

Communication
présentée au Comité Technique de la Société Hydrotechnique de France
le 19 mars 1964

LES GRANDS PRINCIPES DE COUPURE DES ÉCOULEMENTS FLUVIAUX ET MARITIMES

PAR
CH. BLANCHET *

I. — Introduction.

Les méthodes de coupures de débits ou de courants en rivière ou en mer sont extrêmement variées. Il faudrait en décrire un très grand nombre pour rendre compte des cas distincts concernant l'hydraulique, la disposition des lieux, les moyens mis en œuvre.

D'après l'analyse d'un certain nombre de réalisations, nous pensons que l'on peut néanmoins dégager assez clairement quelques principes généraux, les détails étant trop variés pour être exposés ici.

On peut en premier lieu distinguer les cas de coupures d'après les conditions hydrauliques et ensuite d'après les processus et moyens mis en œuvre.

Auparavant nous proposons que l'on appelle :

- coupure de débit et coupure fluviale celles pour lesquelles le débit est une donnée indépendante. C'est le cas des rivières; le débit est imposé et c'est véritablement le débit qu'il faut couper;
- coupure de courant et coupure maritime celles pour lesquelles les niveaux d'un côté ou des deux sont des données indépendantes. La coupure consiste à couper le courant créé par les différences de niveaux imposées par des conditions extérieures au problème. C'est le cas des coupures dans des mers où la marée impose des niveaux.

II. — Conditions hydrauliques.

Les conditions hydrauliques sont essentiellement données par les relations entre : les débits, les niveaux amont et aval, les dimensions de l'ouverture restant à couper, la nature des fonds.

Les facteurs les plus importants sont la dénivel-

lation amont-aval, le débit total de la brèche ou le débit par unité de largeur, l'énergie totale ou unitaire.

1. Conditions de niveaux.

Elles sont souvent les plus importantes, car elles fixent les vitesses et les poussées. On peut distinguer de ce point de vue :

a) COUPURE FLUVIALE OU DE DÉBIT AVEC DÉRIVATION COURTE :

Le débit coupé étant restitué à l'aval immédiat par la dérivation, le niveau aval ne dépend pratiquement pas de l'état de la coupure, mais seulement du débit total. Si le débit total est constant, le niveau aval est constant. La figure 1 a illustre ce cas. C'est uniquement l'élévation de niveau amont qui crée la chute et cette élévation dépend de la débitance de la dérivation et de l'état d'avancement de la coupure. On peut donc agir sur la chute en agissant sur la débitance de la dérivation.

b) COUPURE FLUVIALE OU DE DÉBIT AVEC DÉRIVATION LONGUE :

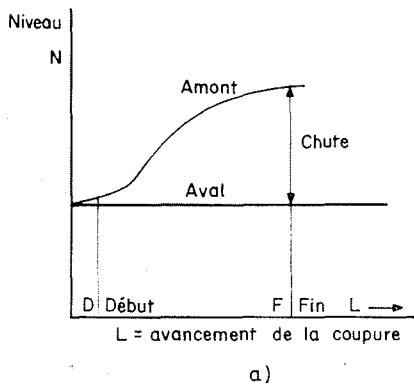
Comme précédemment, l'exhaussement amont résulte de la débitance de la dérivation. Mais la rivière tendant à s'assécher à l'aval, le niveau aval baisse avec l'avancement de la coupure (fig. 1 b). La chute résulte de l'addition de l'exhaussement amont et de l'abaissement aval. Une partie de la chute est donc imposée, tandis que l'autre résulte toujours de la débitance de la dérivation.

c) COUPURE FLUVIALE OU DE DÉBIT SANS DÉRIVATION :

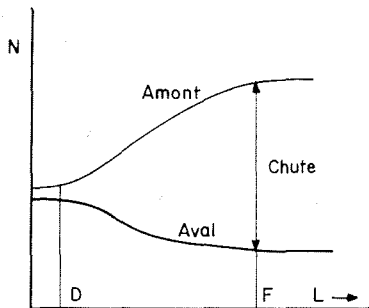
On doit accumuler le débit à l'amont, qui tend toujours à s'exhausser en fonction du temps même après la coupure, tandis que l'aval baisse jusqu'à assèchement (fig. 1 c). Dans ce cas, on cherche à couper rapidement, de manière à lutter de vitesse avec la montée amont.

* Ingénieur à la SO.GR.E.A.H., Grenoble.

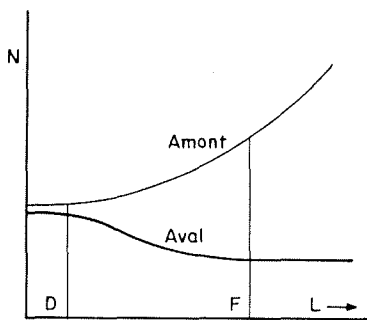
1/ Evolution type des niveaux.
 Typical water level trends.



a)



b)



c)

d) COUPURE MARITIME OU DE COURANT (TOTALE OU PARTIELLE) D'UN BASSIN FERMÉ :

Dans ce cas, le niveau est imposé d'un côté, tandis que de l'autre, le niveau dépend de l'avancement de la coupure. Le cas type est celui de la marée avec bassin fermé (fig. 1 d); les oscillations de niveau à l'intérieur diminuent et le niveau tend vers un niveau moyen en fin de coupure.

