

12 **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

21 Numéro de dépôt: **84402660.9**

51 Int. Cl.<sup>4</sup>: **E 02 B 3/04**  
**E 02 D 29/02, E 02 D 17/20**

22 Date de dépôt: **19.12.84**

30 Priorité: **23.12.83 FR 8320666**

43 Date de publication de la demande:  
**03.07.85 Bulletin 85/27**

84 Etats contractants désignés:  
**AT CH DE FR GB IT LI NL SE**

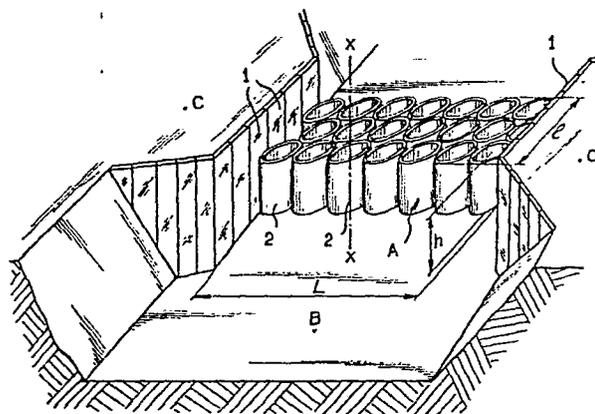
71 Demandeur: **HYDRO-ORGUE**  
**Tour Horizon 52 Quai de Dion-Bouton**  
**F-92806 Puteaux Cédex(FR)**

72 Inventeur: **Aubert, Jean**  
**8 rue de La Boétie**  
**F-75008 Paris(FR)**

74 Mandataire: **Bouju, André**  
**38 Avenue de la Grande Armée**  
**F-75017 Paris(FR)**

54 **Structure de génie civil préfabriquée, application à la construction d'un ouvrage et ouvrage en résultant.**

57 Dispositif de construction et d'utilisation de structures multibulaires dénommées "orgues" A, dont les éléments (2) associés ont la forme de cylindres de révolution ou de prismes. Les dimensions (L, 1) transversalement à l'axe (X-X) des éléments (2) sont supérieures à la dimension (h) suivant cet axe (X-X). Plusieurs orgues accolés constituent une ligne d'orgues, utilisable pour couper un courant d'eau. Plusieurs lignes d'orgues peuvent être superposées pour construire un ouvrage déversant, d'une certaine hauteur. Des moyens sont prévus pour amener par flottage une ligne d'orgues au-dessus de sa position d'échouage. Des orgues peuvent également être utilisés avantageusement dans certaines constructions effectuées à sec.



**FIG.1**

"Structure de génie civil préfabriquée, application à la construction  
d'un ouvrage et ouvrage en résultant"

La présente invention concerne une structure de génie civil préfabriquée, son application à la construction d'un ouvrage, et l'ouvrage en résultant tel qu'une coupure d'un courant d'eau, un barrage, un bajoyer d'écluse, une digue à la mer et analogues.

La structure préfabriquée visée par l'invention, de nature multitubulaire, ainsi qu'il sera vu, sera pour plus de simplicité dénommée "orgue" dans la description et les revendications qui suivent.

On sait que pour réaliser une coupure, c'est-à-dire un ouvrage établi en travers d'un courant d'eau allant d'une berge jusqu'à l'autre afin de relever le niveau des eaux en amont, un procédé connu consiste à opérer simultanément sur toute la largeur du courant d'eau et en progressant depuis le fond jusqu'à la surface. On réalise alors ce qu'on appelle une coupure horizontale.

On sait également que lors de la réalisation d'une telle coupure, la pente du parement aval du massif augmente avec le poids des enrochements utilisés et il en résulte que la longueur et le volume du massif diminuent dans les mêmes conditions.

De plus, lors de la réalisation d'une coupure, on cherche à répartir de façon égale les matériaux sur toute la longueur du massif afin d'éviter la formation d'un point bas. En effet, la force d'érosion augmente avec la profondeur d'eau et un abaissement local de la crête du massif tend donc à augmenter cette force d'érosion. On se trouve alors en présence d'un phénomène instable et si l'arrivée des matériaux que l'on déverse pour réhausser le point bas est trop lente, ces matériaux sont emportés et viennent se déposer sur le talus aval, l'érosion se poursuivant dans ce cas jusqu'à ce que la pente aval du massif de coupure soit devenue très faible. Il faut alors mettre en oeuvre un volume d'enrochements très important pour rétablir le niveau initial du massif.

Toutefois, la mise en place régulière sur toute la largeur d'un courant d'eau de masses très lourdes, qu'il s'agisse d'enrochements naturels ou d'enrochements artificiels tels que des blocs de béton préfabriqués, présente de grandes difficultés. En effet, l'acheminement simultané ou presque simultané des enrochements lourds le long de toute la ligne de coupure est très difficile à réaliser et nécessite généralement la mise en oeuvre d'installations très onéreuses.

Un des buts de la présente invention est de réaliser un ensemble constituant une lourde masse indivisible, susceptible de remplacer économiquement un massif de béton agissant par son poids, cet ensemble étant disposé de façon à constituer un ouvrage tel qu'une coupure, un barrage, une culée de pont, un bajoyer d'écluse, ou analogue, qui ne soit pas déplacé, même par un courant violent.

Un autre but de l'invention est de réaliser un ouvrage pouvant avoir plusieurs dizaines de mètres de hauteur et pesant plusieurs centaines ou milliers de tonnes, tout en n'utilisant que de petites quantités d'un matériau noble tel que l'acier.

En vue d'atteindre ces buts, on prévoit selon l'invention une structure de génie civil dénommée "orgue" caractérisée en ce qu'elle comporte plusieurs éléments tubulaires rigides associés faisant corps entre eux et comportant des orifices de remplissage.

Ainsi, chaque orgue, réalisé en tôle d'acier ou en un matériau analogue, constitue une structure volumineuse mais légère que l'on peut mettre en place aisément. De plus, l'ouvrage réalisé avec un ou plusieurs orgues associés est sensiblement horizontal et peut être rempli progressivement avec un matériau pondéreux.

Selon une réalisation avantageuse, les éléments tubulaires sont associés selon au moins une rangée s'étendant transversalement à l'axe des éléments et les dimensions de l'orgue transversalement à l'axe des éléments sont supérieures à sa dimension selon cet axe. Ainsi  
5 l'ensemble a une très grande stabilité lorsqu'il est mis en place.

Selon un mode de réalisation particulier, les éléments tubulaires sont des cylindres droits à base circulaire, cette disposition permettant une faible déformation des éléments tubulaires lors de l'introduction  
10 des enrochements.

Selon une autre variante de réalisation avantageuse de l'invention, les éléments cylindriques tubulaires ont une base triangulaire et la structure est réalisée de  
15 façon aisée par une association de tôles pliées en zig zag associées à des tôles planes. En particulier, les tôles pliées en zig zag sont constituées par une succession de tôles en W mises bout à bout, séparées par des tôles planes parallèles, l'assemblage cellulaire ainsi réalisé  
20 étant complété par des tôles de bordé s'étendant le long de l'orgue et constituant les parois de celui-ci.

Selon encore d'autres caractéristiques de réalisation de l'invention, chaque orgue comporte des moyens pour assurer temporairement sa flottaison sur l'eau.  
25 Préférentiellement ces moyens comprennent des ballons gonflés disposés à l'intérieur des éléments tubulaires, ou des membranes tendues en travers de l'ouverture des éléments. Ces moyens de flottaison sont de préférence disposés à la base des éléments tubulaires afin que l'orgue  
30 ait un faible tirant d'eau lorsqu'il flotte. Un moyen de rupture simultanée de l'ensemble des moyens de flottaison, par exemple une amorce explosive disposée sur chaque membrane ou chaque ballon, et déclenchée à distance est en outre prévu pour permettre un échouage rapide de l'orgue  
35 sur le site d'implantation de la coupure par suppression brutale des moyens de flottaison.

A titre d'exemple, le procédé de réalisation d'une coupure comporte les étapes suivantes : on réalise un socle en enrochements ayant une surface sensiblement plane sur toute la largeur du courant d'eau, on échoue  
5 sur ce socle une ligne d'orgues comprenant au moins un orgue de telle sorte que les éléments tubulaires de chaque orgue soient disposés de manière sensiblement verticale, on remplit les éléments tubulaires de chaque orgue avec des matériaux pondéreux.

10 Selon une version avantageuse du procédé conforme à l'invention, on amène chaque orgue par flottage au-dessus du site d'échouage et on provoque cet échouage en conservant sensiblement verticaux les axes des éléments tubulaires par une rupture simultanée des moyens de flot-  
15 taison sur toute la surface de la ligne d'orgues. En particulier, on réalise une ligne d'orgues flottante s'étendant sensiblement sur toute la largeur du cours d'eau en mettant bout à bout plusieurs orgues et en assujettissant ceux-ci entre eux. La ligne d'orgues flottante  
20 ainsi réalisée est retenue par des câbles d'amarrage enroulés sur des treuils placés en amont du site d'immersion et on la laisse dériver sous l'effet du courant en contrôlant le déroulement des amarres jusqu'à ce que la ligne d'orgues se trouve à l'aplomb du site d'échouage.  
25 On provoque enfin la crevaison simultanée des ballons ou des membranes.

Un tel procédé permet la réalisation d'un ouvrage tel que la coupure d'un courant d'eau même lorsque le cours d'eau ne se trouve pas en période de faible débit.

30 Selon d'autres caractéristiques du procédé, on superpose successivement plusieurs lignes d'orgues, chaque ligne d'orgues étant remplie de matériaux pondéreux avant la mise en place de la ligne d'orgues suivante ; on réalise un remblai en amont de chaque ligne d'orgues  
35 après le remplissage et on échoue les lignes d'orgues successives de façon décalée les unes par rapport aux autres vers l'amont en partant de la base de la coupure, l'ensemble ayant ainsi l'apparence d'un escalier.

Selon un aspect de l'invention, on réalise un ouvrage comprenant au moins un orgue, les éléments tubulaires de l'orgue étant disposés de façon sensiblement verticale et étant remplis d'un matériau pondéreux.

