A PROPOS DES NOUVELLES DIGUES DES POLDERS DE LA BAIE DE L'AIGUILLON

Communication
présentée au Comité technique
de la Société Hydrotechnique de France
le 22 mars 1968

PAR H. GRIDEL *

Les progrès effectués, depuis quelques décennies, dans la connaissance des lois naturelles, qui sont le fondement de la mécanique des sols, ont mis à la disposition des ingénieurs des méthodes quantitatives de calcul extrêmement sûres pour l'établissement de projets de vastes ouvrages en terre, et ils ont permis, non seulement la réalisation d'aménagements économiques de plus en plus importants, mais encore ils confèrent à ces ouvrages, par une meilleure adaptation de leurs formes aux matériaux utilisés, des coefficients de sécurité toujours meilleurs.

De ce fait, il devient maintenant tout à fait usuel, pour les bureaux d'études spécialisés, de dimensionner un ouvrage en terre en fonction des caractéristiques mécaniques d'un terrain donné, aussi bien qu'un pont métallique ou une ossature en béton armé, en fonction de la résistance des matériaux dont ils sont constitués.

Il y a cependant des cas particuliers où les valeurs très faibles des éléments physiques interviennent dans les calculs, angle de frottement et cohésion propres aux matériaux, par exemple, où leur insuffisance de fiabilité dans le temps rendent le recours au calcul tout à fait inopérant.

C'est souvent ce qui se produit quand les ingénieurs doivent étudier des ouvrages constitués par des matériaux vasards, en raison, d'une part des mauvaises caractéristiques mécaniques de ce ma-

tériau, et d'autre part de ses propriétés thixotropiques accusées.

On sait que ce qui caractérise la thixotropie d'un matériau, c'est l'instabilité dans le temps de ses caractères physiques lorsque celui-ci vient de subir une contrainte extérieure, telle par exemple qu'un choc : l'exemple type, qu'on donne de cette propriété, est le passage brutal dans la phase liquide, sous l'effet d'un choc, d'une vase qui, auparavant au repos, se présentait comme une matière solide et qui, d'ailleurs, quelques heures ou quelques jours après ce changement d'état, retrouve son aspect physique initial solide.

Lorsqu'il en est ainsi, il va de soi qu'on ne peut plus parler, ni du coefficient de cohésion, ni même du coefficient de frottement interne du matériau, puisque, lorsque celui-ci passe dans la phase liquide, il n'a ni cohésion, ni coefficient de frottement au sens qu'on leur donne en résistance des matériaux et qui sert de base aux calculs de résistance ou de stabilité.

C'est cette double circonstance qui s'est présentée, coefficients de frottement et de cohésion très faibles pour la vase et propriété thixotropique de cette même vase, lorsqu'on a voulu réaliser, dans la baie de l'Aiguillon, des digues de polders en utilisant la vase naturelle de l'estran pour constituer le matériau de ces digues.

Le site de ces polders est situé dans une vaste baie de la côte Atlantique, limitée au sud par le port de La Palisse et, au nord, par la pointe de l'Aiguillon (fig. 1 et 2).

* Contrôleur Général honoraire à l'E.D.F., Professeur à l'Ecole Centrale des Arts et Manufactures.

Il est situé dans une région alluvionnaire, en cours de lent comblement sous l'effet de l'action marine, qui y favorise le dépôt de vases extrêmement fines, de composition argilo-sableuse avec prédominance d'argile.

Depuis la période quaternaire, ces vases se déposent dans tout l'arrière-pays, autrefois marécageux jusqu'à la région de Luçon : elles y ont constitué une croûte consolidée ayant, en certains points, plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur, si bien que, lorsqu'on creuse dans la région des puits assez profonds, on trouve uniformément ce magma vaseux comme substratum du terrain de surface.

Naturellement, la croûte solidifiée qui constitue le sol est de qualité assez médiocre, à telles enseignes que certaines constructions qu'elle supporte ont pris, avec le temps, des inclinaisons notables par rapport avec la verticale (flèches de la cathédrale de Luçon par exemple).