On voit que, dans ce cas, le courant s'inverse deux fois à chaque marée.

e) COUPURE MARITIME OU DE COURANT ENTRE DEUX BASSINS A NIVEAUX IMPOSÉS :

C'est le cas, par exemple, d'un détroit faisant communiquer deux mers ou golfes à régime de marées différent ou décalé. A la fin de la coupure, on retrouve de part et d'autre les lois de niveaux propres à chaque bassin, tandis qu'au début la loi pouvait résulter d'un échange complexe (fig. 1 e).

f) COUPURE MIXTE :

On peut avoir des cas très complexes; un cas classique est l'estuaire à marée, le débit de la rivière étant important. Un débit amont et le niveau aval sont imposés indépendamment l'un de l'autre (fig. 1 f).

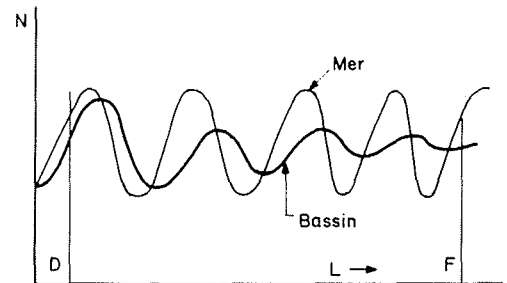
g) COUPURES EN SÉRIE :

On peut fractionner la chute totale en faisant simultanément plusieurs coupures en cascade.

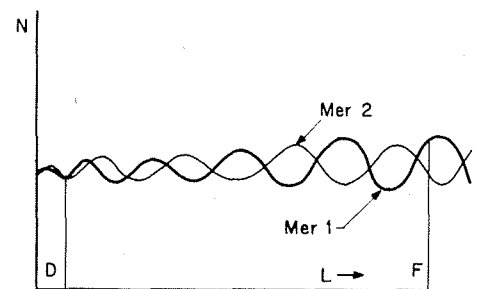
2. Conditions de débit et d'énergie.

On peut simplement distinguer de ce point de vue trois cas :

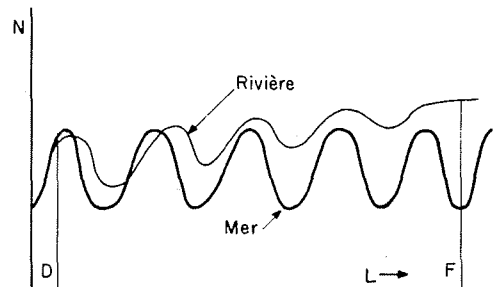
- le cas de la coupure par bouchon total, où l'on doit considérer le débit, l'énergie et la poussée totale correspondant à l'ouverture;
- le cas de la coupure par élévation progressive de tranches horizontales, où les facteurs importants sont le débit et l'énergie, tous deux par unité de largeur. L'énergie passe en général par un maximum bien avant la fermeture;
- le cas de la coupure à l'avancement, où c'est une portion du débit, qui s'écoule contre la tête de l'ouvrage de coupure, qui entre en jeu. Cette portion a l'énergie maximale peu avant la fermeture.



d)



e)



f)

3. Nature du fond.

Hydrauliquement, on distingue deux types de fonds :

- les fonds affouillables (alluvions, galets);
- les fonds non affouillables (roches en place, gros blocs).

Le type de coupure dépendra en général de la nature des fonds.

III. — Classement des coupures d'après les moyens employés.

1. Procédé du type bouchon.

Ce procédé est caractérisé par le fait qu'après avoir préparé ou non un dernier passage à l'eau, on coupe l'écoulement d'un seul coup et dans un temps très court. On peut distinguer plusieurs cas :

a) LE BOUCHON EST CONSTRUIT EN PONT SUR LA BRÈCHE :

La mise en place se fait brusquement par chute ou assez rapidement. Cette méthode est employée depuis fort longtemps par les Chinois pour réparer les brèches dans les digues de fleuves [1 et 2]. Le bouchon est construit au-dessus de la brèche sur des cordages tendus en travers; il est constitué par de l'argile et de la paille de sorgho. A un instant donné on coupe tous les cordages. D'autres cordes retiennent le bouchon pour qu'il ne soit pas déporté pendant la descente. Le cas le plus perfectionné est la chute d'un masque en béton dans un pertuis préparé à l'avance. Cette méthode est difficilement applicable à de larges brèches, car le poids du bouchon est rapidement énorme et la construction en pont coûte très cher.

b) PROCÉDÉ DE L'OBÉLISQUE OU DE LA TOUR :

Cette méthode également assez ancienne peut être illustrée par le cas typique de la chute à Caron sur la rivière Saguenay [3] (cf. fig. 3).