Selon une variante avantageuse un ouvrage comprend plusieurs lignes d'orgues, au moins partiellement superposées, un remblai étant réalisé sur un côté de chaque ligne d'orgues, et les lignes d'orgues situées à des niveaux différents étant décalées les unes par rapport aux autres.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention résulteront de la description ci-après d'exemples non limitatifs, en référence aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 est une vue en perspective d'une coupure à orgue selon l'invention disposé dans un cours d'eau à sec ;

- la figure 2 est une vue de dessus partielle de deux orgues comportant des éléments tubulaires à base triangulaire ;

- la figure 3 est une vue en coupe diamétrale d'un élément tubulaire à base circulaire équipé d'un moyen de flottabilité (non coupé) et disposé sur un plan d'eau,

- la figure 4 est une vue de dessus d'un élément tubulaire en forme de prisme à base triangulaire équipé d'un moyen de flottabilité,

- la figure 5 est une vue de dessus schématique d'un courant d'eau dans lequel trois orgues associés sont en cours de mise en place ;

- la figure 6 est une vue en coupe schématique d'un cours d'eau lors de la mise en place d'une première ligne d'orgues ;
- 5 - la figure 7 est une vue en coupe schématique d'un cours d'eau lors de la mise en place d'une deuxième ligne d'orgues ;
- la figure 8 est une vue en coupe schématique d'un cours d'eau comportant une coupure selon l'invention,
- 10 - la figure 9 est une vue en perspective d'un orgue comportant des éléments tubulaires cylindriques à base circulaire,
- la figure 10 est une vue en coupe schématique d'un barrage réalisé avec des orgues selon l'invention,
- la figure 11 est une vue en coupe d'une coupure
- 15 comportant une variante de réalisation des orgues,
- la figure 12 est une vue en coupe d'un cours d'eau lors de la mise en place d'une ligne d'orgues, selon une variante d'exécution,
- la figure 13 est une vue en coupe d'une variante
- 20 de réalisation d'une coupure,
- la figure 14 est une vue en coupe schématique d'une digue à la mer,
- la figure 15 est une vue en coupe schématique d'un mur de quai,
- 25 - la figure 16 est une vue en coupe schématique des bajoyers d'une écluse,
- la figure 17 est une vue en coupe schématique d'une fosse d'affouillement en aval d'un barrage,
- la figure 18 est une vue en coupe schématique
- 30 partielle d'un canal de navigation.

On a représenté sur la figure 1, selon une vue en perspective, un orgue A selon l'invention mis en place dans un cours d'eau B supposé momentanément à sec. Pour assurer le calage de l'orgue A, les berges C du courant d'eau ont été aménagées de façon à réaliser un chenal de largeur sensiblement constante et d'une hauteur suffisante pour contenir le cours d'eau en périodes de hautes eaux.

Au niveau de la coupure, les berges C sont soutenues par des rideaux de palplanches métalliques 1.

Dans cet exemple de réalisation, l'orgue A comprend une série d'éléments tubulaires 2 cylindriques parallèles entre eux, à base circulaire accolés les uns aux autres et soudés entre eux le long de génératrices. Chaque élément tubulaire peut par exemple être réalisé à partir d'une tôle d'acier de 3 mm d'épaisseur, 2 mètres de hauteur et de 4,41 mètres de longueur permettant de réaliser un cylindre de 1,5 mètres de diamètre par cintrage de la tôle et soudure des deux bords extrêmes mis en contact l'un avec l'autre. Dans l'exemple considéré, l'orgue A comprend plusieurs rangées d'éléments tubulaires 2 accolés parallèles entre eux, les rangées s'étendant transversalement à l'axe X-X des éléments 2 et constituant une structure indivisible dont les dimensions (L, l) transversalement à l'axe X-X des éléments sont supérieures à la dimension (h) selon cet axe. Sur l'orgue représenté, tous les éléments ont la même longueur et l'orgue a donc sensiblement la forme d'un parallélépipède dont le grand côté est disposé perpendiculairement aux berges C. Les éléments tubulaires 2 sont ouverts à leurs deux extrémités lesquelles sont situées dans deux plans parallèles, orthogonaux aux axes de ces éléments.

Dans le cas d'une mise en place dans un cours d'eau momentanément à sec, l'orgue pourra être soit construit sur une rive du cours d'eau puis mis en place par des moyens appropriés, soit directement construit dans le lit du cours d'eau.

Une fois que l'orgue est mis en place dans le cours d'eau, les éléments cylindriques sont remplis avec des matériaux pondéreux tel que des pierrailles.

Ainsi, même si les éléments tubulaires ne sont pas tous complètement remplis, le poids de l'ensemble est suffisant pour maintenir l'orgue en place dans le courant et cet orgue présente transversalement au courant d'eau un bord supérieur sensiblement horizontal de sorte qu'il n'y a nulle part une accélération du courant d'eau susceptible d'entraîner des désordres.

Des éléments tubulaires à base circulaire présentent l'avantage de ne pas se déformer lorsqu'on les remplit de matériau pondéreux. Mais dans le cas d'une coupure réalisée avec un orgue selon l'invention, des déformations, mêmes assez importantes ne présentent pas d'inconvénients notables et il est possible de remplacer les cylindres à base circulaire par des prismes, en particulier à base triangulaire permettant une réalisation plus aisée des orgues.

On a représenté sur la figure 2 une vue de dessus d'un orgue comportant des éléments tubulaires de ce type formant un faisceau d'éléments prismatiques à base triangulaire. L'orgue est alors constitué par une série de tôles planes entre lesquelles sont disposées des tôles en zig zag, et plus particulièrement des tôles en W reliées aux tôles planes par des cordons de soudure. Dans ce cas, les tôles pliées peuvent être amenées sur le chantier déjà pliées.

On a représenté sur la figure 2 une vue partielle de deux orgues adjacents comportant des extrémités complémentaires 7 et 8. On constate que ces extrémités 7 et 8 peuvent soit directement s'appuyer sur les rives d'un cours d'eau, soit s'encastrent l'une dans l'autre de façon à réaliser une ligne d'orgues présentant une certaine rigidité. La rigidité d'une ligne d'orgues associées peut être augmentée en prévoyant des moyens d'association complémentaires tels que des pattes soudées réunissant les faces planes de deux orgues adjacents ou des câbles 32.

Si un orgue est soumis à un certain effort de flexion, il y a intérêt à remplacer les tôles minces extérieures, ou au moins l'une des tôles de l'orgue qui jouent le rôle de semelle d'une poutre travaillant à la flexion, par des tôles plus épaisses 3a (fig. 2).

Selon un autre aspect de l'invention, et afin de réaliser une mise en place d'une ligne d'orgues dans une eau courante, on prévoit selon l'invention d'équiper les orgues de moyens de flottaison temporaires. Dans une forme de réalisation préférée, ces moyens de flottaison, tels que représentés sur les figures 3 et 4, sont des ballons 9 en une matière plastique expansible telle que du caoutchouc ou du néoprène, comportant une valve de gonflage 10 et un moyen de destruction de l'enveloppe, tel qu'une amorce explosive 11 pouvant être commandée électriquement au moyen d'un fil 12 relié à un organe de mise en feu approprié, ou par tout autre moyen.

L'expérience montre qu'il n'est pas nécessaire de gonfler les ballons 9 fortement pour obtenir un frottement suffisant pour que tout risque de glissement soit éliminé. En particulier, dans le cas d'éléments tubulaires à base triangulaire, comme représentés sur la figure 4, le contact entre la paroi du ballon 9 et la tôle pliée 4 se fait le long d'une partie seulement de chaque côté du triangle mais assure néanmoins un frottement suffisant pour supporter l'effort de sustentation de l'élément tubulaire correspondant. En effet, lorsqu'un ballon 9

est disposé dans chaque élément tubulaire 2, le poids à supporter par le ballon 9 est minime. Au contraire, le frottement entre la paroi du ballon 9 et la tôle 4 peut, si on le désire, être considérable : il suffit pour  
5 cela de gonfler fortement le ballon 9.

Le ballon 9 est de préférence disposé à la base de l'élément tubulaire, comme représenté sur la figure 3, et assure ainsi une flottabilité avec un minimum de tirant d'eau de l'orgue, lorsque celui-ci est disposé  
10 dans le courant d'eau.

On notera qu'il n'est pas indispensable de munir tous les éléments tubulaires 2 de ballons. En effet, la flottabilité est assurée par l'immersion d'une partie seulement du ballon. Dès l'instant où un nombre réduit  
15 de ballons assure la flottaison d'un orgue, les autres éléments tubulaires peuvent rester vides. Néanmoins, on prévoit de préférence un ballon dans chaque élément car cette disposition permet d'obtenir le tirant d'eau minimum.

Bien que le moyen préféré de flottaison soit un ballon, on prévoit aussi selon l'invention d'autres moyens pour assurer la flottaison temporaire de l'orgue. En particulier, on peut fermer temporairement la base ou le haut des éléments tubulaires 2 au moyen d'une membrane  
25 souple (feuille de matière plastique) ou rigide (tôle). On peut également prévoir une ceinture flottante disposée à l'extérieur de l'orgue et maintenue contre celui-ci par tout moyen approprié, l'objectif préféré étant de pouvoir supprimer simultanément l'ensemble des moyens  
30 de flottaison des orgues afin que ceux-ci soient immergés ensemble ainsi qu'il sera vu plus loin.

Lors de la construction des orgues, il est possible de construire une cale de radoub en bordure du cours d'eau sur lequel on doit opérer. On fait en sorte que son radier soit, à volonté, tantôt à sec et tantôt recouvert de quelques décimètres d'eau. Lorsque les soudures d'un orgue sont terminées, on assure sa flottabilité, par exemple en mettant en place les ballons. Dans le cas où l'on utilise des ballons, ceux-ci doivent être mis en place et gonflés à la pression assurant un frottement suffisant alors que l'orgue est encore à sec, faute de quoi le ballon s'élèverait dans l'élément tubulaire 2 dès que l'orgue serait mis à l'eau et ne remplirait plus sa fonction. En effet, si l'on gonflait une enveloppe de ballon qui serait immergée, elle s'élèverait jusqu'à la surface de l'eau dès le début de l'opération, c'est-à-dire avant que le ballon ait pris un volume suffisant pour frotter sur les parois.

On laisse ensuite l'eau entrer sur la cale de radoub de sorte que l'orgue peut être évacué vers le cours d'eau. La cale de radoub est ensuite asséchée pour entreprendre commodément la construction de l'orgue suivant.