La consolidation des vases originelles s'est produite par élimination progressive d'une partie de leur eau de constitution et par prolifération en surface de végétation connue, dans le pays, sous le nom de « misottes », mais c'est un phénomène à évolution extrêmement lente, à échelle quasi séculaire.

Lorsque fut décidée la création des polders de la baie de l'Aiguillon, il eût été raisonnable de limiter ces polders, côté mer, à la partie supérieure de l'estran, où les misottes, qui s'avancent jusqu'à la cote + 5 (hautes mers de marées moyennes), avaient pu se développer naturellement.

Mais, au moment de l'exécution, le tracé fut finalement implanté à la limite des hautes mers de mortes-eaux, soit 3 à 400 m en aval des misottes; il était ainsi possible d'étendre la surface des polders et de créer, en arrière des digues, des installations d'ostréiculture alimentées en eau de mer à chaque vives eaux moyennes.

Toutefois, en contrepartie de ces avantages, il était raisonnable de penser qu'on devrait rencontrer des difficultés pour la réalisation de la digue d'enclosure.

L'Administration décida cependant d'expérimenter, sur le tracé retenu, le profil de digue sur terrain consolidé qui venait d'être mis en œuvre avec succès pour l'exécution des polders de Bouin.

Ce profil, on le sait, reprenait les dispositions classiques généralement utilisées par les constructeurs hollandais. On espérait, en effet, que les caractéristiques mécaniques très défavorables du sol de fondation — ayant le caractère de sable mouvant — pourraient être compensées par des dispositifs classiques de fondation.

Notons, au sujet des sables mouvants, que le quotient du poids d'un homme par sa surface de sustentation ne suffit pas à déterminer si cet homme s'enlise ou non sur le terrain : la façon de prendre appui sur le sol, la rapidité de la marche de chacun, constituent des éléments importants à ce point de vue, preuve du caractère thixotropique du terrain de passage considéré.

Dans cet ordre d'idées, d'ailleurs, on peut faire la remarque suivante : un homme donné, de poids et de polygone de sustentation donnés, qui s'enlise sur le sol considéré, pourra impunément y marcher s'il a placé sur le sol, normalement au sens de sa

marche, quelques badines de jonc de faible diamètre mais d'assez grande longueur.

Comme l'accroissement de la surface de sustentation, dû à ces badines, est insignifiant au regard de la surface d'appui initiale, on est bien obligé d'admettre que le jeu naturel des coefficients de cohésion et de frottement du terrain ne permet pas d'expliquer, par des moyens mécaniques rationnels, la diversité des comportements du sol constatée en présence du passage du promeneur dans les deux cas considérés.

L'entreprise chargée des travaux de construction des digues avait déjà une grande expérience du genre d'ouvrages préconisé : elle venait en effet d'achever, dans la baie de Noirmoutiers, la construction des huit kilomètres de digues des polders de Bouin qui, *a priori*, étaient du même type que les nouvelles digues à réaliser, et elle espérait venir à bout du nouvel ouvrage en se contentant de prendre, pour sa réalisation, des précautions accrues.

La figure 3 précise l'implantation prévue des divers ouvrages envisagés : la large bande de terrains, à récupérer sur la mer, a été partagée en plusieurs polders distincts, entre lesquels on a réservé des chenaux pour l'écoulement à la mer des « écours » côtiers qui débouchent en arrière des digues, Raque, Chenal Vieux, Canal de Luçon et des eaux de colature des drainages provenant des anciens polders de la région de Mareuil et de Luçon.

Chaque nouveau polder devait donc être protégé, côté mer, par une digue frontale et, de part et d'autre des écours voisins, par des digues de rebras entre lesquelles ces écours peuvent librement s'écouler vers le large.

On avait prévu, en outre, divers ouvrages particuliers, les uns analogues aux waterings des Flandres, destinés à permettre l'écoulement vers le large, à marée basse, des eaux pluviales tombées sur le polder, les autres permettant le passage de la navigation locale, assez importante dans un pays où l'élevage des huîtres est une industrie locale florissante.

