(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) Numéro de publication : **0 434 521 B1**

(12) # FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication du fascicule du brevet : **29.09.93 Bulletin 93/39**

(51) Int. Cl.[5] : **E02B 8/06,** E02B 7/16

(21) Numéro de dépôt : **90403592.0**

(22) Date de dépôt : **14.12.90**

(54) **Déversoir évacuateur de crues pour barrages et ouvrages similaires.**

Le dossier contient des informations techniques présentées postérieurement au dépôt de la demande et ne figurant pas dans le présent fascicule.

(30) Priorité : **21.12.89 FR 8916960**

(43) Date de publication de la demande : **26.06.91 Bulletin 91/26**

(45) Mention de la délivrance du brevet : **29.09.93 Bulletin 93/39**

(84) Etats contractants désignés : **AT BE CH DE DK ES FR GB GR IT LI NL SE**

(56) Documents cités :
DE-U- 8 808 124

(73) Titulaire : **GTM-ENTREPOSE**
61 Avenue Jules Quentin
F-92000 Nanterre (FR)

(72) Inventeur : **Lemperiere, François**
18 rue de la Bourgogne
F-92190 Meudon (FR)

(74) Mandataire : **Lefebure, Gérard et al**
Office Blétry 2, boulevard de Strasbourg
F-75010 Paris (FR)

EP 0 434 521 B1

Il est rappelé que : Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

La présente invention concerne un déversoir évacuateur de crues pour barrages et ouvrages similaires, du type comportant un seuil déversant dont la crête est située à un premier niveau prédéterminé plus bas qu'un second niveau prédéterminé correspondant à un niveau maximal ou niveau des plus hautes eaux, pour lequel le barrage est conçu, la différence desdits premier et second niveaux correspondant à un débit maximal prédéterminé d'une crue exceptionnelle, et une hausse mobile obturant le déversoir. Un tel type d'ouvrage est connu de façon générale dans le domaine technique considéré.

L'état actuel de la pratique de la conception et de la construction des barrages à seuil déversant conduit à dimensionner ces ouvrages pour des conditions de crues (millénale par exemple) conduisant à des hauteurs de lame déversante importantes (de l'ordre de 1 à 5m suivant les ouvrages).

A dimensionnement égal des organes d'évacuation des crues, le barrage à seuil déversant libre offre par rapport à un ouvrage muni de vannes la meilleure sécurité face à l'aléa hydrologique, qui reste un des risques majeurs pour les barrages.

En contre-partie, l'adoption d'un seuil déversant complètement libre conduit à une perte de la tranche de retenue utile correspondant à la hauteur maximale de la lame déversante, c'est-à-dire à la différence susmentionnée desdits premier et second niveaux prédéterminés. Cette perte peut représenter, notamment pour des ouvrages de petite ou moyenne importance, une part significative du volume utile de la retenue, (cette part pouvant atteindre ou dépasser 50%).

Le problème que la présente invention cherche à résoudre peut se résumer aux deux objectifs principaux suivants, qui peuvent être recherchés simultanément ou alternativement:

1°/ augmenter de façon quasi-permanente la capacité de stockage d'un barrage à seuil déversant libre;

2°/ maintenir et/ou accroître la sécurité de fonctionnement propre aux ouvrages à seuil déversant, en permettant de façon fiable le passage des crues exceptionnelles, tout en tolérant un déversement des crues de faible ou moyenne importance, sans intervention extérieure et sans modification majeure de l'ouvrage.

Divers dispositifs ont déjà été proposés et existent actuellement pour augmenter la capacité de stockage d'une retenue. En majorité, ces dispositifs sont essentiellement constitués par des systèmes de vannes, qui obturent le seuil déversant quand les vannes sont fermées. Les vannes, de quelque nature qu'elles soient, classiques ou gonflables, de fonctionnement automatique ou manuel, sont en général d'un coût d'investissement assez élevé et elles nécessitent un entretien et des manoeuvres périodiques. Elles nécessitent en outre une surveillance humaine continue ou un mécanisme asservi réagissant au niveau d'eau de la retenue, mécanisme qui est souvent onéreux et sophistiqué et qui n'est jamais totalement à l'abri d'une défaillance. Enfin, à capacité d'évacuation égale, la sécurité d'exploitation et la fiabilité d'un ouvrage vanné sont inférieures à celles d'un ouvrage à seuil déversant libre (non vanné).