Selon une autre forme de réalisation, on prévoit un ponton immergeable comportant des ballasts et amarré le long d'une berge. Lorsqu'un orgue a été construit et équipé de ses moyens de flottaison, l'eau est admise dans les ballasts et le ponton est légèrement immergé, son enfoncement étant limité par des chaînes amarrées à la rive et à des flotteurs indépendants. Après évacuation de l'orgue, l'eau est à nouveau éliminée des ballasts et le ponton émerge, prêt pour la constructions d'un nouvel orgue.

On a représenté sur la figure 5 une vue schématique de dessus d'un cours d'eau sur lequel trois orgues associées 13 équipés de leur moyen de flottaison sont maintenus en amont des culées 14 entre lesquelles doit être effectuée la coupure. En amont des culées, la largeur du cours d'eau doit être supérieure à l'écartement des culées afin que l'on puisse aligner et assembler les orgues. Afin d'éviter une dérive dans le courant, symbolisé par une flèche F, des câbles sont fixés à une extrémité à des bollards 20 solidaires de l'orgue, les câbles étant par ailleurs enroulés sur des treuils 16 disposés sur la rive du cours d'eau ou sur des plates-formes provisoires émergées 17, portées par des pieux battus en rivière. Les orgues 13 sont ainsi maintenus en ligne pour réaliser une ligne d'orgues flottante D, de longueur sensiblement égale à la distance entre les culées 14.

Pour sa mise en place, on laisse dériver parallèlement à elle-même la ligne d'orgues flottante D suivant F sous l'effet du courant en donnant du mou aux amarres 15, jusqu'à ce que la ligne d'orgues vienne en D1 au-dessus du site d'immersion, après quoi on crève simultanément tous les ballons.

On se reportera maintenant à la figure 6 qui représente une vue en coupe schématique d'un cours d'eau au moment de la réalisation d'une coupure. Un socle 18 est tout d'abord mis en place sur le fond du cours d'eau entre les berges non figurées. Ce socle 18 est constitué par des enrochements d'une dimension suffisante pour ne pas être entraînés par le courant.

30

Le socle 18, doit se prolonger en aval des orgues échoués pour que l'eau s'écoulant par dessus leur crête ne risque pas de provoquer des affouillements.

5 L'horizontalité du socle 18 est vérifiée au moyen d'un dispositif appelé "guillotine" comprenant une barre horizontale portée par deux montants, chacun d'eux pouvant pivoter dans un plan vertical. S'il y a lieu, on procède aux rechargements locaux nécessaires. Pour aplanir la surface d'enrochements, on utilise avant-  
10 geusement une sorte de herse déplacée par des câbles. Une fois que le socle 18 est réalisé, un ou plusieurs orgues 13a en ligne sont amenés à l'aplomb du socle 18 en donnant du mou aux amarres 15.

Lorsque la couche d'orgues 13a est à l'aplomb  
15 du socle 18, les moyens de flottaison sont détruits simultanément. En particulier, l'expérience montre que lors du percement d'un ballon gonflé, il n'y a pas dégonflage progressif mais une véritable explosion du ballon, la déchirure initialement amorcée se prolongeant avec une  
20 très grande vitesse. La ligne d'orgues s'immerge rapidement tout en restant horizontale jusqu'au moment où la base des éléments tubulaires 2 vient en contact avec la surface du socle 18. La ligne d'orgues 13a réalise alors un barrage à couronnement horizontal sur toute la largeur du cours  
25 d'eau et les éléments tubulaires 2 peuvent être progressivement remplis avec un matériau pondéreux. Le remplissage des éléments tubulaires 2 des orgues peut être effectué par tout moyen approprié au moyen d'une drague suceuse prélevant directement dans le lit du cours d'eau, de  
30 petits enrochements que l'on y aura préalablement approvisionnés ou par des pontons-grues déchargeant des chalands contenant les matériaux nécessaires, ou encore par un blondin.

On aurait pu craindre que les orgues, même remplis  
35 d'enrochements, soient entraînés par le courant en faisant rouler sous eux les enrochements du socle. L'expérience a montré qu'il n'en était rien.

On ne pourrait réaliser une coupure d'une hauteur importante avec une seule ligne d'orgues. Selon une forme de réalisation, on prévoit, après mise en place et remplissage d'une première ligne ou couche d'orgues, de disposer  
5 de la même façon une deuxième ligne d'orgues au-dessus de la première, la deuxième ligne d'orgues étant un peu plus longue que la première si la vallée a une section en V. Pour éviter des affouillements du lit du cours d'eau en aval de la coupure, il pourra être préférable  
10 de diviser la hauteur de la chute en une série de chutes élémentaires décalées les unes par rapport aux autres de l'amont vers l'aval.

Cette série de chutes élémentaires est obtenue ainsi que cela est représenté sur la figure 7 en réalisant  
15 un remblai 19 en amont de la première ligne d'orgues 13 après remplissage de celle-ci par des enrochements. La surface du remblai prolonge en amont la surface supérieure de la première ligne d'orgues et constitue alors une surface de réception pour une deuxième ligne d'orgues  
20 13b mise en place, échouée et remplie de la même façon que la première ligne d'orgues. Un nouveau remblai peut être effectué en amont de la deuxième ligne d'orgues et on obtient alors la structure représentée sur la figure 8, par adjonction d'une troisième ligne 13c, ces diverses  
25 lignes 13a, 13b, 13c étant décalées les unes par rapport aux autres en partant de la base de la coupure vers son sommet.

On peut ainsi superposer une série de lignes d'orgues et réaliser une coupure remontant de façon  
30 sensible le niveau du cours d'eau et même réaliser ainsi un barrage. Sur sa face amont, ce barrage comporte de préférence un revêtement d'étanchéité, par exemple un massif d'argile 46.

Lorsque le barrage est terminé, le débit peut  
35 s'écouler en passant par dessus sa crête.

Il arrivera souvent qu'une prise d'eau, destinée par exemple à alimenter une usine hydro-électrique soit implantée à une cote inférieure à la cote de la crête de l'ouvrage. En suspendant le travail pendant les grandes eaux, la  
5 partie supérieure de l'ouvrage pourra être construite à sec.

Sur la variante de la figure 9, l'orgue comporte en outre un treillis métallique 23 servant de chemin de circulation.

10 L'orgue comporte enfin des écharpes en V 24 disposées dans le plan supérieur de l'orgue et fixées aux éléments tubulaires, par exemple par des soudures. Les écharpes 24 répartissent ainsi sur plusieurs éléments tubulaires 2 les efforts supportés par les bollards d'amar-  
15 rage 25.

De telles écharpes ne sont pas nécessaires avec des orgues à éléments triangulaires, l'effort exercé à un noeud étant directement transmis à six tôles qui assurent une bonne répartition des efforts dans la masse  
20 de la structure.

Dans une variante de réalisation où plusieurs lignes d'orgues sont superposées, si des bollards 20 ou 25 sont utilisés pour retenir les orgues avant leur échouage, ces bollards peuvent être placés en retrait  
25 par rapport au bord de l'orgue ainsi qu'on le voit sur les figures 2, 5, 6, 7, 8, 9. Ces bollards jouent également le rôle de butée ainsi qu'on le voit sur la figure 8.

On a représenté sur la figure 10 une vue en coupe schématique d'un barrage réalisé avec des orgues  
30 conformes à l'invention.

Le barrage comporte une série d'orgues 13 superposés et décalés les uns par rapport aux autres.

On a réalisé à sa partie supérieure un couronnement constitué par une dalle en béton 29 sur laquelle est disposé un barrage mobile 30.

La question des dimensions en hauteur et en largeur des diverses marches d'escalier est importante. Il est en effet souhaitable que l'eau de crue s'écoule sans s'accélérer sur le parement aval de l'ouvrage. Dans de telles conditions, on pourra se dispenser de prévoir à l'aval un dispositif dissipateur d'énergie. Il est cependant souhaitable que les derniers gradins se trouvent noyés sous le niveau de la retenue aval.

Eventuellement, les marches présentent des largeurs différentes, en particulier les marches du bas peuvent avoir une largeur  $E$  supérieure à celle  $e$  des marches du haut, comme représenté sur la figure 10.

Selon une variante, les orgues ont progressivement une hauteur de plus en plus grande du bas vers le haut de l'ouvrage de sorte que la pente du parement aval augmente au fur et à mesure que l'ouvrage s'élève.

Les matériaux pour la réalisation des orgues peuvent être divers. En particulier, pour éviter les problèmes de corrosion, les tôles d'acier peuvent être métallisées ou encore être réalisées avec un acier peu oxydable.

Selon une variante, on prévoit également un revêtement en béton sur les marches afin d'empêcher l'eau tombant de l'étage supérieur d'emporter une partie des matériaux qui remplissent les orgues, mais il est alors souhaitable de prévoir des événements 22 permettant un drainage des lignes d'orgues et évitant une mise sous pression du revêtement bétonné par l'eau remontant à travers les

lignes d'orgues. Alternativement, le remplissage de la partie supérieure des éléments constitutifs des orgues est effectué avec des enrochements suffisamment lourds, quelques-uns étant solidarisés par du béton.

5 Dans la variante de la figure 11, chacun des orgues des lignes d'orgue 13a, 13b et 13c comprend trois rangées d'éléments 2a, 2b et 2c de hauteur semblable et une rangée d'éléments 2d de hauteur plus faible qui réalisent ainsi, sur la surface supérieure de l'orgue, un  
10 décrochement 32 s'étendant le long du bord amont de l'orgue.

Lors de la mise en place des orgues, le bord inférieur aval de chaque orgue vient en appui sur le décrochement 32 de l'orgue disposé à l'étage immédiatement inférieur, de sorte que la résultante des forces auxquelles  
15 l'orgue est soumis, se trouve dirigée sensiblement suivant la ligne joignant la base des décrochements 32 et qui est représentée en pointillés sur la figure 13.

On peut faire varier la pente de cette ligne en faisant varier le rapport du nombre de rangées d'éléments 2  
20 de grande hauteur au nombre de rangées d'éléments 2 de hauteur plus faible ou en faisant varier la profondeur du décrochement.