La rivière étant à fond rocheux, on construit sur un bord et sur un appui spécial une masse de béton (obélisque) représentant exactement le bouchon que l'on voulait placer en travers de la rivière, mais le tout redressé verticalement.

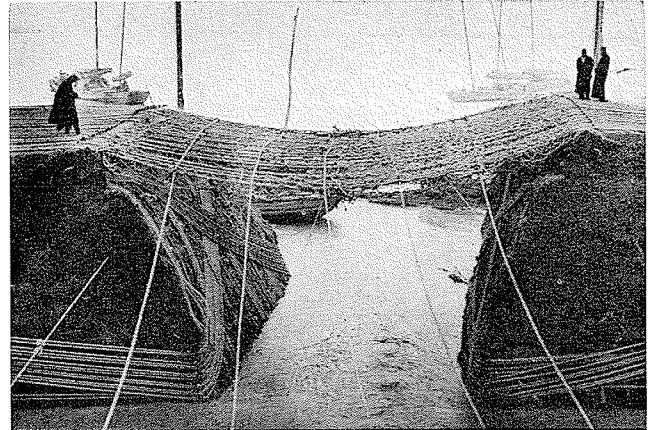
La mise en place s'effectue par basculement autour d'un seuil spécialement étudié.

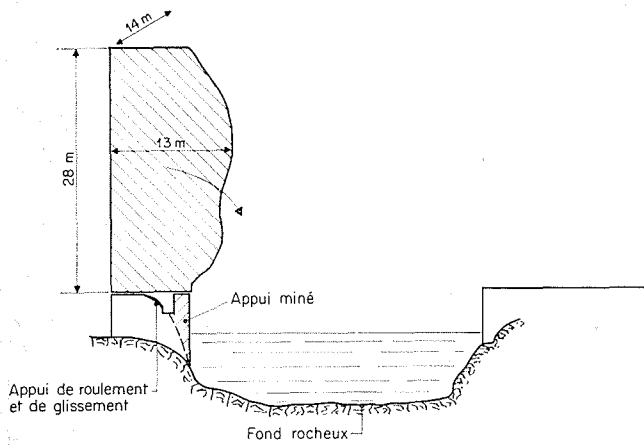
Ce procédé a été employé sous diverses formes quant à la composition de la tour et aux procédés de basculement.

c) CAISSONS FLOTTANTS :

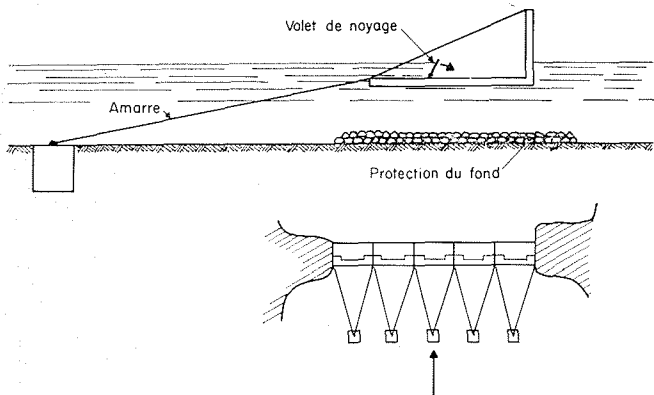
On amène dans la brèche, par flottaison, des caissons que l'on coule et qui bouchent d'un seul coup la brèche. On utilise ce procédé non seulement pour la dernière brèche, mais encore pour avancer la coupure jusqu'à la dernière brèche. Ce procédé est d'un emploi très difficile lorsqu'il y a de forts courants. Il est surtout utilisé pour les coupures maritimes où, entre une inversion de courant, l'étalement permet d'amener et de couler les caissons. C'est en Hollande [4 et 5], principalement pour réparer les brèches dans les digues des polders après la tempête de 1953, que ce procédé a été employé à grande échelle. Le fond très affouillable des brèches était au préalable protégé par d'immenses matelas de fascines lestées par des enrochements.

2/ Méthode chinoise de construction de digue et coupure par bouchon en paille de sorgho et terre.
Chinese dyke construction method and plugging of the river with sorghum straw and earth.





3/ Coupure du Saguenay à La Chute à Caron (Canada).
 Damming the flow in the Saguenay River at La Chute à Caron (Canada).



4/ Type de caisson flottant en rivière.
 A floating caisson for river work.

En rivière, les réalisations sont plus modestes, mis à part les cas un peu désespérés d'échouage de bateaux. On peut citer [16] un type de caisson hollandais avec volet de noyage (fig. 4), avec lequel on constitue une sorte de pont flottant retenu par câbles et que l'on immerge en rabattant le volet de noyage. Lorsqu'il y a de grandes vitesses et des dénivellations notables, ce type de caisson devient difficile à mettre en œuvre.