Certains dispositifs existent, qui permettent d'augmenter temporairement la capacité de stockage d'une retenue, tels que sacs de sable ou batardeaux (également appelés flash boards). Ces dispositifs restent cependant d'une ampleur limitée et, du fait qu'ils nécessitent une intervention humaine préalable à chaque crue, ils présentent un aléa de fonctionnement important.

Il existe également, sur certains grands barrages en remblais, une section de digue fusible, arasée à une côte inférieure à celle du reste de l'ouvrage et fonctionnant suivant le principe de l'érosion de ses matériaux constitutifs, érosion qui est engendrée par une montée extrême du niveau de la retenue lors d'une crue d'importance très exceptionnelle. Cette digue fusible a en fait pour but d'éviter le déversement incontrôlé et catastrophique d'une crue extrême sur l'ensemble d'un ouvrage, en concentrant les effets de la crue sur une section specialement aménagée pour se rompre par érosion et offrir ainsi une capacité d'évacuation supplémentaire. Après la rupture de la digue fusible, des travaux de réparation importants seraient nécessaires pour permettre à nouveau l'exploitation normale de l'ouvrage.

A la connaissance de la demanderesse, il semble donc qu'aucun dispositif existant ne réponde de manière satisfaisante aux objectifs indiqués plus haut, avec une exploitation simple et pour un coût d'investissement modéré.

Selon la présente invention, le problème susmentionné est résolu par le fait que ladite hausse comprend au moins un élément de hausse rigide et massif, qui est posé sur la crête du seuil déversant et est maintenu en place sur celui-ci par gravité, ledit élément ayant une hauteur prédéterminée, qui est plus petite que la différence des premier et second niveaux prédéterminés et qui correspond, pour un niveau d'eau sensiblement égal audit niveau maximal, à une crue moyenne ayant un débit prédéterminé plus faible que ledit débit maximal prédéterminé, ledit élément de hausse étant dimensionné en taille et en poids pour que le moment des forces de poussée appliquées par l'eau à l'élément de hausse atteigne le moment des forces de pesanteur qui tendent à maintenir l'élément de hausse en place sur le seuil déversant, et qu'en conséquence ledit élément de hausse soit déséquilibré et chassé quand l'eau atteint un troisième niveau prédéterminé plus élevé que le sommet de l'élément de hausse, mais au plus égal au second

niveau prédéterminé.

Dans ces conditions, il est clair que la capacité de stockage du barrage est accrue d'une quantité correspondant à la hauteur de l'élément de hausse. Le ou les éléments de hausse peuvent être fabriqués à un coût très modéré par rapport aux vannes et, dans le cas où ils sont installés sur le seuil déversant d'un barrage déjà existant, cette installation peut être faite sans qu'il soit nécessaire d'apporter des modifications majeures au seuil déversant du barrage comme on le verra plus loin. Il est également clair que pour des crues d'importance moyenne, tant que le niveau de l'eau n'atteint pas ledit troisième niveau prédéterminé, lequel peut être déterminé de façon à être en pratique égal ou légèrement plus bas que ledit second niveau prédéterminé (niveau maximal ou niveau des plus hautes eaux), l'eau pourra passer par-dessus le ou lesdits éléments de hausse pour évacuer la crue, sans qu'il en résulte une destruction de la hausse et, par suite, sans qu'il en résulte une diminution de la capacité accrue de stockage du barrage. Par contre, si, dans le cas d'une crue exceptionnelle, le niveau de l'eau atteint ledit troisième niveau prédéterminé, le ou les éléments de hausse sont automatiquement déséquilibrés et chassés par l'eau, sous la seule action des forces de poussée de l'eau, donc sans aucune intervention extérieure, redonnant ainsi au seuil déversant sa pleine capacité d'évacuation correspondant à la hauteur maximale de la lame déversante pour laquelle le barrage a été conçu.

Bien que, théoriquement, cela ne soit pas absolument indispensable, une butée de hauteur prédéterminée est de préférence prévue sur le seuil déversant au pied de l'élément de hausse, du côté aval de celui-ci, pour l'empêcher de glisser vers l'aval sur le seuil, sans toutefois l'empêcher de basculer par-dessus la butée quand le niveau de l'eau atteint ledit troisième niveau prédéterminé. Bien entendu, dans ce cas,la hauteur de la butée est prise en compte comme on le verra plus loin pour le dimensionnement en taille et en poids du ou des éléments de hausse.