Digues frontales et digues de rebras avaient été prévues pour protéger de l'envahissement des eaux, en provenance de l'extérieur, les polders qu'ils délimitent.

Leur hauteur, variable avec le terrain, peut aller de 3 à 5 m, de façon à laisser une revanche de 0,60 m par rapport aux plus hautes eaux environnantes.

La figure 4 indique les caractéristiques générales qui avaient alors été retenues, pour le profil initial sur terrain consolidé :

— hauteur	3 m
— empiètement	19,70 m
— pente sur la face extérieure	2/1
— pente sur la face intérieure	2/1

Les ouvrages reposaient sur une fondation classique : lignes de thunes, constituées par des port-cenpaals de 4 m de longueur enfoncés dans le sol à l'espacement de 0,70 m; fascines disposés suivant deux réseaux, l'un parallèle et l'autre perpendiculaire au profil en long de la digue; lit de sable disposé dans l'intervalle du réseau des fascines tendeurs, entre lignes de thunes opposées.

En outre, pour éviter la mise en place de vases gorgées d'eau sur le profil de l'ouvrage, l'entreprise

1/
Plan de situation.
Site plan.

2/

2/
Plan de la baie.
Plan of the bay.

3/
Détail des polders 1,2,3.
Polders 1,2,3.

3/

avait prévu des prélèvements de vase éloignés de l'emplacement de la digue, qui y étaient amenés au moyen de tapis roulants et de pelleuses montées sur des pontons, en raison de l'incursion biquotidienne de la marée sur les lieux de prélèvement (fig. 5 et 6).

Pendant les périodes de dépôt, la vase devait avoir le temps d'acquiescer une meilleure consistance à la suite de sa consolidation dans le temps par l'effet combiné du vent et du soleil.

Si cette technique de travaux donna, comme à Bouin, des résultats intéressants lors de la réalisation de l'amorce de la digue du polder n° 1, par contre, elle conduisit, sur certains autres tronçons de l'ouvrage, à de sérieux déboires et, notamment en des points singuliers du tracé, à des cisaillements ou des basculements suivant des cercles privilégiés de glissement (fig. 7 et 8).

Ces incidents étaient d'autant plus fâcheux que le problème posé par la fermeture du polder supposait le maintien d'une cote de crête constante au fur et à mesure de l'avancement et que, d'autre part, la mise en mouvement d'une masse de profil avait pour effet d'annuler la cohésion, déjà faible, sur les plans de glissements : la reprise de ces points singuliers, par où rentrait le flot, imposait d'attendre un nouvel état d'équilibre naturel, ce qui était incompatible avec l'exigence du programme des travaux.

Enfin, la digue était implantée dans la zone où il fallait s'attendre aux plus grands tassements, augmentés du fluage sous charge des vases liquides et hétérogènes de surface.

Dans ces conditions, un fascinage avec tendeurs et lit de sable, associé à un profil simplifié, qui se justifiait à la limite de la partie consolidée des misottes, ne pouvait résoudre, avec sécurité et économie, le problème de stabilité en tous points posé par un ouvrage de très grand linéaire, quelles que soient les précautions prises pour amener les vases d'apport.

On fit alors remarquer que l'implantation à la cote de hautes mers de mortes eaux correspondait, non plus à l'hypothèse du marché de travaux, mais à celle d'une étude antérieure et, en partant de cette étude, on décida :

— De rechercher un profil aux pentes plus douces, constitué d'un noyau central et de deux contrepoids latéraux, formant ouvrages de pied, en adaptant le projet retenu à cette époque à la nécessité de construire dans le profil une route de crête (fig. 9);

— D'associer à ce profil un type de fondation susceptible de donner les contraintes les plus homogènes, en absorbant l'effort de traction;

— D'opérer par tâtonnements successifs et de faire le plus largement appel à l'expérience, en réalisant des tronçons d'essais.

