait à faire abattre A B.

Ainsi, sur un mot d'ordre partant de la rive et comme mues par un ressort mystérieux, les hausses Desfontaines s'abattent ou se relèvent, refoulant l'onde écumeuse qui se débat en vain. Rarement les forces brutales de la nature ont été d'une main plus habile retournées contre elles-mêmes. Les vannes s'alignent mathématiquement : on dirait une muraille soutenue par des contreforts de cristal. Le barrage est entièrement sous le contrôle de l'homme qui, en deux à cinq minutes, l'ouvre ou le ferme. L'entretien courant se borne à un regoudronnage tous les trois ou quatre ans. Une grille arrête les herbes à l'entrée des aqueducs ; en cas d'envasement dans le tambour, le jeu des registres permet le nettoyage par des chasses ; en prévision enfin de réparations, on a établi à l'amont des hausses une file de goussets de tôle triangulaires se rabattant sur le radier à la manière de fermettes, et servant de pilier d'appui à des madriers de batardeau.

A la vérité, l'établissement de la retenue suppose une petite

dénivellation motrice préexistante : dix ou quinze centimètres, si l'aval est en étage ; mais pour l'obtenir, il suffit de créer un rétrécissement permanent ou momentané du cours d'eau : — permanent, par la présence du seuil fixe ; — momentané, par la fermeture partielle ou totale du pertuis navigable. Toutefois, quand l'eau augmente et que par ce fait même la chute diminue, les hausses barbotent, deviennent paresseuses et à certaine limite n'obéissent plus. Le relevage exige parfois un quart d'heure ou demi-heure ; mais quand les eaux d'aval en viennent à l'entraver complètement, c'est qu'alors aussi la navigation n'a plus besoin du secours du barrage.

On a dépensé 790 fr. par mètre courant d'engins mobiles, soit 1563 francs avec radier, ou enfin 2282 fr. pour le mètre de déversoir complet, y compris un large arrière-radier et une part de la culée regardée comme partie intégrante. C'est plus cher que l'automobile Chanoine, mais le débit est plus grand à hauteur égale, les vannes s'abattant complètement.

Entre le système Desfontaines et les *portes en éventail* d'écluses de chasse (fig. 23) il y a cette différence que les premières pivotent sur axe horizontal et les dernières sur axe vertical. Le contre-vantail A-C doit ici nécessairement être $> A B$, afin qu'en vidant au niveau d'aval la chambre en secteur, l'eau du bief exerce sur ce contre-vantail une force prédominante pour l'amener en A C' et contraindre la porte A B à s'ouvrir. Que si au contraire on donne l'eau par l'aqueduc d'amont, le piston tournant A C se trouve équilibré sur ses deux faces et la porte se tiendra en place, une fois ramenée par la main de l'éclusier. Pour la refermer hydrauliquement, il faudrait garder une réserve d'eau à haut niveau ; mais le desideratum, ici, se borne à l'ouverture qui, contrairement à ce qui a lieu dans le Desfontaines, s'effectue non en cédant sous l'eau, mais en la refoulant. Remarquons enfin que la chambre-éventail ne trouverait aucune utilité à s'isoler du bief par une clôture.

Au lieu de combiner deux vantaux en connexion rigide, on peut les faire s'épauler, se soulever mutuellement, glissant l'un sur l'autre à leur point de contact, pivotant sur axes distincts et comprenant entre eux la chambre où vient agir la pression de l'eau. Tel fut le principe du *bear trap* érigé en 1818 par Josiah White sur la Lehigh en Pensylvanie, de quelques barrages établis par M. Cordier dans le département du Nord, et enfin d'un pertuis de 9 m. à *Laneuville* (Haute-Marne, fig. 24). Des aqueducs relient à volonté l'un ou l'autre bief avec l'espace sous-vannal. Quand il s'agit de fermer le barrage, on commence par arrêter le courant en redressant un panneau mobile D placé à l'amont ; l'aval baisse, l'amont se relève, et de cette différence de niveau naissent sous les portes, l'aqueduc d'amont étant ouvert, des pressions de soulèvement qui, de la position ponctuée, amènent ces portes en A B C, où elles se fixent contre des feuilures en pierre de taille. La vanne auxiliaire D ne tarde pas à être débordée, et une fois pressée sur ses deux faces, retombe sous le poids de ses chaînes de retenue et se refixe d'elle-même au radier sous des loquets à bascule. S'agit-il maintenant de lâcher le cours d'eau, une manœuvre inverse dégonfle la sous-pression : en trois minutes, contre-vantail et vantail s'affaissent dans leur enclave.