2. Coupure par digues ou massifs.

La coupure est faite par accumulation progressive de matériaux de dimensions relativement faibles par rapport à la brèche à fermer. Les matériaux utilisés peuvent être très divers : terre, sable, enrochements de tous calibres, blocs de béton, gabions fascines... On peut distinguer deux grands procédés de mise en œuvre :

a) LA COUPURE A L'AVANCEMENT :

Une digue émergente est construite à l'avancement transversalement à la rivière, en partant généralement d'un ou des deux côtés. C'est en tête de la digue et à l'avancement que les matériaux utilisés doivent résister. La tête prend une forme d'équilibre sous l'action de la pesanteur et du courant qui décolle vers l'axe de la digue. C'est un peu avant la fermeture que se place en général la diffi-

culté la plus grande, car la chute et le débit unitaire sont les plus grands. Lorsque les fonds sont lisses, les matériaux tiennent plus difficilement. Lorsqu'on emploie des gabions, ou saucissons de fascines, on a intérêt à les faire longs et à les placer de manière que leur plus grande longueur soit dans le sens du courant.

Le cas le plus fréquent pour ces coupures est l'emploi d'enrochements. Dans une étude inédite, M. Hausser, au Laboratoire d'Hydraulique Lasalle de Montréal, a montré que le poids P des blocs nécessaire à l'avancement dépend non seulement de la chute ΔH mais encore d'une manière très importante de la chute relative :

$$\frac{\Delta H}{H} = \frac{\text{Chute}}{\text{Profondeur}}$$

et de l'épaisseur relative E/H de la tête du massif. On a :

$$P = K \cdot \Delta H^3 \cdot \left(\frac{\Delta H}{H}\right)^{1/2} \cdot \left(\frac{H}{E}\right)^n$$

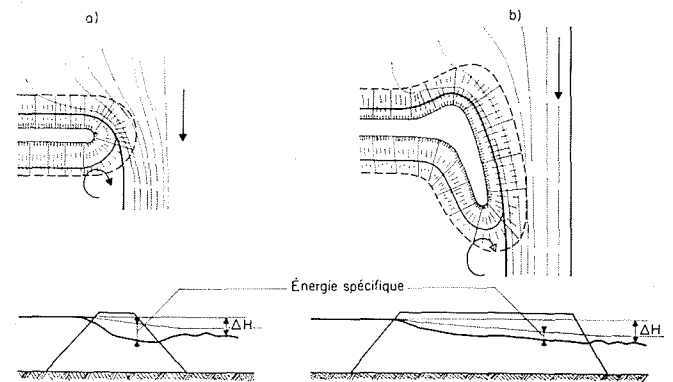
Les coefficients K et n dépendent de la densité du bloc, de la densité du fluide, de la granulométrie, de la rugosité du fond, de la forme des têtes.

L'influence très importante du facteur H/E se manifeste lorsque les blocs ont des dimensions un peu faibles; on peut souvent assurer la fermeture en « patte d'éléphant » ce qui réduit le facteur H/E (cf. fig. 5).

La dénivellation s'allonge en quelque sorte le long de la crête et le frottement absorbe plus de charge, ce qui réduit les vitesses. La patte peut être faite aussi bien vers l'amont que vers l'aval.

Pour donner une idée de la grosseur des blocs, on peut pour des cas classiques et en première approximation utiliser la formule :

$$P = K' \Delta H^3$$



5/ Coupure à l'avancement.

Progressive flow damming working from the banks into the river.

P est le poids moyen en tonnes, ΔH en mètres, avec une densité de blocs de 2,6 et de l'eau.

On a :

- pour des blocs très bien triés. K = 0,04 à 0,055
- pour des enrochements triés grossièrement. K = 0,08 à 0,11

Les plus fortes valeurs sont déduites de l'étude

de M. J. Goddet [6]. On voit que au-delà de 3 m de dénivellation, les blocs sont gros et cela pose de très sérieux problèmes pour les carrières et la manipulation en grande masse avec les engins modernes courants.

Pour la coupure du Caroni au Venezuela [7], la chute devait passer par une valeur supérieure à 5 m avec un débit unitaire très fort. Il avait alors été prévu d'utiliser avec les enrochements, des chevaux de frise ancrés et des vieux wagons de 35 m³ remplis de terre et fermés par des palplanches soudées. Il a fallu 16 wagons pour passer la phase critique.