Un joint d'étanchéité peut être disposé entre le seuil déversant et la base de l'élément de hausse, près du bord amont de ladite base. Toutefois, un tel joint d'étanchéité n'est pas absolument indispensable si, en l'absence de joint d'étanchéité, les fuites d'eau entre l'élément de hausse et le seuil déversant sont faibles et si la zone du seuil déversant sur laquelle repose le ou lesdits éléments de hausse est convenablement drainée de telle façon qu'aucune sous-pression appréciable ne puisse s'établir sous le ou lesdits éléments de hausse. Par contre, comme on le verra plus loin, des moyens peuvent être prévus pour établir automatiquement une sous-pression sous le ou lesdits éléments de hausse quand le niveau d'eau atteint ledit troisième niveau prédéterminé, afin de favoriser le déséquilibre et le basculement dudit ou desdits éléments de hausse au moment où cela devient indispensable pour évacuer une crue exceptionnelle.

L'invention peut être appliquée aussi bien au déversoir d'un barrage existant qu'à celui d'un barrage en cours de construction. Dans le premier cas, la crête du seuil déversant est de préférence dérasée à un niveau plus bas que ledit premier niveau prédéterminé et le ou lesdits éléments de hausse sont posés sur le seuil dérasé. Dans ce cas, la capacité de stockage du barrage peut être maintenue égale à celle qu'il avait avant dérasement du seuil déversant, ou elle peut être accrue selon que l'on donne à ou aux éléments de hausse une hauteur telle que son ou leur sommet trouve audit premier niveau prédéterminé, ou à un niveau supérieur à celui-ci, mais inférieur audit troisième niveau prédéterminé. Quelle que soit la hauteur du ou des éléments de hausse, dans les limites indiquées ci-dessus, on obtient une sécurité plus grande qu'avec le seuil déversant non dérasé, étant donné que l'ouverture qui est obtenue après basculement du ou des éléments de hausse a une hauteur plus grande que dans le cas d'un seuil déversant non dérasé, permettant ainsi d'évacuer un débit de crue plus important que le débit maximal de la crue exceptionnelle pour laquelle le barrage avait été initialement conçu.

De même, dans la conception d'un nouveau barrage, on pourra adopter une plus grande différence entre les premier et second niveaux prédéterminés (ce qui contribue à augmenter la sécurité) sans craindre que celà entraîne une diminution de la capacité de stockage du barrage, étant donné que cette capacité de stockage pourra être maintenue, voire même augmentée, sans diminution de la sécurité, en prévoyant un ou plusieurs éléments de hausse conformes à la présente invention.

Dans le cas où plusieurs éléments de hausse sont prévus, chaque élément de hausse ou un groupe d'éléments de hausse peut être dimensionné de façon à basculer pour un niveau d'eau prédéterminé plus bas que celui auquel un autre élément ou groupe d'éléments de hausse basculera, ce dernier étant lui-même dimensionné de façon à basculer pour un niveau d'eau plus bas que celui auquel basculera un troisième élément ou groupe d'éléments de hausse, et ainsi de suite. De cette manière, on obtient, si nécessaire, une augmentation progressive de la capacité d'évacuation suivant l'importance de la crue.

On notera également que, si un ou plusieurs éléments de hausse ont été basculés et chassés par une crue exceptionnelle, ils peuvent être facilement et économiquement remplacés par d'autres éléments de hausse, sans avoir à effectuer des réparations importantes, après que la crue a été évacuée.

D'autres caractéristiques et avantages apparaîtront au cours de la description qui va suivre de diverses formes d'exécution de la présente invention données à titre d'exemple, en référence aux dessins annexés dans lesquels:

la figure 1 est une vue en perspective montrant un ouvrage, tel qu'un barrage, et son déversoir évacuateur de crues à seuil déversant libre, auquel l'invention peut être appliquée.

Les figures 2a et 2b montrent, en coupe verticale et à plus grande échelle, la crête du seuil déversant libre du barrage de la figure 1 pour deux niveaux d'eau différents.

La figure 3 est une vue en élévation du déversoir de la figure 1, vu du côté aval et équipé d'une hausse fusible conforme à la présente invention.

La figure 4 est une vue en plan du déversoir de la figure 3.

Les figures 5a à 5e sont des vues en coupe verticale permettant d'expliquer le fonctionnement de la hausse fusible de la présente invention, avant, pendant et après le passage d'une crue.

La figure 6 est un graphique montrant les différentes forces qui, en service, peuvent être appliquées à un élément de hausse conforme à la présente invention.

La figure 7 est un graphique représentant les variations des moments des forces motrices et résistantes en fonction de la hauteur d'eau au dessus du seuil déversant, ainsi que les variations du débit d'eau évacué en fonction de la hauteur de la lame déversante.