Ce type, de construction substantielle et durable, est coûteux par les appareils de pierre de taille et par le long développement des vantaux ; les portes non équilibrées, soumises à d'é-

normes frottements, ne se lèvent que sous une chute d'eau moins 60 cm., au risque d'affamer le bief d'aval, à moins qu'on n'ait une réserve d'eau à haut niveau. Il fallait en venir à aider avec des chaînes, et c'est un système abandonné, bien que M. Krantz ait tenté en 1868 de le faire revivre sous une forme perfectionnée, c'est-à-dire en dépliant le vantail d'avec le radier pour l'articuler, à 0^m40 au-dessus du centre de pression, à un contre-vantail transformé en flotteur métallique AB (fig. 25). Le glissement est reporté entre le pied de la hausse et le coursier curviligne qui lui sert de seuil. Le ponton s'échoue dans une auge en fonte C, avec le panneau replié sur lui. Pour le soulèvement, il suffit d'introduire dans l'auge une provision d'eau haute réservée en temps utile. Etanchéité, adaptation aux grandes hauteurs, résistance aux chocs, facilité d'appliquer des papillons régulateurs dans la partie supérieure : tels étaient les avantages espérés. Malheureusement, prévu pour Port-Villez (avec hauteur 5 m. à 30° = 4^m33 en proj. verticale, et 3 m. largeur), cet appareil fut abandonné, une expérience ayant montré que des mécomptes étaient à craindre concernant la force de soulèvement ; le coût d'ailleurs était élevé.

Système Thénard. Barrages indiens. Un vannage articulé au radier par son bord inférieur, et soutenu par des arcs-boutants, s'abat par le décrochement de ceux-ci. Dans certaines circonstances, on se contenterait du relevage à bras par une équipe d'ouvriers, si la rivière était momentanément arrêtée en amont. De là, l'idée d'employer une seconde cloison auxiliaire et indépendante, en amont de la première et généralement moins haute ; les « hausses de front » dont elle est formée pourront se rabattre au radier en sens opposé des premières, c'est-à-dire contre l'amont, attendu que cette opération n'est requise que lorsque, immergées de part et d'autre sous un même niveau, elles sont en équilibre de pression. L'avantage, c'est qu'ainsi placées elles se lèvent sous l'impulsion même du courant ; il suffit de dégager un crochet de fixation au radier pour que les filets liquides, s'insinuant en-dessous, les soulèvent violemment. Une fois dressées, elles permettent de circuler sur le radier supposé peu ou pas couvert par l'eau d'aval. En 1832-1839, Thénard et Mesnager avaient établi trois barrages de ce type sur l'*Isle*, et encore, en 1843, le barrage Saint-Antoine à sept doubles vannes de 1^m70 de hauteur et 1^m20 de largeur, avec une étroite passerelle bordant les vannes de front et servant à relever celles d'aval.

Mais c'est aux barrages d'irrigation indiens que le principe a reçu le plus de développements. Les déversoirs à haut radier ou calingulahs se contentent à l'ordinaire de planches adossées contre des potelets à ramures ; mais pour les immenses barrages de captation dans des rivières dont quelques-unes atteignent de 1 à 4 km. de largeur, il faut, vers les rives ou dans le centre, des pertuis de chasse permettant de purger le lit des sables qui obstrueraient les prises d'eau des canaux ou entraveraient la navigation. Ayant pour objectif l'alimentation de canaux en saison sèche, les ouvrages demeurent fermés presque toute l'année. Les ventelleries à piles nombreuses, à ouvertures de 1^m50 à 2^m10, sur hauteur également limitée, se fermant par poutrelles ou vannes depuis un pont supérieur, se sont montrées insuffisantes et arrêtent les débris flottants. Aussi les ouvrages les plus modernes ont-ils ménagé des issues beaucoup plus larges, débarrassées de toute superstructure ; des tranches

d'eau, allant dans certains cas jusqu'à 6 m. de hauteur, s'y déversent sans encombre. Les doubles rangs de vannages placés dos à dos et à rabattements inverses ont fait là leur apparition.