On peut aussi lutter de vitesse avec l'entraînement des matériaux en ayant une cadence d'apport supérieure, cela s'est souvent fait pour des coupures à faible chute faite avec de la terre, du sable ou des graviers; on peut ainsi couper des dénivellations de l'ordre du mètre, les profondeurs étant assez faibles.

b) COUPURE PAR ÉLÉVATION DU MASSIF DEPUIS LE FOND :

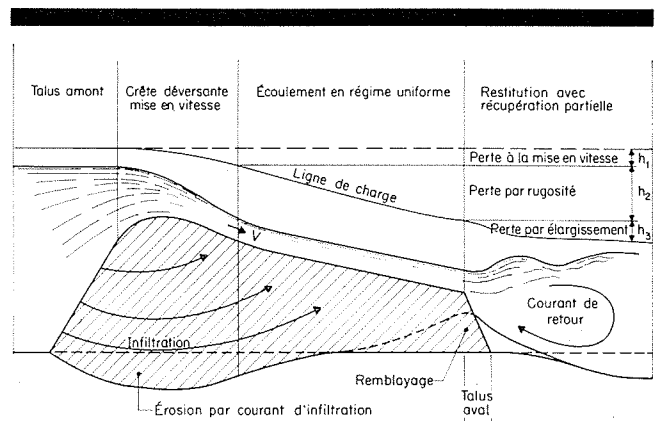
Le massif est construit par jets de matériaux dans le courant ou dépôts sur le fond, de manière à élever sa crête uniformément sur toute la largeur à couper. C'est une sorte de crête déversante que l'on élève depuis le fond jusqu'à émergence.

Ces coupures sont intéressantes dans deux cas lorsque les fonds sont affouillables, car le massif assure la protection du fond et aussi lorsque l'élévation de niveau amont doit être grande; ce type de coupure n'a pratiquement pas de limite autre que l'encombrement.

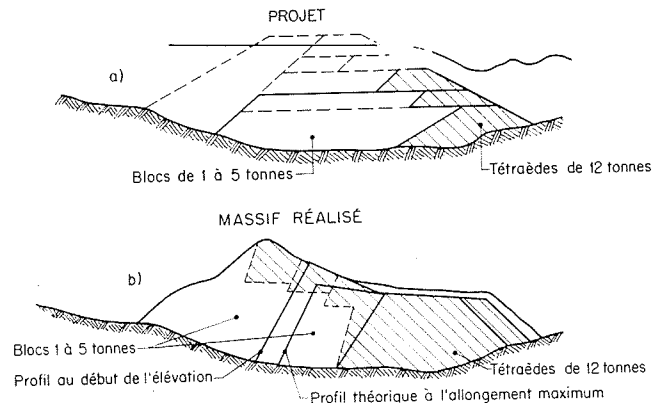
On peut distinguer deux cas : celui pour lequel le matériau est assez gros pour être mis directement à sa place définitive et résiste au courant — le volume du massif est alors minimal, — et celui pour lequel le matériau jeté dans le courant se met en place sous l'action de ce courant suivant une forme en équilibre limite : le massif s'allonge dans le sens du courant.

C'est le professeur russe S. V. Isbash [8] qui le premier, a présenté une théorie permettant de calculer la forme prise par un massif de blocs jetés dans l'eau courante. Cette théorie a reçu quelques perfectionnements par la suite [9, 10] concernant l'influence de la pente, de la récupération d'énergie, de la formation des brèches. Schématiquement, on peut résumer comme suit la théorie : les blocs jetés dans l'eau s'accumulent jusqu'à être déplacés et mis en dépôt par le courant suivant une forme correspondant à l'équilibre limite des blocs sous l'effet de la pesanteur ou du courant, c'est-à-dire, dans ce dernier cas, pour la vitesse V d'équilibre limite de chaque bloc :

- le massif prend alors l'allure de la figure 6;
- un talus amont d'équilibre sous l'action de la pesanteur;
- une crête arrondie modelée par la vitesse V où s'effectue la mise en vitesse de l'eau qui déverse jusqu'à la vitesse V . Cette partie se calcule comme un déversoir de mise en vitesse;
- une partie à écoulement uniforme à la vitesse V qui se calcule avec une formule classique de rugosité;



6/ Schéma de calcul de massif en blocs.
Piled block structure layout.



7/ Coupure de Mac Nary.
The Mac Nary cutoff.

- une zone de restitution aval avec récupération d'énergie qui se calcule par application du théorème de quantité de mouvement;
- un talus aval réglé par la pesanteur.

Le massif étant perméable, un courant d'infiltration se produit à l'intérieur. Le massif passe par une longueur maximale lorsque l'énergie (débit \times chute) passe au voisinage du maximum, puis sa crête s'élève rapidement.