Les figures 8a à 8c sont des vues en coupe transversale permettant de comparer les hauteurs maximales de lames déversantes dans le cas de la présente invention pour des éléments de hausse ayant des hauteurs différentes (figures 8a et 8b) et dans le cas d'un seuil déversant libre connu (figure 8c).

La figure 9 est une vue en coupe verticale montrant un élément de hausse de la présente invention, auquel est associé un dispositif déclencheur de basculement.

Les figures 10a à 10c montrent, à plus grande échelle, divers dispositifs protecteurs pouvant être prévus à l'extrémité supérieure du dispositif déclencheur de la figure 9.

Les figures 11a à 11g montrent, en perspective, diverses formes d'exécution d'un élément de hausse conforme à la présente invention.

Les figures 12 à 14 montrent, en coupe verticale, d'autres variantes de réalisation de l'élément de hausse de l'invention.

La figure 15 montre, en perspective, un détail de l'élément de hausse de la figure 14.

La figure 16 montre, en perspective, une autre forme d'exécution de l'élément de hausse de l'invention.

La figure 17 est une vue de face, côté aval, de l'élément de hausse de la figure 16.

La figure 18 est une vue en plan de l'élément de hausse des figures 16 et 17.

La figure 19 est une vue en coupe suivant la ligne XIX-XIX de la figure 18.

Les figures 19a et 19b sont des vues similaires à celle de la figure 19, montrant des variantes.

La figure 20 est une vue semblable à la figure 19, montrant une autre variante.

Les figures 21 et 22 sont des vues en plan montrant deux autres variantes.

L'ouvrage 1 représenté dans la figure 1 peut être un barrage en remblais ou un barrage en béton ou maçonnerie. Toutefois, il y a lieu de noter que l'invention n'est pas limitée au type de barrage montré dans la figure 1, mais qu'au contraire elle peut s'appliquer à n'importe quel type de barrage connu à seuil déversant libre.

Dans la figure 1, le numéro de référence 2 désigne la crête du barrage, le numéro 3 son parement aval, le numéro 4 son parement amont, le numéro 5 un déversoir évacuateur de crues, le numéro 6 le seuil du déversoir 5 et le numéro 7 un chénal d'évacuation. Le déversoir 5 peut être implanté dans la partie centrale du barrage 1 ou en extrémité de celui-ci ou encore excavé sur une rive sans que cela n'altère la possibilité d'utilisation de l'invention.

Pour un ouvrage à seuil déversant libre, le niveau RN de la retenue normale en exploitation (voir aussi la figure 2a) est celui de la crête 8 du seuil déversant 6. Ce niveau RN détermine le volume maximal de retenue qui peut être conservé par le réservoir formé par le barrage. La distance verticale R, appelée revanche, entre la crête 8 du déversoir et la crête 2 du barrage est la somme de deux termes à savoir, d'une part, une surélévation h_1 du niveau d'eau due à une crue, jusqu'à un niveau maximal RM ou niveau des plus hautes eaux (PHE), permettant le déversement de la crue maximale (figure 2b) pour laquelle l'ouvrage est dimensionné, et, d'autre part, une surhauteur additionnelle h_2 destinée à protéger la crête 2 du barrage contre les oscillations du plan d'eau à son niveau maximal RM (effet du vent, vagues, etc.).

Dans un barrage classique à seuil déversant libre comme celui montré dans la figure 1, la tranche de réservoir située entre le niveau de retenue normale RN et le niveau maximal RM n'est pas stockée et est donc perdue pour l'exploitation. L'un des buts de l'invention est de permettre de relever de façon quasi-permanente le niveau d'exploitation normale de la retenue et donc d'augmenter sa capacité de stockage, sauf lors du passage de crues exceptionnelles.

A cet effet, l'invention prévoit de disposer sur le seuil déversant 6 une hausse 10, constituée par au moins un élément massif 11, par exemple cinq éléments 11a-11e comme montré dans les figures 3 et 4, ladite hausse 10 ou les éléments de hausse 11 étant capables de supporter, sans se rompre, la charge d'eau correspondant à un déversement modéré (permettant le passage des crues les plus fréquentes) en résistant par l'effet de la pesanteur, et étant rendus fusibles par basculement pour une charge d'eau prédéterminée correspondant à un niveau N au plus égal au niveau maximal RM et permettant alors

le passage des plus fortes crues.