Il est de ces barrages qu'il faut, contrairement aux règles ordinaires, refermer en eaux montantes, afin d'empêcher l'inondation d'un canal par les crues de la rivière qui l'alimente.

Sur la rivière Cossye (fig. 26), trois ouvertures de 15 m. sont chacune munies de huit volets doubles, ceux d'aval ayant 2^m40 et ceux de front 1^m85 de hauteur ; sur la Mahanuddee, il y a, dans le milieu, dix baies de 15 m. à 7 volets de 2^m75 et 2^m30 de hauteur, avec piles de 1^m50 d'épaisseur. La figure représente les deux vantaux debout ; mais celui de front ou d'amont, ayant achevé son office, doit maintenant être recouché, sa chaîne de retenue se repliant sous lui ; amené légèrement en pente vers l'amont, il est maintenu par un crochetage contre les soulèvements intempestifs. Au moment venu de procéder au relevage, il ne suffit pas toujours de libérer le panneau : il faut en ébaucher le soulèvement, d'autant plus que parfois des animalcules l'ont incrusté sur le seuil. A cet effet, à Mahanuddee, un arbre affleurant le radier, et muni de cames au droit des hausses, vient se terminer par une poignée ; en donnant un quart de tour, les sept cames, orientées en hélice, décollent successivement les sept hausses.

A Panchkora, un autre barrage sur la Cossye, d'une centaine de mètres seulement entre culées, est percé de deux baies de 15 m. On n'ouvre guère que celle de rive gauche, et la manœuvre se fait parfaitement, malgré la nécessité d'ouvertures fréquentes et quelquefois nocturnes, en raison des crues nombreuses et soudaines sur cette portion rétrécie du fleuve.

L'étalement des hausses de retenue d'aval n'est pas sans difficultés. Pour boucher les joints, on a imaginé d'enfiler dans le vide d'entre-deux la nervure d'un fer à T dont les ailes viennent presser le bord des deux hausses contigües. Ces fers, articulés au seuil, portent l'attache d'un arc-boutant avec lequel ils se rabattent sur le radier, indépendamment des hausses. Chaque hausse possède en outre son propre arc-boutant qui lui est lié et la tient debout isolément ; mais à mesure qu'on enlève une nouvelle, on arme le joint, en sorte que finalement chaque panneau est soutenu dans son centre et sur ses bords. Quand il s'agit d'abattre le barrage, il faut pour chaque hausse dégarnir le joint entre elle et sa voisine, en sorte que celle-ci, en attente, ayant un bord en porte-à-faux exposé au torrent, tend à se gauchir. L'abattement s'opère soit par barre à talons, soit par des hommes armés de crocs et circulant sans danger sur le radier. Dans l'emplacement des premières hausses à faire choir, une bordure retient un coussin d'eau ; pour les suivantes, la nappe déjà répandue suffit à l'amortissement de la chute.

Il a été reconnu que, dans un barrage de ce genre, 150 mètres courants pouvaient s'ouvrir en une heure sous une chute d'eau de 1^m80 et se refermer en 25 minutes. Trois hommes décrochaient les arcs-boutants ; il en fallait douze pour relever une hausse.

A Midnapore, le mauvais fonctionnement des étais multiples, les torsions qu'ils occasionnaient, les ont fait remplacer par un arc-boutant simple, de la forme d'un A articulé au radier par ses deux pieds et venant, par son sommet, appuyer la hausse sous un épaulement à déclic ; lorsqu'on dégage un levier, la

hausse s'abat, renversant l'étai lui-même en avant d'elle et venant le recouvrir.