De toute façon, et dans le cas des hypothèses les plus pessimistes, on disposait d'un moyen sûr d'aboutir à la réalisation des digues; en effet, vers 1950, en prévision lointaine de la construction de la grande digue de l'usine marémotrice de Chausey, digue qui, vu son énorme volume, ne pouvait être réalisée qu'en sable, tout du moins en ce qui concerne son noyau, on avait été amené à examiner la possibilité de constituer cette digue par du sable refoulé hydrauliquement dans une sorte d'énorme enveloppe, dont le périmètre aurait représenté le périmètre de la digue ou un sous-multiple répété plusieurs fois de ce périmètre.

Un calcul simple montre, d'ailleurs, que l'effort résistant tangentiel nécessaire pour empêcher cette peau d'éclater sous le poids de son contenu intérieur, est très réduit, ce qui permettait d'envisager de constituer cette enveloppe par une feuille plastique de faible épaisseur (*).

Dans le cas de la digue de l'Aiguillon, il était toujours possible de réaliser une digue en vase par un procédé analogue, à défaut d'une solution plus économique.

Cependant, avant de se résoudre à l'adoption d'une solution aussi onéreuse, il est apparu qu'on pourrait essayer de limiter l'emploi du plastique à une simple feuille horizontale, formant dispositif d'appui, assurant la désolidarisation du matériau rapporté d'avec le terrain en place.

Bien qu'une enquête, faite auprès des autorités hollandaises du Rijkswaterstaat, ait donné des résultats négatifs (on n'utilise le plastique en Hollande que pour protéger le dessus des digues contre l'érosion ou pour constituer un écran vertical d'étanchéité dans le corps du noyau des digues trop perméables), il fut décidé d'effectuer, à l'Aiguillon, un essai expérimental sur une tranche de digue de 100 m, supportée par une feuille de plastique.

Restait évidemment le choix de ce matériau qui devait répondre à des conditions mécaniques en rapport avec les efforts à supporter; de plus, ces feuilles de plastique devaient être livrées en bâches de très grandes dimensions (20 m $\times$ 20 m).

Après étude, on choisit un complexe constitué de deux feuilles, collées en sandwich, de polyvinyle de 18/100^{es}, traitées contre les bactéries et les micro-organismes, sur une grille polyester de 2 $\times$ 2 500 ds.

On disposait ainsi d'un film répondant aux conditions désirées.

En effet, si le choix d'un profil courant d'ouvrage correspond à la recherche de la continuité de la valeur des contraintes sous charge, il convient d'observer que, quel que soit le profil choisi et si

(*) On notera que c'est sur ce principe qu'a été réalisé le barrage en caoutchouc d'Aubas pour l'équipement d'une microcentrale E.D.F. (fig. 9 bis).

4/

Coupe de l'ouvrage prévu.
Cross-section of proposed structure.

5/ Opérations de reprise de la vase.
Mud excavation operations.

6/ Tapis roulant de reprise.
Mud conveyor.

7/ Vue de l'amorce de la digue de l'Aiguillon.
Start of the Aiguillon dyke.

8/ Vue du couronnement de la digue / The dyke crestworks.

— FONDATION ET PROFIL DU CONCOURS —

— FONDATION ET PROFIL DU MARCHÉ —

— PROFIL EXECUTE —

9/ Evolution du profil de la digue / Dyke cross-sections.

9 bis/ Vue de la vanne souple d'Aubas / Flexible gate at Aubas.

10/

11/

On assimile le profil à un trapèze, la zone la plus chargée est située dans l'axe de l'ouvrage, les contraintes étant de plus en plus obliques lorsqu'on s'éloigne de l'axe de la digue.

Il va de soi qu'un bon dispositif de fondation doit donc avoir pour effet de décomposer cette résultante oblique en des composantes horizontale et verticale susceptibles d'être facilement absorbées.

La première doit être absorbée par un dispositif de tendeurs. La deuxième par la réaction du sol d'assise.

On peut d'ailleurs imaginer que l'on obtiendrait une stabilité dès l'origine si l'on pouvait, soit venir déposer sur le terrain une tranche de digue « préfabriquée », ou si l'on pouvait disposer, entre le terrain d'assise et le terrain d'apport, d'un dispositif de fondation infiniment rigide.