Bien entendu, le nombre des éléments de hausse 11 n'est pas limité à cinq éléments comme montré dans les figures 3 et 4, mais peut être plus petit ou plus grand selon la longueur du déversoir 5 (mesurée dans le sens longitudinal du barrage). De préférence, le nombre des éléments de hausse 11 est choisi de façon à obtenir des masses unitaires faibles permettant une mise en place et un remplacement aisé desdits éléments de hausse.

Chaque élément de hausse 11 est posé sur le seuil déversant 6 et est maintenu sur celui-ci par gravité. De préférence, chaque élément de hausse 11 est retenu, contre tout glissement vers l'aval, par une butée 12 située au pied de l'élément 11, du côté aval de celui-ci. La butée 12 peut être par exemple encastrée dans le seuil 6, comme montré par exemple dans la figure 5a, et elle peut être discontinue comme montré dans les figures 3 et 4. Toutefois, si on le désire, la butée 12 pourrait être continue. Comme on le verra plus loin, la hauteur de la butée 12 est prédéterminée, mais elle peut être variable suivant les efforts en jeu et suivant le niveau d'eau à partir duquel on souhaite amorcer le basculement de chaque élément de hausse 11.

Comme montré dans la figure 4, un joint d'étanchéité classique 13, par exemple en caoutchouc, est prévu à chacune des deux extrémités de la hausse 10 entre celle-ci et les flancs latéraux 14 du déversoir 5. Quand la hausse 10 est constituée par plusieurs éléments 11, des joints d'étanchéité 13 sont également prévus entre les parois latérales verticales, deux à deux en vis-à-vis, des éléments adjacents de hausse 11 comme cela est également visible dans la figure 4. De préférence, un joint d'étanchéité 15 est aussi prévu entre le seuil déversant 6 et la base des éléments de hausse 11 près du bord amont 16 de ladite base comme cela est par exemple visible dans les figures 4 et 5a. Bien que la figure 5c représente le joint 15 porté par l'élément de hausse 11, le joint 15 pourrait être aussi bien installé dans une rainure aménagée dans le seuil déversant 6. Comme montré dans la figure 4, les joints 13 et le joint 15, lorsque ce dernier est prévu, sont disposés dans un même plan vertical. Au lieu de prévoir le joint 15 ou en plus de celui-ci, un système de drainage peut être aménagé de façon connue dans le seuil déversant 6, dans la zone de celui-ci sous-jacente à la hausse 10, afin d'assècher cette zone et d'éviter que, en service normal, une sous-pression ne soit appliquée aux éléments de hausse 11.

Comme montré dans la figure 5a, la hausse 10 de la présente invention permet de relever le niveau de la retenue normale du niveau RN (niveau de la retenue normale du seuil déversant libre 6, c'est-à-dire sans la hausse 10) jusqu'au niveau RN' correspondant à la hauteur de la hausse 10 au-dessus du seuil 6. Comme cela sera expliqué plus loin, chaque élément de hausse 11 est dimensionné de manière à être autostable pour une charge d'eau inférieure à un niveau prédéterminé N, lui-même au plus égal au niveau maximal RM déjà mentionné plus haut. Ainsi, en supposant par exemple que ledit niveau prédéterminé est égal au niveau RM, tant que le niveau de l'eau reste inférieur au niveau RM pour des crues de faible ou moyenne importance et est compris entre les niveaux RN' et RM, l'eau se déverse par-dessus la hausse 10 comme montré dans la figure 5b, sans que la hausse ne soit détruite. Dans ce cas, après évacuation de la crue, le niveau de l'eau retombe au niveau RN' ou à un niveau plus bas si de l'eau est soutirée dans la retenue.

Par contre, si le niveau de l'eau atteint, dans l'hypothèse susmentionnée, un niveau prédéterminé N égal ou légèrement plus bas que le niveau maximal RM dans le cas d'une forte crue ou crue exceptionnelle, au moins un élément 11 de la hausse 10 est déséquilibre sous la poussée de l'eau et bascule autour de la butée 12 comme montré dans la figure 5c, et le ou les éléments 11 qui sont basculés sont évacués par l'eau de la crue au moins jusqu'au pied du déversoir 5, permettant ainsi l'évacuation des crues les plus fortes. Après évacuation d'une forte crue ayant entraînée le basculement de la hausse 10, le seuil déversant 6 se retrouve dans l'état montré dans la figure 5d, le niveau de l'eau étant revenu au niveau de la retenue normale RN ou à un niveau plus bas encore. On peut éventuellement prévoir quelques éléments 11 de rechange, disponibles en permanence sur le site du barrage, pour permettre une réparation de la hausse 10 en cas de besoin et rétablir ainsi le niveau de la retenue normale au niveau RN' comme montré dans la figure 5e. Il faut noter cependant que le non-remplacement d'un ou plusieurs éléments 11 après une crue exceptionnelle ayant entraîné le basculement d'au moins un élément 11 ne diminue pas la sécurité de fonctionnement de l'ouvrage.