En outre, le décrochement 32 constitue une butée analogue aux bollards 20 et facilite donc la mise en place  
25 des lignes d'orgues successives selon un ensemble parfaitement aligné.

Une variante de réalisation du procédé de mise en place décrit en référence aux figures 6 à 8 est représentée sur la figure 12. La coupe est partiellement tronquée  
30 pour permettre une représentation des éléments intervenant dans la variante tout en restant dans les limites de la figure.

Selon cette variante, les orgues sont préalablement assemblés en ligne comme précédemment. Toutefois,  
35 les treuils 17 sont cette fois montés sur les orgues eux-mêmes. L'extrémité des câbles 15 opposée à celle fixée sur les treuils 17 est munie d'un crochet 33 engagé dans

une boucle 34 solidaire d'un corps mort 35 tel qu'un orgue selon l'invention échoué et rempli d'enrochements en amont du site de la coupure. De la même façon que précédemment, lorsque les orgues sont alignés selon un barrage flottant en travers du courant d'eau, du mou est donné aux câbles 15 pour amener la ligne d'orgues à l'aplomb de sa zone d'échouage.

Les orgues sont alors maintenus à l'aplomb voulu au moyen de pinces 36 fixées sur eux et qui serrent les câbles 15. Les treuils 17 sont ensuite démontés et ramenés à terre puis les orgues sont échoués et remplis d'enrochements de la même façon que précédemment. Après ancrage des orgues, les câbles 15 peuvent être récupérés ou au contraire laissés en place pour constituer des tirants d'ancrage ainsi que cela est représenté sur la figure 13.

Selon cette réalisation, au fur et à mesure de la mise en place des lignes d'orgues 13a, 13b et 13c, celles-ci ont été reliées à un orgue 35a préalablement échoué et rempli d'enrochements et chacun des câbles de retenue, respectivement 15a à 15c, a été maintenu en place de sorte que les lignes d'orgues 13a à 13c sont stabilisées en position non seulement par le poids qui agit sur elles mais également par la traction sur les câbles 15 à 15c reliés aux corps morts 35a et 35b. Pour éviter un angle trop important des câbles 15 avec l'horizontale, on prévoit avantageusement qu'après avoir posé plusieurs orgues, on étend le remblai amont jusqu'au premier corps mort 35a

qui se trouve ainsi intégré à l'ouvrage, avant de mettre en place un deuxième corps mort 35b relié aux orgues 13d à 13f au moyen de câbles 15d à 15f respectivement.

5 Cette variante de réalisation permet de construire des ouvrages ayant une face aval présentant une très grande pente sans risque d'éboulement de celle-ci.

10 Sur la réalisation de la figure 13, on a également prévu une série de palplanches 37 battues dans le sol à l'aplomb du bord aval de la ligne d'orgues inférieure et qui constitue un écran para fouille s'opposant à un affouillement de l'ouvrage.

La figure 14 montre la réalisation selon l'invention d'une digue à la mer du type de celles pouvant servir pour les usines marémotrices.

15 Dans ce cas, les lignes d'orgues identiques 13a à 13c sont disposées en escalier de façon symétrique par rapport à la digue pour recouvrir celle-ci, une ligne d'orgues 13f formant la couverture finale au sommet de la digue. Ainsi, il est possible de réaliser une digue  
20 en mettant en oeuvre un matériau très meuble tel que du sable, cette digue présentant malgré cela des flancs ayant une pente forte et diminuant en conséquence le volume total de la digue.

Le même remplacement d'un talus très doux par un escalier d'orgues est indiqué lorsque l'on est amené à construire une île artificielle. En effet, dans ce cas comme dans celui de la digue, on cherche à réduire dans la mesure du possible le volume de sable mis en oeuvre.

La figure 15 illustre la réalisation selon l'invention d'un mur de quai vertical exposé à une attaque directe de la mer. Les rapides variations d'eau devant le mur vertical entraînent la production de très violents courants horizontaux devant l'ouvrage de sorte que des affouillements funestes à la stabilité du mur lui-même peuvent s'y produire.

Dans le cas représenté, une série de lignes d'orgues 13a à 13g sont superposées avec l'un de leurs bords à l'aplomb des autres afin de constituer une paroi verticale continue 51.

Selon la réalisation avantageuse représentée, le mur est prolongé vers le large par un pavage 52 formé de lignes d'orgues 13h à 13k disposées sur le fond de la mer les unes à côté des autres au même niveau et constituant des masses indivisibles de plusieurs centaines de tonnes se confortant les unes les autres.

Pour construire (figure 16) une écluse comportant deux bajoyers verticaux 39 et 40, on peut utiliser des orgues à éléments triangulaires comme décrit en référence à la figure 2. La face visible d'un bajoyer est constituée par des tôles rectangulaires jointives. La construction de l'ouvrage étant supposée faite à sec, il est peu coûteux de souder les tôles les unes aux autres pour obtenir un ouvrage parfaitement étanche. Dans ce cas, on choisit de préférence pour la réalisation des orgues, une nuance d'acier particulièrement résistante à la rouille et à l'usure produite par le frottement des bateaux. Pour

mieux résister aux chocs de ceux-ci, inévitables, notamment près des têtes, les éléments situés immédiatement au contact des tôles constituant le parement pourraient être remplis avec du béton et non pas avec des matériaux pondéreux.

5           La figure 17 est la coupe transversale de la portion aval d'un ouvrage déversant 42 et de la fosse 43 d'affouillement qui lui fait habituellement suite. C'est dans cette fosse, dont la profondeur en aval de certaines cascades naturelles, pour atteindre une centaine  
10 de mètres, que se dissipe en tourbillons l'énergie produite par la chute. Un phénomène analogue d'affouillements se produit en aval de certains barrages.

          Pour limiter l'approfondissement de la fosse, celle-ci est parfois entièrement revêtue de maçonneries.  
15 Dans d'autres circonstances son approfondissement est parfois limité par l'utilisation de très gros enrochements.

          Dans le cadre de la présente invention, le fond de la fosse 43 est protégé par un pavage 44 comprenant une ou plusieurs lignes d'orgues accolées selon une couche  
20 à proximité de l'ouvrage 42 suivi d'un ou plusieurs orgues 46 en escalier montant qui cassent le courant afin que celui-ci ne soit plus en régime torrentiel à la sortie de la fosse d'affouillement 43.

          La figure 18 illustre la réalisation d'un canal  
25 de navigation 53 dont les rives sont protégées contre le batillage résultant du passage des bateaux par une ligne continue d'orgues 13 encastrée dans la rive 45.

          Les exemples de réalisation non limitatifs qui précèdent mettent en évidence que la structure de génie  
30 civil préfabriquée conforme à l'invention se prête de manière simple à la constitution de très nombreux ouvrages, remarquables par la simplicité et la rapidité de l'édification, la robustesse et la faible coût des moyens mis en oeuvre.

Parmi les utilisations qu'il n'a pas été jugé indispensable de représenter par des figures, on peut citer l'utilisation d'une ou plusieurs lignes d'orgues pour constituer le type d'ouvrage appelé seuil de fond.

5 On sait qu'à la suite de modification par les ingénieurs du tracé en plan de certains cours d'eau, modifications telles que le raccourcissement du tracé ou la concentration des eaux dans un lit unique, le lit risque de s'approfondir. Un approfondissement continu est notamment  
10 constaté sur certaines portions non canalisées du cours du Rhin. Il est parfois reconnu nécessaire de lutter contre ce phénomène qui risquerait de se poursuivre pendant des dizaines ou même des centaines d'années.

La construction de seuils de fond est l'un des  
15 procédés auxquels on peut avoir recours.

Quelques lignes d'orgues allant d'une rive à l'autre du fleuve constitueraient un remède très économique. Il n'est pas exclu que l'on puisse, dans un tel cas, se dispenser de remplir les alvéoles par des matériaux pondé-  
20 reux, le débit solide du cours d'eau pouvant de lui-même effectuer, au moins partiellement, un tel remplissage.

De même, il est possible que l'on soit amené, tant pour protéger le fond d'un cours d'eau, que pour exécuter différents travaux à la mer, à étendre sur le  
25 fond un tapis d'orgues. La réalisation d'une telle opération serait particulièrement simple et elle pourrait comporter les étapes suivantes :

- on commencera par constituer le tapis en assemblant rigidement les uns aux autres, un certain nombre  
30 d'orgues flottant à la surface de l'eau. Un certain nombre de cellules seront remplies totalement par des ballons, tandis que les autres resteront libres.

- Dans les cellules libres, on disposera un certain nombre de masses, chacune d'elles étant retenue

par un filin terminé par un crochet fixé à la partie supérieure d'une tôle.

5 - On utilisera un certain nombre de câbles de retenue, par exemple aux quatre coins du tapis, si celui-ci a une forme rectangulaire.

- L'immersion totale se produisant après la mise en place d'un nombre suffisant de masses de lestage. On la contrôlera au moyen de câbles.

10 - Au fur et à mesure de la descente, le volume des ballons ira en diminuant du fait de la compression des ballons par la pression croissante de l'eau, de sorte que l'on sera amené à couper un certain nombre de filins supportant le lest.

15 Lorsque le tapis se trouvera à une faible distance du fond supposé grossièrement horizontal, il faudra l'amener au-dessus de son emplacement exact d'échouage. Cette opération sera très simple, car elle s'effectuera sans frottement, comme le déplacement d'un bateau en eaux calmes. Les hommes-grenouilles auront d'ailleurs la possibilité  
20 d'utiliser de petits moteurs sous-marins analogues à ceux qu'ils sont habitués à employer dans leurs déplacements.

La présente invention n'est pas limitée aux exemples de réalisation qui ont été décrits mais est susceptible de variantes qui apparaîtront à l'homme de métier.  
25 En particulier, les éléments tubulaires pourront avoir diverses formes, par exemple les sections carrées ou hexagonales.

Bien que l'invention ait été décrite en liaison avec des orgues sensiblement rectilignes, on comprendra  
30 que les éléments tubulaires peuvent être associés de façon à réaliser des orgues cintrés en vue de dessus, de sorte qu'une coupure cintrée sera réalisée et un certain effet de voûte sera alors obtenu.