Ainsi, un dispositif de fondation utilisant une feuille plastique devait répondre aux caractéristiques suivantes :

12/

10/ Mise en place du grillage.
Netting in position.

11/ Piquetage et gabion d'extrémité.
Staking-down and the end gabion.

12/ Détail de l'implantation de la fondation.
Foundation layout details.

13/ Pose de la bâche plastique.
Placing the plastic sheeting.

13/

- amortir les effets de dissymétrie inévitable de mise en charge pendant la réalisation de chaque étape de construction de la digue;
- empêcher le fluage des matériaux d'apport dans les matériaux d'assise et par l'annulation de la cohésion des couches d'assise pendant la mise en place des vases du fait de la thixotropie;
- absorber intégralement les composantes horizontales des efforts obliques;
- homogénéiser les contraintes verticales sur la surface d'assise;
- s'opposer à tout mouvement d'étalement ou de basculement du profil.

L'introduction d'un film plastique continu sous un ouvrage, constitue l'élément isolant susceptible de désolidariser les éventuels mouvements relatifs des masses d'apport par rapport aux vases d'assise et introduit un coefficient de frottement et de cohésion.

En outre, il convient de mobiliser de façon continue l'ensemble des contraintes transmises à la surface d'assise.

Pour arriver à cette fin, il vient naturellement à l'idée d'associer, au film plastique, un tendeur continu muni d'ancrages latéraux au pied de l'ouvrage (fig. 10).

Les premiers essais, exécutés dans ce but, ont consisté à placer, sous le film plastique, des tirants parallèles au profil de la digue et reliés aux butons d'extrémité, mais on s'aperçut très vite qu'il était préférable de les remplacer par des bandes de grillages à gabion, à mailles hexagonales 100×120 triple torsion en fil galvanisé de 3 mm.

En effet, on constata que la présence de ces grillages sur le sol avait l'avantage de permettre au personnel d'y marcher, même chargé de la bâche plastique qui allait y être étendue, sans risquer de s'enliser, élément fort intéressant pour l'exécution des travaux (fig. 10).

L'association du film plastique continu, posé sur une bande de grillage, permet, en outre, à la fois d'absorber les efforts de traction horizontaux, et d'obtenir la répartition la plus homogène des contraintes sur le sol : les composantes horizontales des poussées obliques s'opposent aux forces de traction mobilisées par le film plastique et provoquées par les charges verticales sur la fondation.

Restaient à réaliser les ancrages latéraux permettant de mobiliser, aux extrémités des tendeurs continus, les poussées obliques, de bloquer les tendances à l'étalement du profil et de résister aux efforts de traction dus au chargement.

Pour obtenir ce résultat, on imagina de gabionner aux extrémités, dans les bandes de grillages, des rangées de fagots « saucissonnés » et disposés sous les contrepoids du profil parallèlement à l'ouvrage; puis d'associer à ces lignes de fagots gabionnés un piquetage et une ligne de thunes, enfin d'établir, au-dessus de ce dispositif d'ancrage, un digueron de vase dont la consistance serait acquise avant mise en place du noyau (fig. 11).

Les essais résultant de ces diverses considérations furent concluants :

Ils ont été réalisés directement sur le terrain et ont porté successivement sur chacun des éléments : le grillage, les fagots gabionnés, la ligne de thunes; ils ont abouti aux conclusions suivantes :

— L'application d'une charge entraîne une accommodation des différents éléments, qui se traduit par des paliers de descente de la valeur de l'effort de traction. Ce phénomène s'accroît dès que l'on dépasse une tonne et sa durée est d'environ 30 minutes.

— La réaction de l'ancrage, qui se trouve stabilisée après environ une heure, est d'autant plus élevée que la charge appliquée à l'origine est plus forte.

— Une ligne de thunes dans un noyau de vase résiste, sans déplacement, à un effort de traction supérieur à 5 tonnes.

— Les fagots non piquetés, gabionnés sur 4 rangées, offraient à la traction par simple frottement une résistance de 1,5 t pour une largeur de 2 m.