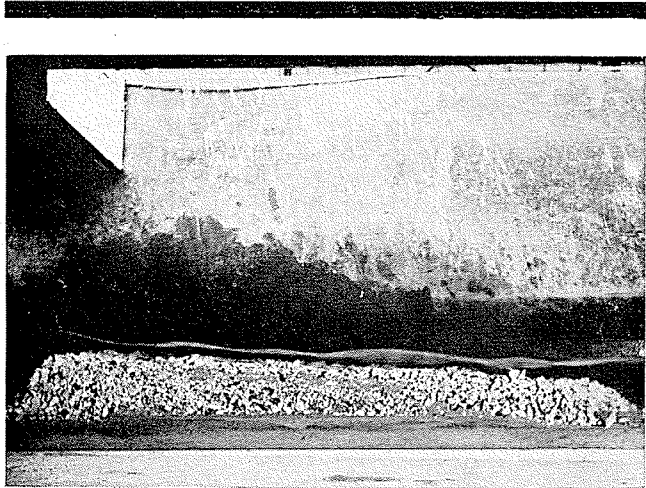
Une coupure très importante faite suivant cette méthode est celle de la rivière Columbia à Mac Nary Dam. Un blondin mobile servait à mettre en place les matériaux, qui étaient de deux catégories principales : des enrochements de 1 à 5 t pour le noyau et des tétraèdres de 12 t pour le parement aval. La figure 7 a montre le projet, qui, on doit le dire, compte tenu des conditions hydrauliques, n'était pas très orthodoxe et était pratiquement irréalisable.

C'est au cours même de la réalisation que, grâce à des rapides essais sur modèle, on corrigea le projet. Le massif prenait en effet une forme conforme aux théories d'Isbash et non au projet.

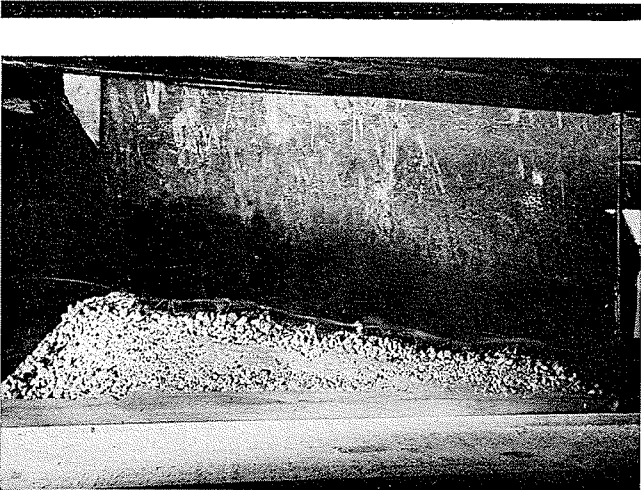
Nous avons nous-même comparé la réalité à un calcul d'après ces théories améliorées pour tenir compte de la forte pente et de la récupération d'énergie à l'aval. La figure 7 b montre cette comparaison très satisfaisante. A titre indicatif, les

valeurs caractéristiques pendant la phase d'allongement maximal étaient :

- vitesse d'équilibre des blocs..... 9,80 m/s
- débit déversant par mètre de large. 22 m³/s
- différence de niveau amont-aval avant récupération, environ..... 5 m



8/ Coupure de Génissiat. Etude en canal vitré.
Première phase : Massif en tout-venant. Remarquer le triage des matériaux; les plus gros matériaux sont sur les talus extrêmes, et les plus fins dans la zone active. La pente du massif est faible.
Génissiat river cutoff. Glass-walled flume tests on the first-phase bulk rock fill structure. The coarser material has settled out on the outermost embankments and the finest in the active zone. The embankment slope is only slight.



9/ Coupure de Génissiat. Etude en canal vitré :
Deuxième phase : Sur le massif en tout-venant, de la photo 5, on a placé, en partant de l'aval, des tétraèdres métalliques et du tout-venant. Seuls, les gros blocs sont retenus dans la partie active. Le massif prend une forte pente.
Génissiat river cutoff. Glass-walled flume tests on the second-phase layout. Steel tetrahedrons and bulk material have been placed on the first-phase rubble structure, working from downstream up-river. Only large blocks are used in the active zone. The structural slope has become very steep.

La grande coupure française de ce type est celle de Génissiat (*) [9] qui se distingue de la précédente par le fait que l'on utilise des enrochements de carrières non triés en les valorisant par l'emploi de « retards » qui, dans le cas présent, étaient des tétraèdres métalliques creux. Grâce aux retards et au processus de mise en place, un auto-triage des matériaux par le courant plaçait les gros éléments dans la partie active du massif et les éléments les plus fins dans les zones de remplissage (fig. 8 et 9).

Les Russes ont réalisé un grand nombre de coupures de ce type avec des enrochements et des blocs de béton de diverses formes [18]. En général les coupures russes sont d'assez grandes largeurs, mais de faibles chutes. Pour la coupure de la Weser, on a utilisé entre autres la forte perméabilité des tétrapodes [19].

A titre d'information, pour indiquer les possibilités de ce type de coupure, nous avons établi sur modèle à SOGREAH un avant-projet de coupure du Congo pour le projet d'Inga, le débit étant de 50 000 m³/s, la profondeur d'eau supérieure à 50 m, la dénivellation finale 15 m, la lame déversante atteignant 20 m dans la phase critique. Le procédé proposé consiste en gabions de 5 m de diamètre et 16 m de long placés vides dans le courant et remplis par jet de pierres et entraînement par le courant, le tout construit par tranches successives à partir de blondins.