Les risques de mauvais fonctionnement dûs à des corps flottants peuvent être facilement éliminés par une protection amont selon des techniques conventionnelles adaptables à chaque cas particulier. La protection peut être par exemple constituée par les lignes flottantes sur la retenue, à une certaine distance en amont du déversoir, ou par des dispositifs d'arrêt fixés sur le parement amont du barrage.

On donnera maintenant un exemple numérique de dimensionnement d'une hausse fusible conforme à la présente invention. Habituellement, les barrages et les seuils déversants sont dimensionnés pour que le niveau du lac (niveau de la retenue) atteigne le niveau maximal RM pour la crue exceptionnelle envisagée (crue de projet). Cette crue peut être par exemple la crue ne se produisant qu'une année sur mille (crue millénale).

Pour fixer les idées, on supposera que le débit de cette crue de projet est par exemple de 200 m^3/s et

que le seuil déversant libre 6 a une longueur de 40 m. Dans ces conditions, la hauteur H de la lame d'eau nécessaire pour évacuer le débit de la crue de projet correspond à 5 m^3/s par mètre linéaire de seuil. Cette hauteur H peut être calculée par la formule suivante:

$$Q = 1{,}8\ H^{3/2} \quad (1)$$

d'après laquelle on peut voir que H est sensiblement égal à 2 m dans l'hypothèse faite plus haut. Toujours dans cette hypothèse, en l'absence de dispositif de vannes ou de hausses, le niveau du seuil 6 du déversoir 5 est arasé à 2 m en-dessous du niveau maximal RM pour permettre l'évacuation de la crue millénale, et on perd donc un volume utile d'eau correspondant à une tranche de 2 mètres.

Pour la détermination de la hauteur des éléments de hausse 11, l'invention est basée sur la constatation que le débit maximum atteint en moyenne sur 20 ans est beaucoup plus faible que celui de la crue de projet. Il peut être d'environ 50 m^3/s dans l'exemple choisi ici. D'après la formule (1) ce débit correspond alors à une lame d'eau ayant une hauteur d'environ 0,8 m. Si l'on admet que des éléments de hausse 11 peuvent être détruits en moyenne tous les 20 ans, on peut alors donner aux éléments de hausse une hauteur de 2 m - 0,8 m = 1,2 m, permettant ainsi le passage au-dessus des éléments de hausse 11 d'une lame d'eau de 0,8 m de hauteur correspondant au débit de 50 m^3/s. Dans ce cas, le niveau de la retenue normale RN' est élevé à 1,20 m au-dessus du niveau de la retenue normale RN du seuil déversant 6 libre, c'est-à-dire sans les éléments de hausse 11. Si on choisit des éléments de hausse 11 ayant une hauteur superieure à 1,2 m, la hauteur de la lame d'eau admissible sera inférieure à 0,8 m et il faudra admettre la destruction des éléments de hausse, par exemple tous les 10 ans, mais le niveau de la retenue normale sera encore augmenté. En revanche, si on choisit des éléments de hausse 11 ayant une hauteur plus petite que 1,2 m, on pourra admettre une lame d'eau ayant une hauteur plus forte que 0,8 m, les éléments de hausse n'étant alors détruits que tous les 50 ou 100 ans, mais le niveau de la retenue normale sera alors plus faible que dans les cas précédents. Le choix de la hauteur des éléments de hausse 11 est donc essentiellement un choix économique. Il est probablement souhaitable en général de fixer à 20 ans environ l'intervalle de temps entre deux destructions totales successives de la hausse fusible, ce qui conduirait à une hauteur théorique de 1,2 m des éléments de hausse dans l'exemple considéré ici.

Il est par ailleurs avantageux que la destruction de tous les éléments de hausse 11 ne se produise pas exactement pour le même niveau d'eau. On peut prévoir par exemple qu'un seul élément tel que l'élément 11c des figures 3 et 4 soit détruit lorsque l'eau atteint un premier niveau N1 situé environ 10 cm en-dessous du niveau maximal RM, qu'au moins un autre élément 11, tel que les éléments 11b et 11d, soient détruits lorsque l'eau atteint un second niveau N2 situé environ 5 cm en-dessous du niveau maximal RM, et que les autres éléments 11, tels que les éléments 11a et 11e, soient détruits lorsque l'eau atteint ledit niveau maximal RM.