Bien que la mise en place des orgues ait été décrite selon une réalisation préférée par insertion de ballons maintenus en place dans les éléments tubulaires par gonflement, on peut, selon une autre version avantageuse, prévoir de tendre des cables ou des filets en travers des éléments tubulaires à une hauteur prédéterminée et disposer les ballons sous les cables ou les filets afin que ces ballons soient retenus par ces cables ou ces filets. Cette réalisation permet d'ajouter des ballons alors que l'orgue est déjà dans l'eau afin d'augmenter la flottabilité de l'orgue ou de remplacer des ballons qui se seraient crevés lors des manipulations.

REVENDEICATIONS

1. Structure de génie civil dénommée "orgue"  
(A) caractérisée en ce qu'elle comporte plusieurs éléments  
tubulaires (2) rigide associés faisant corps entre eux  
5 et comportant des orifices de remplissage.
2. Orgue selon la revendication 1 caractérisé  
en ce que les éléments tubulaires sont associés suivant  
au moins une rangée s'étendant transversalement à l'axe  
(X-X) des éléments (2), et en ce que les dimensions (L,  
10 1) de l'orgue transversalement à l'axe (X-X) des éléments  
(2) sont supérieures à sa dimension (h) selon cet axe  
(X-X).
3. Orgue conforme à la revendication 1 ou la  
revendication 2 caractérisé en ce que les éléments tubu-  
15 laires (2) sont accolés les uns aux autres.
4. Orgue conforme à l'une des revendications  
1 à 3, caractérisé en ce que les éléments tubulaires  
(2) sont des cylindres de révolution.
5. Orgue conforme à l'une des revendications  
20 1 à 3, caractérisé en ce que les éléments tubulaires  
(2) sont des prismes à base triangulaire.
6. Orgue conforme à la revendication 5, caractérisé en ce que les éléments prismatiques tubulaires  
(2) comprennent des tôles plées en zig zag (4) disposées  
25 entre des tôles planes (3).
7. Orgue conforme à l'une des revendications  
1 à 6, caractérisé en ce que l'une au moins de ses extré-  
mités latérales présente un profil sinueux (7), destiné  
à permettre un encastrement avec l'extrémité d'un orgue  
30 adjacent de profil complémentaire (8) pour former une  
ligne d'orgues.
8. Orgue conforme à l'une quelconque des reven-  
dications 1 à 7 caractérisé en ce qu'il comporte au moins  
un décrochement (32) sur sa surface supérieure.

9. Orgue conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce qu'au moins l'une des parois (3a) a une épaisseur supérieure aux autres parois.

5 10. Orgue conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce qu'il comprend des moyens (9) pour assurer temporairement sa flottaison sur l'eau.

10 11. Orgue conforme à la revendication 9, caractérisé en ce que les moyens de flottaison comprennent des ballons gonflables (9) disposés à l'intérieur des éléments tubulaires.

15 12. Orgue conforme à la revendication 9 ou la revendication 11, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens (11) pour assurer la rupture simultanée de l'ensemble des moyens de flottaison.

20 13. Orgue conforme à la revendication 12, caractérisé en ce que les moyens pour assurer la rupture des moyens de flottaison comprennent des amorces explosives (11) disposées sur les moyens de flottaison et déclenchées à distance.

14. Procédé de réalisation d'un ouvrage au moyen d'au moins un orgue (A) conforme à l'une des revendications 10 à 13, caractérisé en ce qu'il comporte les étapes suivantes :

25 - on réalise un socle (18) ayant une surface sensiblement plane sur toute la largeur du courant d'eau ;

30 - on échoue sur le socle (18) une ligne d'orgues (13) comprenant au moins un orgue de telle sorte que les éléments tubulaires (2) de chaque orgue soient disposés de manière sensiblement verticale ;

- on remplit les éléments tubulaires (2) de chaque orgue avec des matériaux pondéreux.

15. Procédé conforme à la revendication 14, caractérisé en ce qu'on amène chaque orgue (A, 13) au-dessus du site d'échouage et qu'on provoque cet échouage en conservant sensiblement verticaux les axes des éléments tubulaires par une rupture simultanée des moyens de flottaison sur toute la surface de la ligne d'orgues.

16. Procédé conforme à la revendication 15, caractérisé en ce qu'on réalise une ligne d'orgues flottante (D) s'étendant sensiblement sur toute la largeur du cours d'eau en mettant bout-à-bout plusieurs orgues (13) et en assujettissant ceux-ci entre eux.

17. Procédé conforme à la revendication 15 ou 16, caractérisé en ce que l'orgue ou l'ensemble des orgues solidarisés entre eux, constituant la ligne d'orgues flottante (D) est disposé transversalement au courant et retenu par des amarres (15) enroulées sur des treuils (16) placés en amont du site d'échouage et en ce qu'on laisse dériver la ligne d'orgues flottante (D) sous l'effet du courant en contrôlant le déroulement des amarres (15) jusqu'à ce que la ligne d'orgues flottante se trouve à l'aplomb du site d'échouage.

18. Procédé conforme à l'une des revendications 14 à 17 caractérisé en ce qu'on dépose successivement plusieurs lignes d'orgues (13a, 13b, 13c) de façon à les amener au moins en partie en superposition, chaque ligne d'orgues étant remplie de matériaux pondéreux avant la mise en place de la ligne d'orgues suivante.

19. Procédé conforme à la revendication 18, caractérisé en ce qu'on réalise un remblai (19) en amont de chaque ligne d'orgues après le remplissage de celle-ci et en ce qu'on échoue les lignes d'orgues successives (13a, 13b, 13c) de façon décalée les unes par rapport aux autres.

20. Procédé conforme à l'une des revendications 14 à 19 caractérisé en ce qu'après l'échouage et le remplissage des orgues, une partie (21) des extrémités supérieures libres des éléments tubulaires (2) est bétonnée.

5 21. Ouvrage comprenant au moins un orgue selon l'une quelconque des revendications 1 à 13 caractérisé en ce que l'orgue s'étend d'une extrémité à l'autre de l'ouvrage, les éléments tubulaires (2) de l'orgue étant disposés de façon sensiblement verticale, et étant remplis  
10 d'un matériau pondéreux.

22. Ouvrage conforme à la revendication 21 caractérisé en ce qu'il comprend plusieurs lignes d'orgues (13) au moins partiellement superposées.

15 23. Ouvrage conforme à la revendication 21 ou à la revendication 22 caractérisé en ce qu'il comporte un barrage mobile (30) disposé à son sommet.

20 24. Ouvrage conforme à l'une quelconque des revendications 21 à 23 disposé en travers d'un cours d'eau, caractérisé en ce qu'il comporte un revêtement d'étanchéité (46) sur sa face amont.

25. Ouvrage conforme à l'une quelconque des revendications 21 à 24 caractérisé en ce qu'il comporte un para fouille (37) s'étendant en dessous de la cote de fondation de l'orgue (13) le plus bas.

26. Ouvrage conforme à l'une quelconque des revendications 21 à 25 caractérisé en ce qu'il comporte à ses abords un pavage (52) constitué par un ensemble d'orgues jointifs (13h - 13k).

5           27. Ouvrage conforme à l'une quelconque des revendications 21 à 26 caractérisé en ce qu'il comporte des câbles (15a - 15f) mis en tension entre les orgues et des corps morts situés en amont relativement à la poussée des eaux, ces câbles (15a, 15f) et ces corps  
10 morts (35a, 35b) étant noyés dans le corps de l'ouvrage.

          28. Ouvrage conforme à la revendication 21, caractérisé en ce qu'il comporte plusieurs orgues (13) comprenant des éléments tubulaires (2) métalliques en forme de prismes à base triangulaires, les orgues étant  
15 exactement superposés et leurs parements latéraux étant soudés entre eux le long de leurs bords pour former un plan vertical continu étanche.