L'ensemble du dispositif d'ancrage latéral retenu répondait ainsi largement aux conditions du problème.

La mise en œuvre du dispositif original de fon-

dation se trouve schématisée sur la figure 11 : elle comporte les opérations suivantes :

— Mise en place sur le sol des bandes de grillages juxtaposées. Chaque bande avait un recouvrement d'une maille sur la bande adjacente. Elles étaient intéressées l'une à l'autre par simple torsion des mailles de recouvrement.

— Gabionnage des fagots disposés longitudinalement par recouvrement des bandes extérieures de grillage sur les fagots, de façon à en assurer le recouvrement. Entre les fagots, les deux bandes de grillage superposées étaient intéressées l'une à l'autre par torsion d'une maille sur une autre.

Après un premier chargement du dispositif, on constata d'une part que, contrairement à ce qui se produisait auparavant, le terrain en place supportait sans conséquence fâcheuse la vase qui avait été rapportée. D'autre part, celle-ci, maintenue entre les deux bourrelets extrêmes, se tenait de façon satisfaisante, sans déborder au dehors, de telle sorte que, quelques jours après, la vase s'étant desséchée en partie, on pouvait la recharger à nouveau et ainsi monter la digue jusqu'à la cote de couronnement prévue.

On put ainsi, en prenant quelques précautions assez simples (ne pas laisser tomber de haut la charge de la pelle pour éviter des effets thixotropiques; attendre la consolidation progressive des matériaux d'apport) monter la digue jusqu'à sa cote finale, c'est-à-dire 3 m au-dessus de sa base.

Signalons, enfin, qu'un perfectionnement de détail a eu pour objet d'éviter à un inconvénient qui se présentait, parfois, lors du déroulement de la feuille plastique sur le sol : son soulèvement, sous l'effet de filets d'eau jaillissant du terrain et se trouvant emprisonné par cette enveloppe étanche : il a suffi, pour cela, de faire ménager quelques perforations régulières dans la bâche et l'inconvénient signalé disparut alors (fig. 13).

Finalement, le procédé empirique de construction que nous venons de décrire s'est avéré satisfaisant. Certes, les diverses considérations exposées ci-dessus, qui ont conduit à l'élaboration du procédé, n'ont guère la rigueur d'un raisonnement mathématique; mais il n'en resta pas moins que des résultats pratiques ont été obtenus.

Nous les résumerons ici sommairement sous la forme des remarques suivantes :

1. Le procédé assure une meilleure répartition de la charge sur le terrain d'appui au moment de l'apport des matériaux constitutifs de la digue.

2. Il réduit l'effet d'impact de ces apports quand la pelle se vide et, par là, fait disparaître les effets de la thixotropie sur le terrain.

3. Il supprime sur celui-ci les effets de traction horizontale dus à l'étalement des matériaux, puisque ceux-ci sont absorbés par la bâche, les tendeurs ou le grillage qui les remplace.

4. Enfin, il fait apparaître un coefficient de frottement « plastique sur vase » sur chaque face du plastique alors que, pour les couches vase sur vase, le $\tan \phi$ est pratiquement nul, ce qui concourt au maintien en place de la vase d'apport.

Examinons maintenant ce qui se passe lorsque la digue est construite depuis un certain temps :

DE L'AGUILLON

MIKRI du CRENEAU POLDER II

Ligne 102-104

14/

Etablissement du gabion de coupure.

Final closure gabion.

certes, le grillage, petit à petit, rouille et disparaît, mais le plastique peut durer assez longtemps : le traitement anti-moisissures appliqué par son fabricant lui garantit plusieurs années de durée.

Au bout de ce temps, la vase constituant la digue, sous l'action du vent et du soleil, s'est de proche en proche consolidée et les adjuvants de stabilité nécessaires au début deviennent inutiles, le matériau devenant autostable, sans pour autant d'ailleurs que le cœur du noyau prenne une consistance tout à fait solide.