Au lieu d'arcs-boutants, ce sont, — avons-nous vu, — des chaînes ou tringles articulées qui soutiennent le panneau auxiliaire de front. Or, si fortes qu'elles soient, elles rompent aisément ; il y a danger à opérer sous plus de 1^m80 de chute d'eau ; tout au moins faut-il interposer du caoutchouc entre le dos de la hausse et la rondelle du maillon terminal. Mais dans un *barrage sur la Sone* (Bengale), M. Fouracres imagina l'emploi d'étais télescopiques formant frein hydraulique efficace, même sous 2^m75 de hauteur d'eau courant à travers les pertuis. Le barrage, de près de 4 km. de longueur, ayant sa crête à 2^m45 sur l'étiage, présente trois groupes de 22 vantaux de 6^m28 de largeur et 3 m. de hauteur, avec piles séparatrices de 1^m22 d'épaisseur et 9^m75 de longueur. Au dos du panneau de front B (fig. 27) sont six coussinets de fonte, où s'articulent autant de tubes C en fer de 9 centimètres de diamètre intérieur. Dans ces tubes pénètrent des tiges de 7 cm., articulées elles-mêmes à d'autres sabots sur le radier. Le volet étant debout, la tige est renfilée dans son fourreau jusqu'à ce que l'extrémité de celui-ci, garnie d'un anneau, bute sur un renflement de la tige. Cette dernière porte encore deux autres anneaux-guides, et au-dessus de l'anneau supérieur, une garniture en cuir formant piston. Enfin le tube, vers son milieu et ses extrémités, est percé de trois trous de 5 mm. On comprend dès lors le jeu : quand la hausse est couchée en B', la tige a dégainé, le fourreau est plein d'eau ; aussitôt qu'agit la sous-pression du courant pour le relevage, l'emmanchement est sollicité à se renfler, mais il faut pour cela que le cuir chasse l'eau par les petits trous ; le mouvement est donc ralenti ; la résistance s'accroît après franchissement du premier trou par le piston, et plus encore après le second, et le panneau arrive graduellement à la verticale, un jet d'eau jaillissant du trou supérieur. La charpente porte des coussins de caoutchouc, sur lesquels, lorsqu'elle est abattue, viennent s'appuyer les trous du fourreau pour s'abriter contre le sable. Un levier d'arrêt D maintient la hausse couchée en position, ni tout à fait horizontale ni contiguë au radier, la charnière à son pied étant déjetée sur le côté ; de la sorte, des filets d'eau peuvent glisser en dessous et balayer la vase. M. Fouracres préfère cet arrangement à celui d'une longrine protectrice contre le courant, mais qui forme un renforcement, réceptacle de graviers.

Quant à la hausse principale A, rattachée au radier par sept barres tensives articulées, elle glisse sur son pied dans les mouvements d'abattement et de relevage. Une chaîne à chaque extrémité la maintient debout, et décrochée, laisse l'abattement se produire sous la pression de l'eau, à moins que le niveau ne soit trop bas. En ce cas, il faudrait pousser avec une poutrelle actionnée en retour au moyen de moufles.

Pour procéder à la fermeture du barrage, une passerelle volante est jetée sur les piles. Après avoir écarté le levier D qui tenait en B' le panneau de front, on détache celui-ci du radier à l'aide d'un levier coulé actionné de la pile par un palan (ou à l'aide d'un arbre à cames) ; le courant achève le relevage, les freins hydrauliques prévenant tout choc, même contre 3 mètres d'eau. Spectacle fascinant que de voir un flot pareil, d'une vitesse de 5 à 6 mètres, barré en moins de dix secondes par un vantail aux allures tranquilles ! Une vague jaillit quelques ins-

tants sur la crête, puis l'eau s'affaisse et se calme. On se met ensuite à relever le barrage A avec le palan attaché à la pile. Quand les deux panneaux sont debout, il reste à coucher celui de front B, après avoir ouvert une valve dont il est muni pour laisser l'eau remplir l'espace intermédiaire ; deux hommes sur chaque pilier le repoussent avec des perches jusque sous les griffes D.

Il faut environ demi-heure pour manipuler au complet chaque pertuis de 6 m. ; mais au besoin la totalité, 140 m., de la clôture de front peut être levée en 4 heures par 8 hommes ; après quoi, on a le temps de relever le barrage proprement dit et même d'y faire des réparations. En somme, c'est un système rapide, susceptible de s'ouvrir graduellement et de se refermer contre haute chute, sans avoir de pièces de manœuvre sur le lit. Pour des chutes médiocres, l'installation serait onéreuse. Au lieu de volets de 6 m., M. Fouracres conseille d'en juxtaposer plusieurs de 2 m. ou 2^m50 dans des pertuis de 15 m. entre piliers ; les relevages se feraient alors aisément, soit à bras par six ou huit hommes soit à l'aide de mousfles s'attachant aux volets de front.