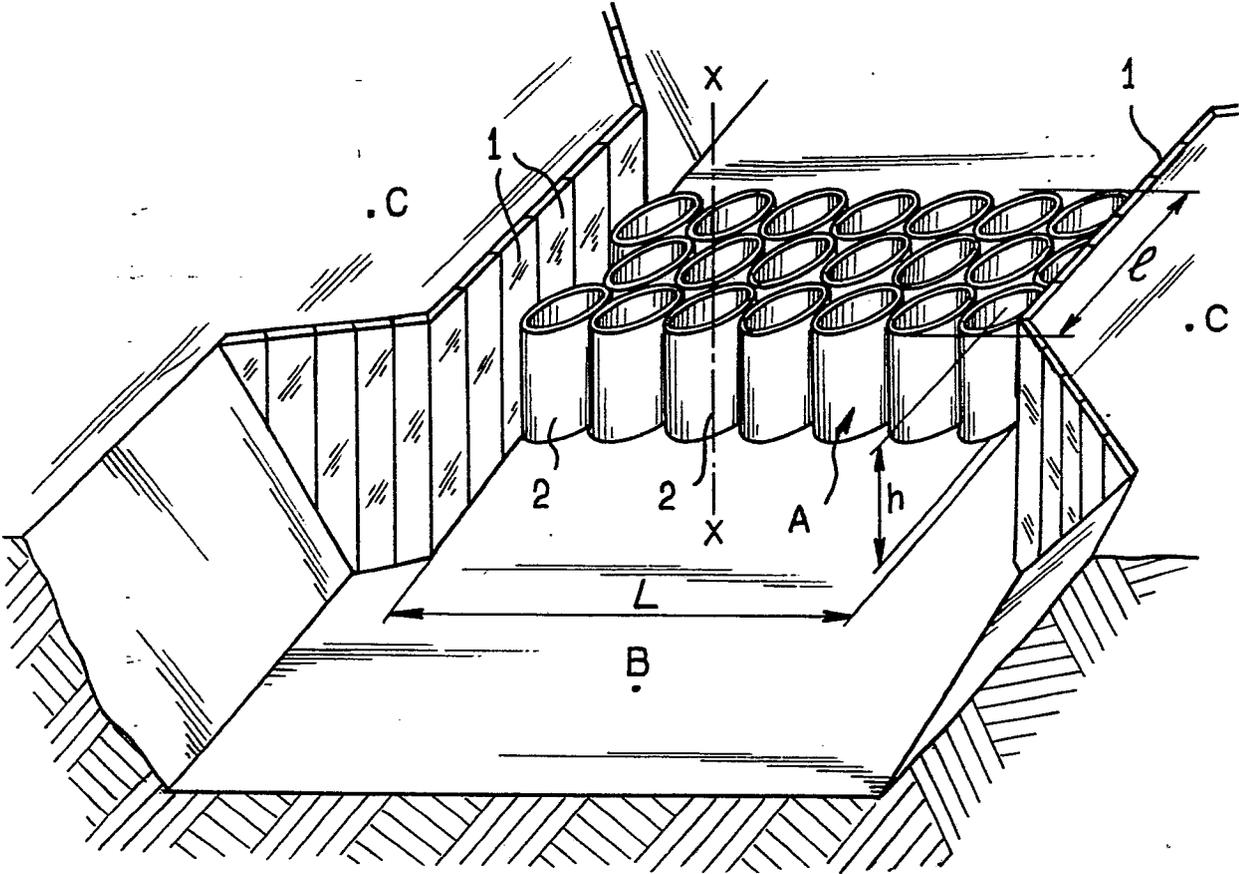


FIG. 1

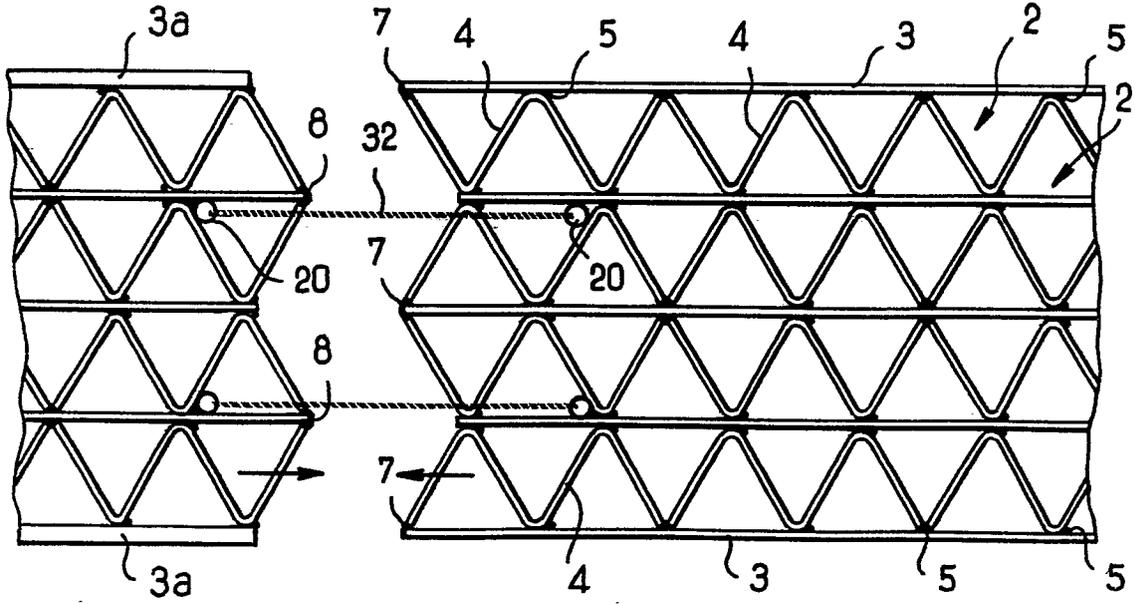


FIG. 2

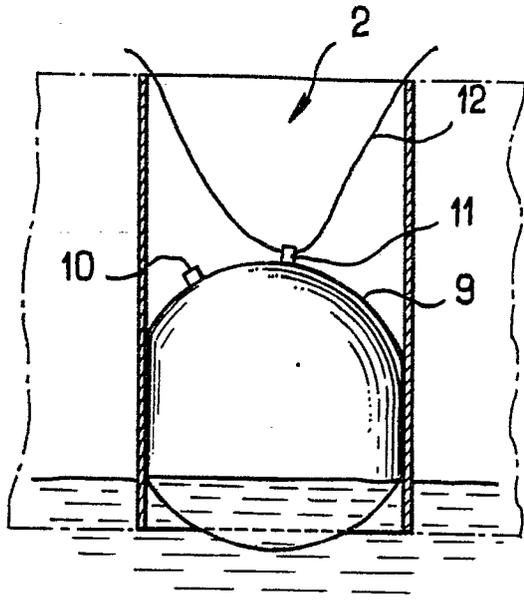


FIG. 3

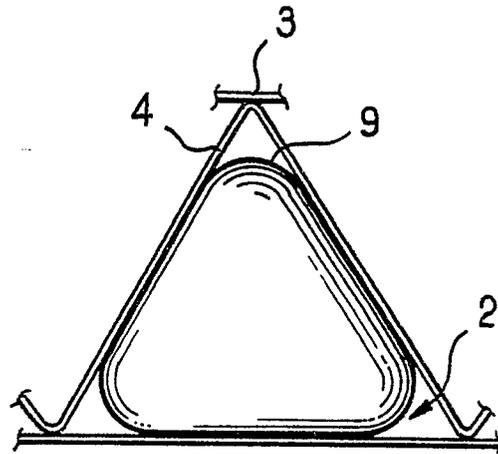


FIG. 4

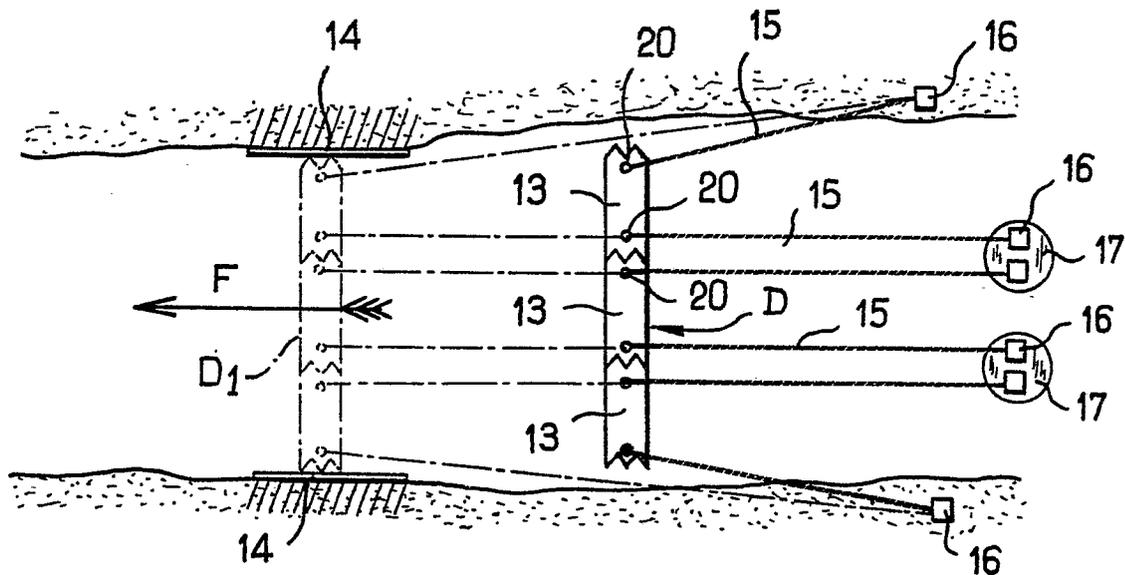
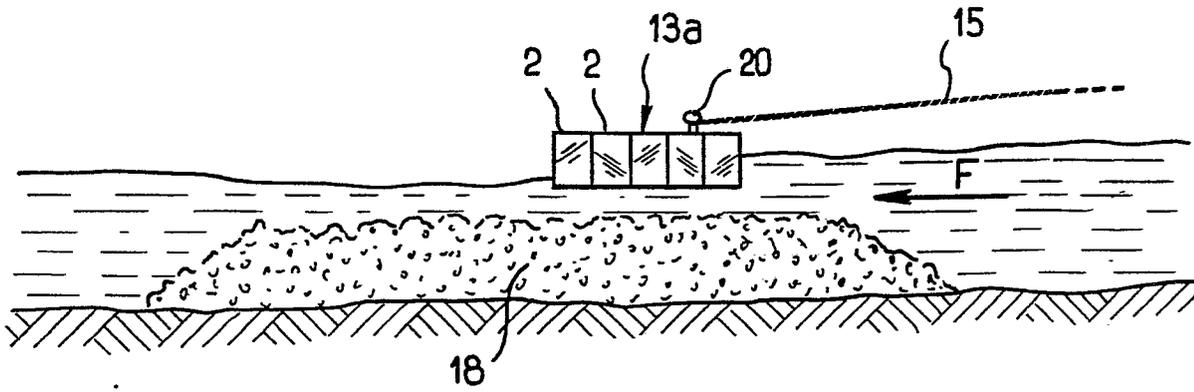
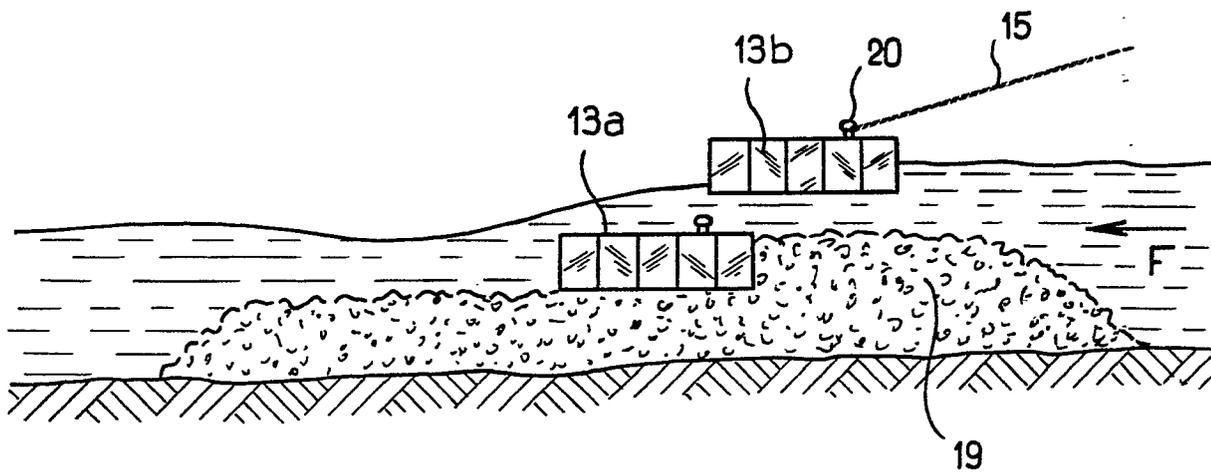
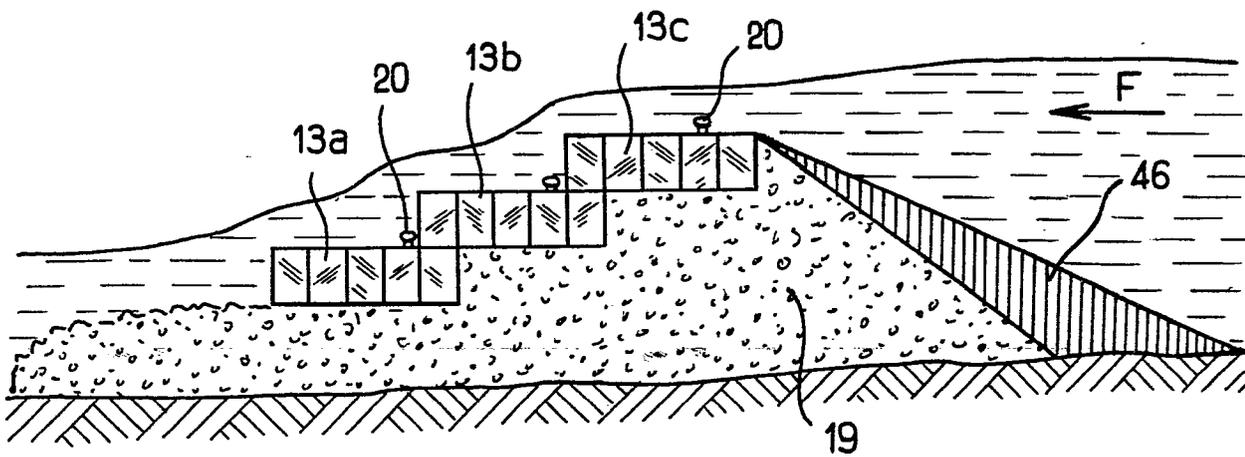