De cette façon, la destruction du premier élément 11c par une crue d'importance moyenne peut suffire à l'écoulement de la crue sans montée supplémentaire du niveau d'eau, ce qui évite la destruction des autres éléments 11a, 11b, 11d et 11e. Toutefois, la marge de 10 cm qui est ainsi prise s'ajoute à la hauteur de lame déversante maximale admissible, de sorte que la hauteur des éléments de hausse et, par suite, la tranche d'eau gagnée (RN'-RN) devient égale à 1,1 m (2m-0,8m-0,1 m) dans l'exemple considéré ici.

Le basculement du ou des éléments de hausse 11 et, par suite, leur destruction dépend de l'équilibre entre, d'une part, le moment moteur, c'est-à-dire le moment des forces qui tendent à renverser l'élément de hausse considéré, et, d'autre part, le moment résistant, c'est-à-dire le moment des forces qui tendent à stabiliser ledit élément de hausse. Si on ne prévoit pas un dispositif déclencheur, directement lié au niveau d'eau, pour déclencher le basculement de l'élément de hausse avec précision pour un niveau d'eau prédéterminé, la hauteur d'eau correspondant à l'équilibre susmentionné ne peut être fixée qu'avec une marge d'incertitude pouvant atteindre 0,2 m. Dans ces conditions, il est nécessaire, par sécurité, de réduire la hauteur du ou des éléments de hausse 11 d'une quantité correspondant à certe marge d'incertitude, par exemple 0,2 m. Toutefois, on peut éviter d'avoir à réduire la hauteur des éléments de hausse en prévoyant un dispositif déclencheur qui sera décrit plus loin en faisant référence à la figure 9.

Il est possible, pour le débit de 50m^3/s considéré dans le présent exemple, de réduire à moins de 0,8 m la hauteur de la lame déversante maximale admissible avant basculement des éléments de hausse, en faisant en sorte que la ligne de crête des éléments de hausse 11, considérés individuellement ou ensemble, ne soit plus disposée parallèlement à la crête du seuil déversant 6, mais suivant une ligne non rectiligne, par exemple une ligne brisée ou courbe, pour allonger la longueur de déversement du débit susmentionné. Si l'on double cette longueur, le débit de 50 m^3/s est alors réparti sur 80 m au lieu de 40 m et la hauteur de la lame maximale admissible correspondante est ramenée de 0,8 m à 0,5 m. Ceci permet, toutes choses égales par ailleurs, de remonter de 0,3 m la hauteur des éléments de hausse 11 et d'augmenter en conséquence le volume d'eau stocké dans la retenue. Diverses formes d'éléments de hausse permettant d'allonger la longueur de déversement seront décrits plus loin en faisant référence aux figures 11e à 11g.

La figure 6 montre les différentes forces qui, en service, peuvent être appliquées à un élément de hausse 11 de la présente invention. Pour la descrip-

tion qui va suivre, on supposera que l'élément 11 a une forme parallélépipédique et a une largeur L et une hauteur H_1. Dans la figure 6, RM désigne comme auparavant le niveau maximal, B désigne la hauteur de la butée 12 au-dessus du seuil 6, H_2 désigne la hauteur de la lame déversante maximale admissible au-dessus de l'élément de hausse 11 et z désigne le niveau de l'eau. Les forces motrices, qui tendent à faire basculer l'élément de hausse 11 sont la poussée P de l'eau sur la face amont de l'élément de hausse 11 et la sous-pression U qui s'exerce éventuellement sur la surface de base dudit élément de hausse et qui est due à l'existence de fuites éventuelles aux joints d'étanchéité ou à la présence d'un dispositif déclencheur qui sera décrit plus loin. Les forces résistantes, qui tendent à stabiliser l'élément de hausse 11, sont la somme W du poids propre de l'élément de hausse 11 et du poids de la colonne d'eau éventuellement présente au-dessus dudit élément de hausse.