Les hausses mobiles de la Sone n'ont pu empêcher le bief amont de se couvrir de bancs de sable. Pour faciliter la navigation et obtenir plus de profondeur au joignant des prises d'eau, on décida subséquemment de poser sur toute la crête du barrage fixe une bordure de 60 cm. en volets de tôle retenus par des tirants en contre-bas du centre de pression (en petit, la disposition de A, fig. 27), de manière à s'abattre d'eux-mêmes dès les petites crues. A la baisse des eaux, on les relève à la main, en marchant sur le barrage.

A Midnapore, ce sont des madriers encastrés dans des potelets en fer distants de 3 m. qui constituent la crête mobile de déversoir. Ils s'enlèvent non seulement lors des crues, mais aussi pour dégager l'excès d'eau lorsqu'on referme l'un des trois pertuis de 15 m. Pour cette dernière opération, quelques minutes suffisent à faire lever les huit hausses de front, et deux ou trois heures à redresser celles d'aval à l'aide d'un treuil sur bateau amarré ; mais le plus long était de rabattre ensuite et réassujettir les hausses de front, opération faite en 10 ou 12 heures par une quinzaine de marins descendant dans l'eau et nettoyant le radier. Ce mode d'opérer laisse quelque anxiété en cas de survenance d'une crue soudaine.

Sur la Pattia, dont les crues vont jusqu'à 7 m. au-dessus de l'étage, existe un barrage de 275 m. entièrement mobile, coûteux sans doute, mais donnant d'excellents résultats contre les atterrissements. Sur la substruction fixe, arasée à 1^m07 au-dessus d'étage, s'élèvent les deux files de hausses, celles d'amont étant relevées quand la hauteur d'eau sur le seuil est de 2^m30 ou 2^m40, et celles d'aval soutenant 3 m. d'eau. L'ouvrage est divisé en baies de 13 m. à six hausses par des piles de 2^m75 montant à 3 m. au-dessus des hautes eaux et portant une passerelle.

A mesure qu'ils se perfectionnent, les barrages mobiles se distinguent par un jeu plus sûr, une construction plus durable, une plus grande hardiesse ; mais aussi apparaissent les mécanismes plus puissants, même les treuils à vapeur, laissant moins d'actualité peut-être aux problèmes d'utilisation de la force du courant. Il s'en poserait un dans le système Thénard, puisque le volet de front demande à être réprimé dans son éner-

gie spontanée, alors que, l'instant d'après, une manœuvre de force est requise pour lever son antagoniste. Supposons le premier arrêté, par exemple, à mi-course de son évolution, alors que déjà il subit à peu près toute la violence du flot, tandis que l'autre en est presque délivré : il serait théoriquement possible, par un renvoi de mouvement, de faire servir l'achèvement de course spontanée de l'un au relevage complet de l'autre.

Il y a plus. Ne pourrait-on réduire les deux à un seul, rendu capable de se lever aussi bien que de s'abattre par le courant même ? Il faudrait pour cela une transposition alternative du vantail sur l'axe de rotation fixé au radier, dans le genre de ce qu'indique le croquis 28. La vanne debout, tenue par sa chaîne, soutient l'eau du bief ; elle s'abat dès que la chaîne est lâchée. Qu'après cela, et grâce à des coulisses ménagées sur ses flancs et emboitant les tourillons fixés au radier, on puisse la faire reculer, roulant horizontalement sur des galets, ce qui était le pied devient la crête, et réciproquement ; et de même que la hausse de front de Thénard, la vanne unique circulante se trouve maintenant en passe de se relever sous l'effort du courant. Toutefois une simplification théorique n'est pas toujours simplification pratique ; et en fait, sous une forme ou sous une autre, les contre-hausses ou doubles parois semblent se poser jusqu'ici comme l'inévitable apanage des relevages automatiques.