FIG. 5

3 / 7

FIG. 6FIG. 7FIG. 8

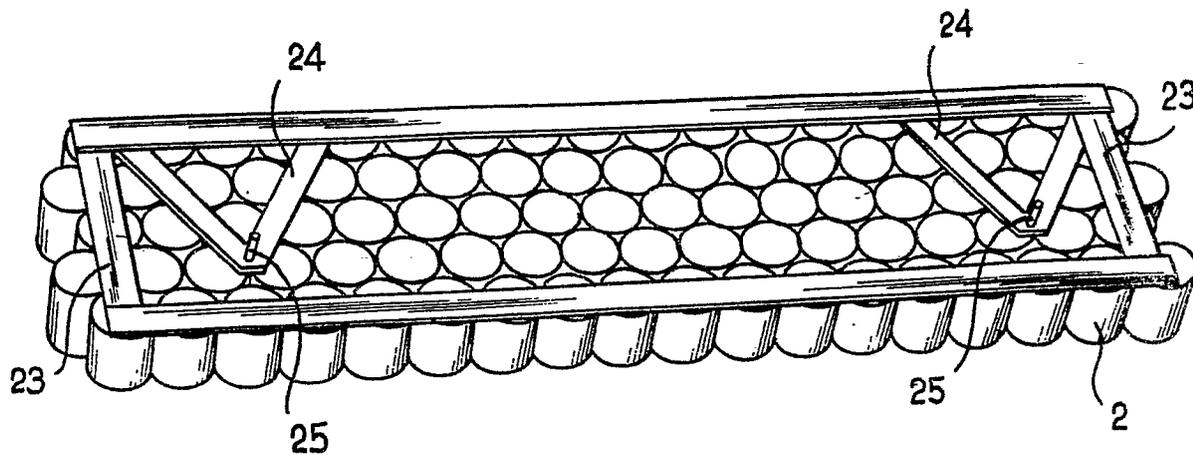


FIG. 9

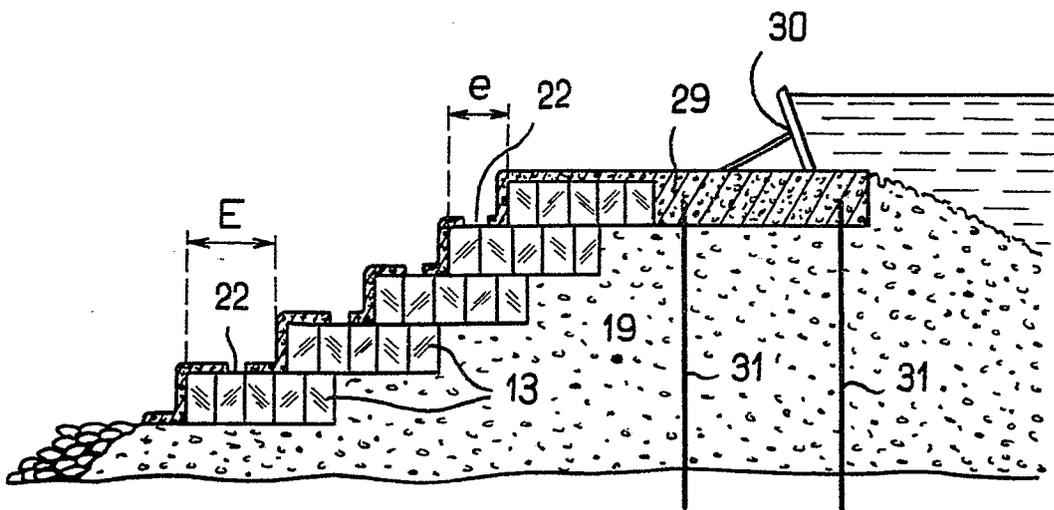


FIG. 10

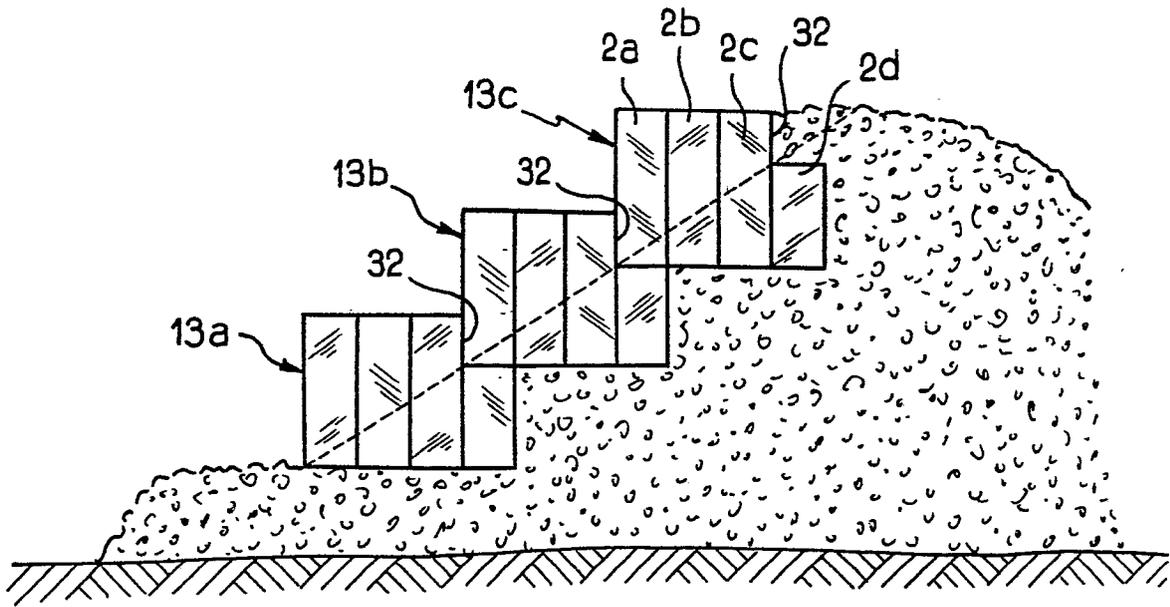


FIG. 11

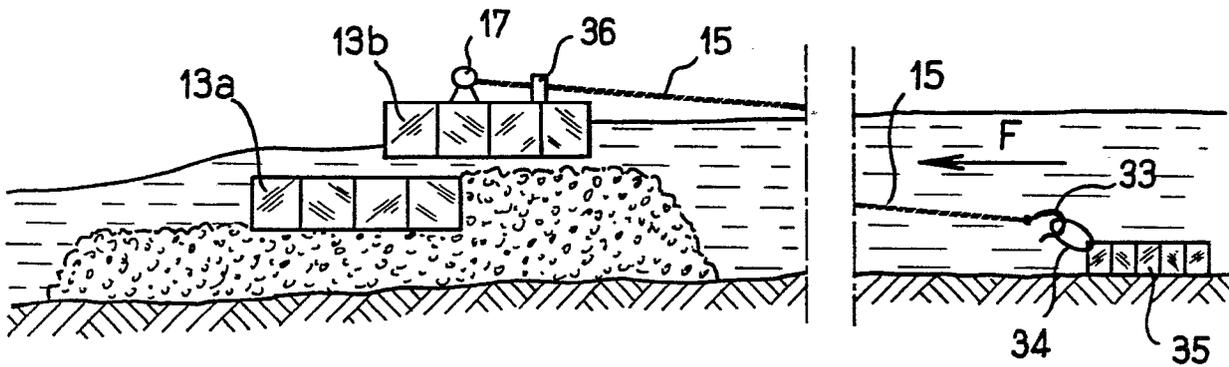


FIG. 12

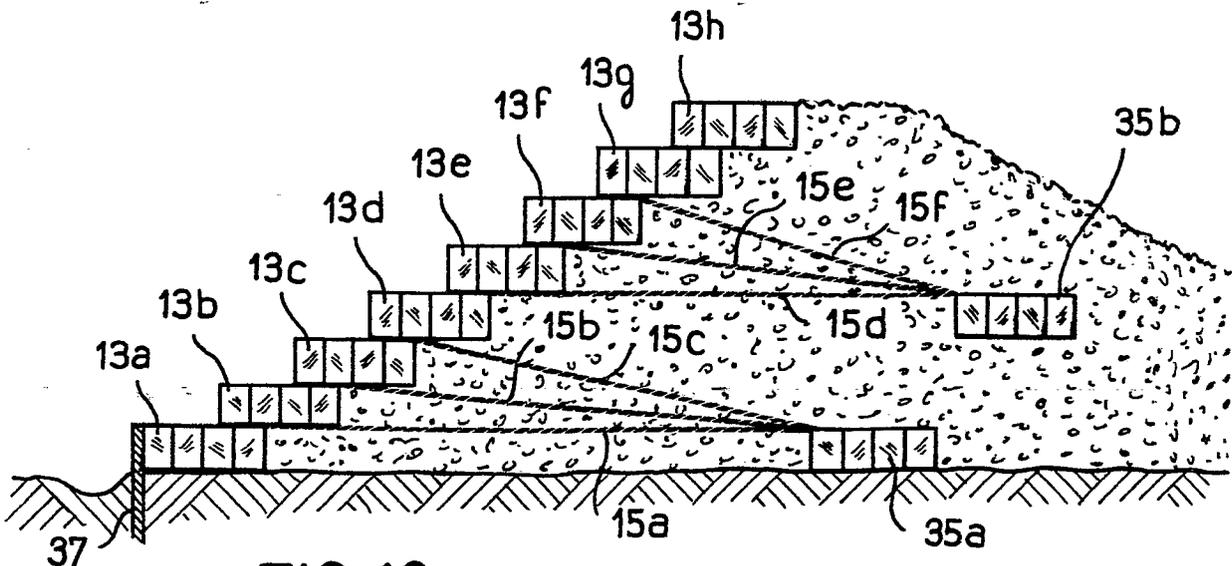