Actuellement, nous disposons, sur cette digue, de trois années d'expérience. Au cours de ces trois années, plusieurs tempêtes violentes se sont produites sur la côte. Or, malgré l'absence de carapace sur la face externe de la digue, celle-ci, à l'usure superficielle due à l'érosion près, s'est parfaitement maintenue, alors que tous les ouvrages voisins, en maçonneries ou en enrochement, ont subi de graves avaries.

Il semble donc que le procédé de construction utilisé à l'Aiguillon ait parfaitement fait ses preuves, tant lors de la réalisation même de l'ouvrage que pour la suite de son existence et de son action.

Signalons, pour terminer, une extension particulière de l'emploi des ensembles grillages + plastiques qui résout de façon élégante les problèmes de fermeture d'une brèche parcourue par un courant, phénomène qu'on a eu à dominer ici lors de la fermeture finale des digues d'enclosure.

Le processus des travaux utilisé est le suivant :

1. Sur la brèche à fermer, on dispose deux lignes parallèles de pieux espacées de quelques mètres, les pieux constituant chaque ligne étant eux-mêmes espacés de 4 à 5 m.

2. Pour éviter que ces pieux, enfoncés dans un sol peu consistant, n'aient tendance à s'écarter, on les solidarise deux à deux au moyen d'une boucle réalisée avec du rond à béton.

3. On réunit, par quelques lices horizontales, les poteaux de mêmes rangées et on dispose un grillage prenant appui sur les poteaux, les lices et le terrain naturel entre les poteaux, comme indiqué sur la figure 14.

4. On dispose une bâche en plastique, pliée en trois sur elle-même, sur le terrain entre poteaux et on relie la tête de ceux-ci avec un vis-à-vis, par une boucle constituée par du rond à béton.

Toutes ces opérations sont faites à sec à basse mer, et, lorsque la mer montante envahit la brèche, l'eau trouve un libre passage dans les vides de cette ossature.

5. Pour effectuer la fermeture proprement dite, on relève de proche en proche les deux plis de la bâche en plastique le long des parois latérales constituées par les lignes de pieux. En même temps, on remplit le volume, ainsi défini, à l'aide de matériaux quelconques amenés par des engins mécaniques.

On peut ainsi établir un écran d'une notable longueur dans un temps très court. C'est simplement une question de puissance des engins permettant le transport des matériaux.

15/

16/

15/ et 16 Remplissage du gabion / Gabion filling.

17/ Les tirants supérieurs du gabion.
Upper gabion ties.

Lorsque le volume total compris entre les deux lignes de pieux est rempli, la coupure se trouve réalisée dans des conditions telles que le matériau, retenu à l'intérieur de la poche constituée par la bâche en plastique, ne peut être entraîné par le courant.

6. Il ne suffit plus, alors, que de renforcer l'ouvrage de coupure en le contrebutant, de part et d'autre, par des terres rapportées (fig. 14).

Les clichés nos 15 et 16 montrent comment se comporte l'ensemble du gabion de coupure sous l'effet de la poussée des matériaux contenus dans la gabienade.

On voudra bien noter, et c'est par là que se termine ce rapide exposé, que ce moyen de coupure, mis au point pour le cas particulier où les matériaux d'apport sont constitués par des vases mal consolidées, peut être mis en œuvre avec n'importe quels autres matériaux graveleux.

Le procédé constitue donc un moyen semble-t-il nouveau et original pour réaliser, soit des coupures de digues, soit des réparations de brèches avec des moyens en matériel relativement rudimentaires.

Discussion

Président : M. A. CAQUOT

M. le Président remercie M. GRIDEL.

A propos de l'utilisation par les Hollandais de feuilles de plastique, M. HAMON signale qu'ayant eu l'occasion en novembre 1966 de visiter les travaux du plan Delta en compagnie d'ingénieurs du Rijkswaterstaat, ceux-ci ont indiqué qu'ils utilisaient couramment, pour la protection de la fondation de leurs digues, des feuilles de nylon perforé, déposées à sec ou dans l'eau.