L'idée de l'articulation transposable pourrait s'offrir aussi avec axe supérieur. Imaginons que la fig. 6 (pl. XII) représente, au lieu d'un montant, une hausse AB articulée en A au pont ; l'ouverture s'opère sous l'impulsion de l'eau. Pour qu'il en soit de même de la refermeture, il suffirait, dans la situation horizontale, de pouvoir glisser la pièce sur sa propre direction jusqu'à ce que le pied B', venu en A, formât à son tour l'articulation ; dès lors le rabattement se ferait du côté d'amont, comme dans la pose d'une aiguille, à la faveur du courant : bénéfice à la vérité discutable, si l'on impose la condition de maîtriser le choc.

En conclusion : les grands barrages mobiles ne peuvent se contenter d'appuis latéraux aux rives ni admettre une multiplicité de piles fixes. La faveur sera donc, non au genre pou-trelles ou portes, mais aux systèmes, — aiguilles ou hausses, — s'appuyant au seuil et se procurant un appui supérieur, quelquefois sur un pont fixe, plus habituellement sur des organes mobiles. C'est d'ailleurs, pour le placement des armatures de la paroi, choisir le petit côté du rectangle à remplir, comme le font les solives d'un plancher ; et même, avec l'emploi si fréquent d'arcs-boutants appliqués à mi-hauteur, la portée se trouve fractionnée en une culasse, — pièce à deux appuis, — et une volée, — pièce encastrée. Il en résulte un avantage des hausses sur les aiguilles, à côté de celui de rester en place, au lieu de subir les longueurs du transport à terre.

Quant aux moyens d'accès pour les manœuvres, certains systèmes en dispenseront : tels le Desfontaines ou le Girard, opérant depuis la rive par ouverture de registres ou robinets. Circuler sur le radier suppose un haut niveau à ce dernier ou l'éventualité de marcher dans l'eau. En général, il faut un tablier de service, soit fixe et dominant les hautes eaux, soit bas et mobile. En associant à des hausses une passerelle dans la situation relative jugée la plus commode, on a renoncé à faire servir la dernière au soutien des premières, et de là résulte un

surcroît d'organes. Un bateau s'appuyant aux hausses, ou amarré en amont, économise le pont de service, mais, pour de hautes chutes, manque de fermeté, est incommodé ou dangereux. La grue enjambante fait espérer un progrès réel.

Enfin le système Thénard s'applique dans des circonstances spéciales et pour lutter contre de grands courants. Il suppose accès sur le radier même, ou circulation par passerelle ou bateau, et en général des piles pas trop éloignées, utiles pour points d'appui de palans, de leviers de crochage ou d'appareil de manœuvre d'arbre à cames.

Auteur sans être acteur, on se laisse aller à trop s'étendre, sans être au courant de tout ce qui se trame de nouveau, car les progrès de l'art ne cessent d'amender la nature. Poursuivez, chercheurs, réformateurs, votre œuvre de rénovation perpétuelle, et harcelez les écrivains ! bien des courants encore restent à redresser, endiguer, barrer, distribuer, retenir ou lâcher à la mer.

LES CANAUX DE CHEMINÉES

Second rapport à la Société vaudoise des ingénieurs et des architectes sur les propositions de M. Sambuc, lu à la séance du 14 novembre 1885 et à discuter prochainement.

M. Sambuc ayant lu à la société un rapport nouveau, en réponse à celui de la commission que vous avez chargée d'examiner ses propositions concernant la construction des cheminées, ce rapport fut renvoyé à la commission pour nouvelle discussion. (La commission était composée de MM. Dapples, ingénieur ; Bezencenet, architecte ; Recordon, architecte ; Guinand, architecte ; van Muyden, ingénieur et Sambuc, ingénieur.)

Dans une première séance M. Sambuc développa sa manière d'envisager la question, après quoi il a été prié de mettre ses idées sur le papier, afin de faciliter la discussion en précisant les points sur lesquels l'attention de la commission devait principalement se porter.

M. Sambuc fit le travail demandé et envoya son manuscrit au soussigné le 27 février 1885. Ce travail consistait en un projet de règlement, qui fut mis en circulation parmi les membres de la commission, puis soumis à discussion en séance du 5 mai.