La mise en place des matériaux peut se faire de diverses manières : depuis des passerelles sur pilotis, un pont à travées sur culées et piles, un pont de bateaux, un blondin fixe ou mobile et par pompage hydraulique telle que la coupure du Missouri à Fort Randall étudiée par le professeur Lorenz G. Straub [10 et 11].

Dans le cas de coupure maritime, il est possible de faire des coupures avec des matériaux normalement trop fins (sable). L'inversion assez rapprochée des courants fait qu'il y a une masse de matériaux transportée d'un côté à l'autre, mais jamais définitivement entraînée; la résistance est en quelque sorte offerte par le déplacement alterné de la masse en surplus par rapport à l'équilibre stable.

On pourra, dans d'autres cas, mettre à profit la nécessité du double massif pour placer un noyau étanche au milieu [9].

3. Coupure avec carcasse perméable.

Ce procédé consiste à placer en travers de la rivière une carcasse perméable facile à poser et à tenir grâce à sa faible obstruction, puis à remplir progressivement cette carcasse de matériaux. Grâce aux mailles ou aux appuis fournis par la carcasse, les matériaux en contact avec le courant sont stables et d'un autre côté, grâce au poids des matériaux, l'ensemble carcasse et matériaux est stable vis-à-vis de la poussée hydraulique.

Les dispositifs de carcasse sont assez variés; on peut en distinguer trois types :

- les filets et écrans perméables haubannés ou à contrefort;
- les amoncellements de hérissons ou retards;
- les cribs ou encoffrement à claire-voie.

(*) Voir dans ce numéro l'exposé de M. BAYARD.

Un système de ce type a été employé avec succès sur la Dordogne [12].

Une coupure très importante de ce type a été faite pour la deuxième phase du batardeau de Paulo Alfonso sur le rio São Francisco au Brésil. On a descendu en travers de la brèche à couper une carcasse métallique assez légère équipée d'un grillage et que l'on a remplie d'enrochements par élévation horizontale [13, 14].

Ce procédé est du même type que les retards dont nous avons parlé précédemment; il suffit d'un appui relativement faible pour améliorer considérablement la tenue des enrochements. En effet, ceux-ci ne résistent que par la composante, dans le sens du courant, du poids apparent du bloc; or cette composante est faible, si bien que le moindre appui supplémentaire améliore énormément la stabilité du bloc.

4. Coupure en palplanches.

Les coupures par rideaux ou gabions de palplanches peuvent être réalisées lorsque les dénivellations et les courants sont assez faibles; elles deviennent très difficiles lorsque les poussées deviennent fortes. On peut aussi avoir érosion du terrain de fichage des palplanches, etc. On peut néanmoins réaliser des coupures pour des chutes notables en orientant convenablement les rideaux ou en utilisant des procédés spéciaux tels par exemple que le « navio » sorte de caisson écran qui, à Paulo Alfonso [14], en détournant les courants, a permis de construire les gabions de palplanches de la première phase. On peut encore, comme à Seyssel (*) [15], organiser des appuis et préparer les bases pour battre un rideau transversal.

5. Coupure par explosion.

Sur une ou chaque rive, elles correspondent à des cas particuliers assez rares.

6. Coupures mixtes.

Très souvent chaque coupure combine plusieurs des principes décrits ci-dessus, car les difficultés varient considérablement avec la dimension de la brèche restant à couper, si bien que les moyens varient avec l'avancement. Nous nous contenterons de citer : le batardeau de Long Sault sur le Saint-Laurent, construit en enrochements par élévation par tranche horizontale depuis le fond jusqu'à la phase critique d'allongement maximal, puis à l'avancement par digue émergente construite sur le massif précédent [17].

Et surtout le batardeau de la Rance (**), qui comporte des gabions en palplanches, des caissons flottants et des bouchons par poutrelles.

(*) Voir dans ce numéro l'exposé de M. BAYARD.

(**) Voir dans ce numéro l'exposé de M. DUHOUX.

IV. — Conclusion.

Les conditions hydrauliques et les procédés employés pour les coupures fluviales et maritimes sont extrêmement divers et méritent une étude particulière, avec l'aide d'un modèle réduit chaque fois que le travail est important et délicat.

Pour les coupures fluviales, l'emploi de blocs spéciaux, de retards ou de carcasses perméables permet soit de réduire l'encombrement de l'ouvrage de coupure, soit de venir à bout de conditions hydrauliques difficiles.

Pour les coupures maritimes, on peut en plus mettre à profit les étales pour échouer d'importantes structures.