M. GRIDEL fait observer que les travaux auxquels il est fait allusion ici sont certainement postérieurs à la construction de la digue des polders de l'Aiguillon, car lorsqu'il a préconisé l'emploi des plastiques dans les assises des ouvrages, les autorités néerlandaises à qui il en avait parlé lui avaient déclaré que ce procédé n'avait encore jamais été utilisé en Hollande; par contre, comme cela a été indiqué dans le cours de l'exposé, les Néerlandais utilisaient déjà des feuilles de plastique, soit pour constituer des écrans verticaux d'étanchéité dans le corps de certaines digues, soit comme revêtements de surface pour éviter des érosions sur des ouvrages déversants.

M. le Président demande à M. GRIDEL s'il a pu obtenir tous les éléments nécessaires pour déterminer la valeur des « efforts latéraux » et des poussées, et plus généralement pour calculer l'équilibre du système.

M. GRIDEL n'a pas fait lui-même ces calculs qui ont été confiés par l'entreprise chargée des travaux à M. ROMANOVSKY spécialiste des problèmes de sédimentation. M. CALES pourra donner, plus amples renseignements à ce sujet au cours de sa communication.

Gravure du XVII^e siècle

LA HOUILLE BLANCHE

A L'ÉTRANGER

Bureaux d'abonnement et de vente

AUSTRALIE

Sydney N.S.W.

GRAHAME BOOK COMPANY : 39-49, Martin Place.

BRÉSIL et AMÉRIQUE DU SUD

Rio de Janeiro

« S.O.G.E.C.O. », José Luis Garcia Renalès : Avenida Rio Branco, 9, Sala 218.

CANADA

Montréal 8.PQ

LIBRAIRIE LEMEAC (Messageries France-Canada) : 371, Ouest Avenue Laurier.

ESPAGNE

Madrid

J. DIAS DE SANTOS : Lagasca n° 38.

Madrid

LIBRERIA VILLEGAS : Preciados, 46.

GRANDE-BRETAGNE

London W.C.2.

W.M. DAWSON & SONS LIMITED : Cannon House, Macklin Street.

London W.1.

I.R. MAXWELL Co. : 4-5, Fitzroy Square.

HOLLANDE

Amsterdam C.

MEULENHOF & CIE (Librairie) : Beulingstraat, 2-4.

La Haye

MARTINUS NIJHOFF : 9, Lange Voorhout.

HONGRIE

Budapest 62

KULTURA P.O.B. 149.

INDES

Calcutta 16

FRANCE-ARTS, 33-34 Park Mansions, Park Street.

ITALIE

Bologna

TECHNA : Via San Felice, 28, Casella Postale 503.

JAPON

Tokyo

MARUZEN Co. : 6, Tori-Nichome, Nihonbashi, P.O. Box 605.

MEXIQUE

Mexico D.F.

LIBRERIA VILLEGAS MEXICANA : Santa Ma., La Redonda, n° 209-9.

Mexico D.F.

MANUEL BONILLA (Librairie) : Tiber 38-201.

NOUVELLE-ZÉLANDE

Auckland-Wellington C.2.

R. HILL & SONS : Matlock House, 32, Quay Street.

PORTUGAL

Lisboa

LIVRARIA BERTRAND : 73, Rua Garret.

SUÈDE

Stockholm

A.B. HENRIK LINDSTAHL'S BOKHANDEL : Odengatan, 22.

SUISSE

Lausanne

S.P.E.S., S.A. Librairie et Editions techniques, 1, rue de la Paix.

TCHÉCOSLOVAQUIE

Praha 2

ARTIA : V° Smeckach, 30.

Praha 1

ORBIS (Import-Export) : Narodin, 37.

TURQUIE

Istanbul

LIBRAIRIE HACHETTE : 469, Istiklal Caddesi, Beyoglu.

U.S.A.

New York

MOORE-COTTRELL SUBSCRIPTION AGENCIES INC. : North Cohocton.

VENEZUELA

Caracas

LIBRERIA VILLEGAS VENEZOLANA, Avenida Urdaneta, Esquina Ibarra, Edificio Riera.