La commission voulut se prononcer avant tout sur l'entrée en matière et décida, après longue délibération, qu'il n'y avait pas lieu, pour le moment, de se préoccuper d'un règlement portant sur le détail des constructions, mais que si la société voulait faire une œuvre de quelque utilité, elle devait premièrement provoquer la révision de la loi qui nous régit actuellement et plus tard, s'il y a lieu, s'occuper des règlements communaux.

Le projet de M. Sambuc fut donc porté à la connaissance de chacun des membres de la commission, mais son contenu ne fut pas discuté par le corps réuni.

Restait la question de savoir si la commission maintenait ses propositions précédentes, insérées dans le *Bulletin de la société*, numéro de juin 1884, et formulées comme suit :

« En résumé, votre commission ne croit pas pouvoir adhérer aux conclusions du rapport de M. Sambuc ; en revanche elle propose que la société des ingénieurs et des architectes s'adresse au conseil d'Etat pour qu'il veuille bien demander au

grand conseil le remplacement de l'art. 35 de la loi du 22 mai 1875 sur la police des constructions par un nouvel article ainsi conçu :

» ART. 35. Tout conduit de fumée présentant une section intérieure de moins de 27 cm. sur 54, devra avoir au minimum une section de 4 dm. carrés. Le petit côté des canaux n'aura pas moins de 20 cm. et le grand côté ne pourra pas dépasser le petit de plus d'un quart de sa longueur. Les angles intérieurs seront arrondis sur un rayon de 5 cm. au moins et ces parties retranchées seront comptées dans la section. »

La commission se prononça pour le maintien de ses propositions, mais à la majorité des voix elle décida de réduire le minimum du côté d'une cheminée carrée ou rectangulaire, de 20 à 18 cm. et d'abaisser le minimum du diamètre des cheminées circulaires de 21 à 18 cm.

La commission a agi essentiellement dans le sens de la liberté laissée aux constructeurs de donner aux cheminées la forme et les dimensions qui leur plairaient, sans toutefois descendre au-dessous d'un certain chiffre ; elle a aussi voulu éliminer les prescriptions légales concernant les cheminées de cuisines rectangulaires, dans lesquelles le nettoyage doit se faire par des ramoneurs, procédé critiqué dans un rapport précédent.

Les nouvelles conclusions diffèrent donc des anciennes en ce qu'il n'y est plus question des canaux de 27 sur 54 cm., mais qu'au contraire, et pour rendre impossible l'application de cette section dans les constructions futures, l'art. 35 de la loi du 22 mai 1875 serait remplacé par un autre dans lequel les proportions des côtés du rectangle seraient prescrites d'une façon telle que la forme actuelle serait exclue. C'est ce que la commission a voulu en rapprochant le type normal de la forme carrée, comme le fait la loi française.

La commission s'est arrêtée à un côté minimum de 18 cm. essentiellement pour des raisons de construction, pensant qu'avec les briques de dimensions ordinaires il est plus facile de construire un canal résistant et bien lié de 18 cm. de côté, qu'un canal de 20 cm., comme elle l'avait d'abord proposé. La section minimum d'une cheminée carrée serait ainsi de 324 cm. carrés.

Pour les canaux ronds, la commission, contrairement aux idées de M. Sambuc, ne croit pas prudent de descendre au-dessous de 18 cm.

La modification de l'art. 35 entraînerait nécessairement la suppression du premier alinéa de l'art. 36, et un changement dans la rédaction du second.

Comme conclusion, la commission propose : que la société vaudoise des ingénieurs et des architectes s'adresse au conseil d'Etat pour qu'il veuille bien demander au grand conseil le remplacement des articles 35 et 36 de la loi du 22 mai 1875 sur la police des constructions par de nouveaux articles rédigés comme suit :

ART. 35. Les canaux de fumée de forme carrée auront au minimum une section de 324 cm. carrés, soit 18 cm. de côté. Dans les canaux de forme rectangulaire, le petit côté n'aura jamais moins de 18 cm. et le grand côté ne pourra dépasser le petit de plus d'un quart de sa longueur. — Les canaux ronds n'auront jamais moins de 18 cm. de diamètre.

ART. 36. Les canaux de cheminée seront construits en fer