Références

- [1] O. J. TODD and S. ELIASSEN. — The Yellow River Problem. *Proceeding ASCE*, décembre 1938.
- [2] O. J. TODD. — A runaway river controlled. *Engineering News Record*, mai 1936.
- [3] C. P. DUNN. — Blasting a precast dam into place. *Civil Engineering*, décembre 1936.
- [4] J. B. SCHJFF. — The reconstruction of the Netherland Dikes after the storm of February 1953. *Proceeding 4^e Conference Coastal Engineering*, octobre 1953.
- [5] I. A. HUNT and A. VOLKER. — Dutch Close Tidal Breach at Ouwerkerk. *Civil Engineering*, octobre 1954.
- [6] J. GODDET. — Résultats d'études sur modèle de la dimension des enrochements à utiliser pour la coupure des mers ou des estuaires à marées. *Coastal Engineering*, 6^e Conférence, décembre 1957.
- [7] Coupure du Caroni (Venezuela). — Informations, *La Houille Blanche*, n° 5, 1955.
- [8] S. V. ISBACH. — Construction of dam by depositing rock in running water. *Second Congress on large Dam*, 1936, vol. 5.
- [9] C. BLANCHET. — Technique de la construction des barrages en pierres lancées dans l'eau courante. *La Houille Blanche*, n° 2 et 6, 1946.
- [10] LORENZ STRAUB. — Dredge Fill Closure of Missouri River at Fort Randall. *Proceedings A.I.R.H.*, septembre 1953.
- [11] D. L. MELAMUT. — Coupure des rivières au moyen de remblayage hydraulique. *Sel Khozgid*, Moscou, 1955.
- [12] Constitution d'un barrage en eaux rapides et profondes, système A. PFAFF. — *La Houille Blanche*, juillet-août 1947.
- [13] *Electricidade, Revista Tecnica Portuguesa*, n° 19, juillet-août 1961.
- [14] O. MARCONDES FERRAZ et André BALANCA. — Coupure du fleuve São Francisco à l'usine de Paulo Alfonso. *Conférence Mondiale de l'Energie*. Titulo 2, Assunto 2.1.1, Rio de Janeiro, 1954.
- [15] P. BAYARD. — Coupure du Rhône à Seyssel. *Travaux*, janvier 1951.
- [16] J.O.A. FISMAN. — Coupure des lits de rivière par des ouvrages flottants. *Gidrotekhniceskoe Stroitel'stvo*, n° 12, 1962.
- [17] J.V. DANY. — St. Lawrence River Diversion by a Rockfill Cofferdam. *The Engineering Journal*, vol. 41, n° 9, septembre 1958.
- [18] S.V. ISBASH et K. J. KHAIDRE. — Hydraulique des coupures des cours d'eau. *Gosenergoizdat*, Moscou, 1959.
- [19] Walter HENSEN und Hans Georg. WITTNER. — Model Versuche für die Abdämmung der Wellier Weserschleife. *Mitteilungen. Franzius Institute*, Hannover, Heft 18, 1960.

Abstract

The main principles of damming river and tidal flows

by Ch. Blanchet *

There are many different ways of cutting off a river, which largely depend on hydraulic and site conditions. A distinction can be made between a number of main classes of cutoff methods.

I. — The main factors among the hydraulic conditions are discharge, water level difference, and the product of both. The following distinction can be made in this respect:

(i) *Fluvial or river flow cutoffs*, where the natural factor to be considered is a flow to be diverted or stored. The water level difference will depend on the discharge capacity and length of the diversion, storage volume, and the rate at which the work progresses.

(ii) *Tidal or water level difference cutoffs*, where the natural factor to be considered is a difference in water levels (generally tidal). Here, the discharge will depend on this water level difference and the discharge capacity of the cross-section remaining to be closed off.

Typical water level variations during the closure are shown in Figure 1.

II. — Cutoff procedures fall within the following categories:—

1. *“Plugging” procedures*, with the “plug” a bridge (see Figure 2) an “obelisk” (Figure 3), or a floating caisson. (Figure 4).

2. *Dyking or piled-structure procedures*, using rock fill, concrete blocks, earth, fascines, etc.

In making this type of closure, work can proceed:—

either (i) from the banks out into the river (Figure 5), in which case considerable difficulties arise at water level differences approaching or exceeding 3 m and with highflows;

or (ii) in horizontal layers (Fig. 6 to 9), which is a suitable method for large differences in water level, and for rivers with loose bed materials as there is no scour.

3. *Permeable framework cutoffs*. The rock fill or blocks are given a firmer hold by a permeable framework in the form of a net, piled “hedgehogs”, or cribs placed on the river bed.

4. *Sheet piling cutoffs*. These are generally only practicable for small water level differences.

5. *Cutoffs by blasting*.

6. *Composite cutoffs*, nearly always a combination of several of the above procedures. An example of this type is the Rance project.

The article gives a typical example of each case.

* Engineer at the SO.GR.E.A.H., Grenoble.