FIG. 13

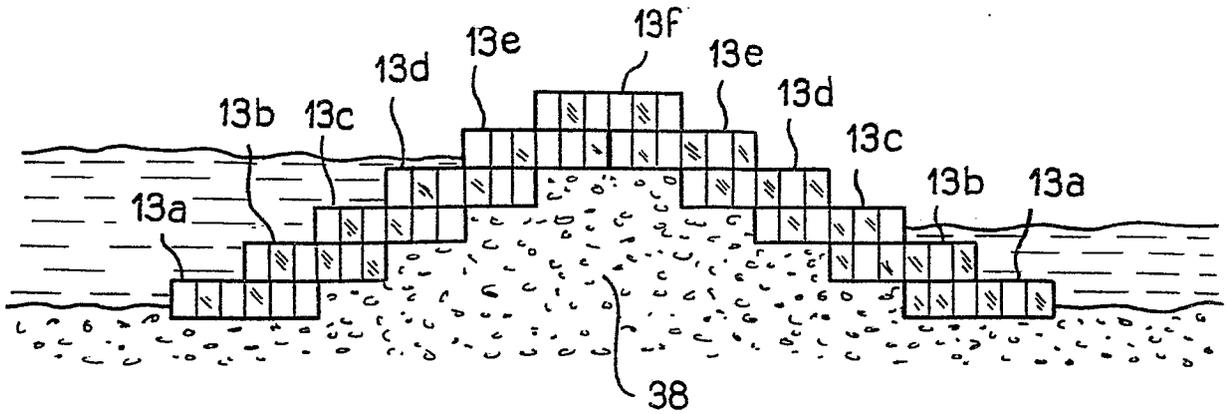


FIG. 14

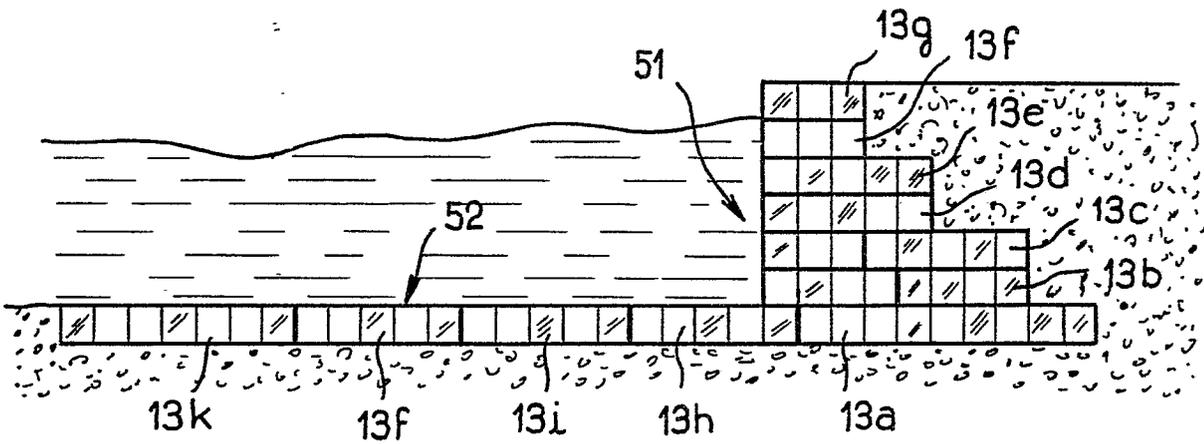


FIG. 15

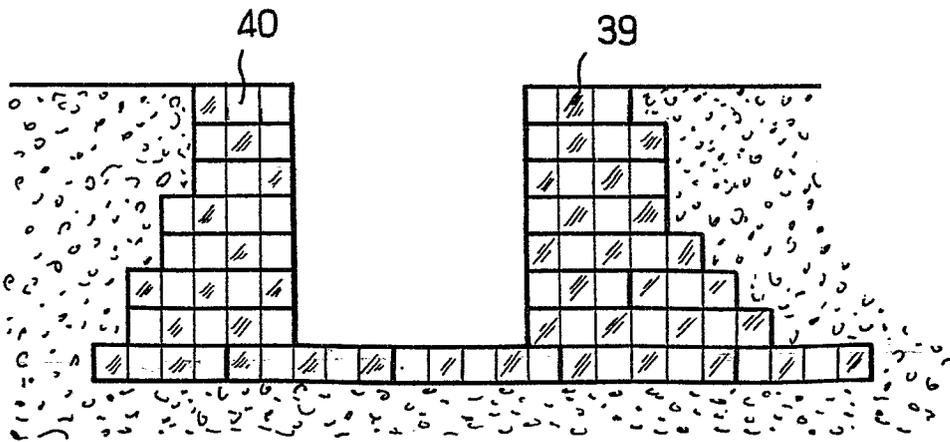


FIG. 16

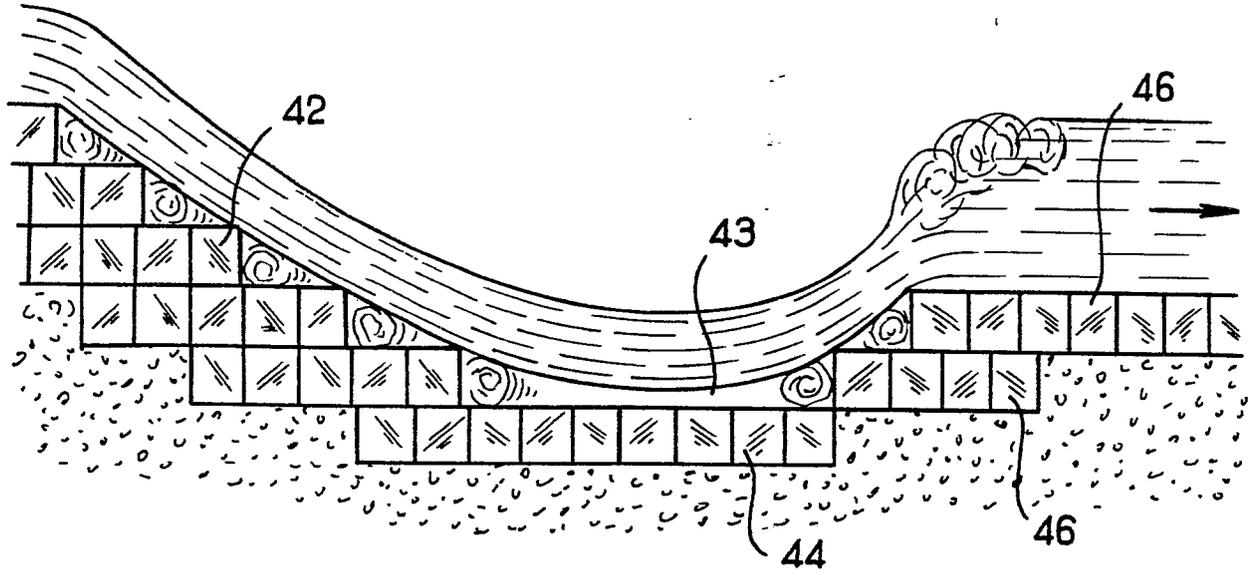


FIG. 17

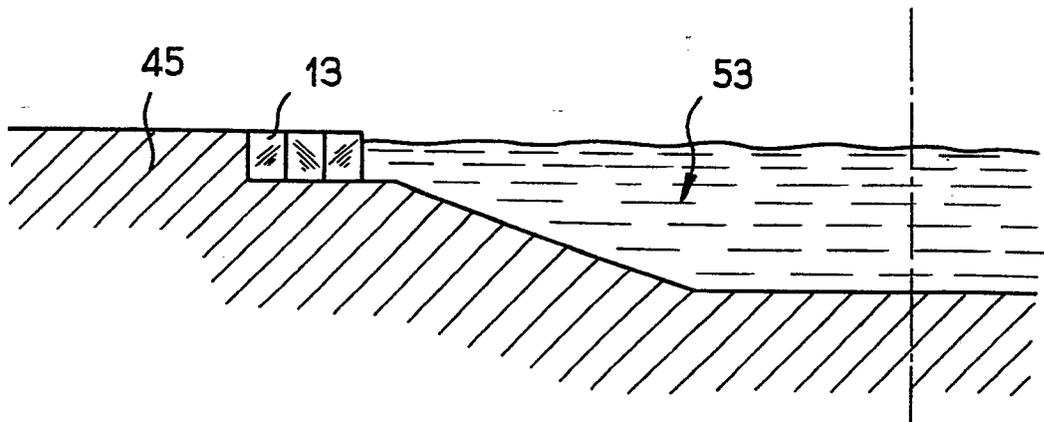


FIG. 18