Pour calculer les valeurs de P, U et W, ainsi que les valeurs des moments moteur et résistant correspondants par rapport à la butée 12, il y a lieu de considérer plusieurs cas en fonction de la hauteur d'eau z au dessus du seuil 6. Les valeurs de P, U et W et des moments moteur et résistant correspondants sont résumés ci-dessous pour les différents cas, lesdites valeurs étant données par unité de longueur de l'élément de hausse 11.

a) si : $0 < z < 3\,B$:

$$P = \frac{1}{2} . \Upsilon_W . z^2 \quad (2)$$

$$U = \frac{1}{2} . \Upsilon_W . z . L \quad (3)$$

$$W = \Upsilon_b . H_1 . L \quad (4)$$

$$Mm = 0 \quad (5)$$

$$MmU = \frac{1}{3} . \Upsilon_W . z . L^2 \quad (6)$$

$$Mr = \frac{1}{2} . \Upsilon_b . H_1 . L^2 + \frac{1}{2} . \Upsilon_W . z^2 . (B - \frac{z}{3}) \quad (7)$$

b) si : $3\,B < z < H_1$:

$$P = \frac{1}{2} . \Upsilon_W . z^2 \quad (8)$$

$$U = \frac{1}{2} . \Upsilon_W . z . L \quad (9)$$

$$W = \Upsilon_b . H_1 . L \quad (10)$$

$$Mm = \frac{1}{2} . \Upsilon_W . z^2 . (\frac{z}{3} - B) \quad (11)$$

$$MmU = Mm + \frac{1}{3} . \Upsilon_W . z . L^2 \quad (12)$$

$$Mr = \frac{1}{2} . \Upsilon_b . H_1 . L^2 \quad (13)$$

c) Si : $H_1 < z$:

$$P = \frac{1}{2} . \Upsilon_W . H_1^2 + \Upsilon_W . H_1 . (z - H_1) \quad (14)$$

$$U = \frac{1}{2} . \Upsilon_W . z . L \quad (15)$$

$$W = \Upsilon_b . H_1 . L + \Upsilon_W . (z - H_1) . L \quad (16)$$

$$Mm = \frac{1}{2} \Upsilon_W . H_1^2 . (\frac{H_1}{3} - B) + \Upsilon_W . H_1 . (z - H_1)(\frac{H_1}{2} - B) \quad (17)$$

$$MmU = Mm + \frac{1}{3} \Upsilon_W . z . L^2 \quad (18)$$

$$Mr = \frac{1}{2} \Upsilon_b . H_1 . L^2 + \frac{1}{2} \Upsilon_W . (z - H_1) . L^2 \quad (19)$$

Dans les formules sus-indiquée, P, U, W, L, H_1, B et z ont les significations déjà indiquées plus haut. Mm est le moment moteur en l'absence de sous-pression U, MmU est le moment moteur en présence d'une sous-pression U, Υ_w est le poids volumique de l'eau et Υ_b est le poids volumique moyen de l'élément de hausse.

Dans le graphique de la figure 7, les tracés A, C et D représentent respectivement les variations de Mr, Mm et MmU en fonction de la hauteur d'eau z au-dessus du seuil 6, et le tracé E représente la variation du débit d'eau évacuée Q en fonction de la hauteur H de la lame déversante [$Q = 1{,}8 . H^{3/2}$, H étant égal à $(z - H_1)$ avant basculement de l'élément de hausse 11 et à z après basculement dudit élément]. Les tracés A, C, D et E ont été obtenus à partir des formules indiquées plus haut et pour $H_1 = 1{,}2$ m, L = 1,1 m, B = 0,15 m, $\Upsilon_w = 1$ et $\Upsilon_b = 2{,}4$.

En considérant les tracés A et C, on voit que le moment moteur Mm (sans sous-pression U) atteint la même valeur que le moment résistant Mr pour une valeur de z environ égal à 2,4 m. Autrement dit, en l'absence d'une sous-pression U, le basculement de l'élément de hausse 11 se produira quand le niveau de l'eau atteindra une hauteur de 2,4 m au-dessus du seuil 6. De même, en considérant les tracés A et D, on voit qu'en présence d'une sous-pression U, le moment moteur MmU atteint la même valeur que le moment résistant Mr pour une valeur de z d'environ 2 m, c'est-à-dire pour le niveau maximal RM dans l'exemple numérique considéré ici. Autrement dit, en présence d'une sous-pression U, le basculement de l'élément de hausse 11 aura lieu lorsque le niveau de l'eau atteindra le niveau maximal RM. D'après les formules (17) et (19), on voit que si l'on avait voulu que, en l'absence de sous-pression U et sans changer la valeur de la hauteur H_1 de l'élément de hausse 11, le basculement de ce dernier se produise pour une valeur de z égale à 2 m, donc pour le niveau d'eau maximal RM, il aurait fallu diminuer la valeur de Υ_b et/ou la valeur de L et/ou la valeur de B par rapport aux valeurs indiquées plus haut.

D'après ce qui précède, on voit que, par un dimensionnement approprié en taille et en poids de l'élément de hausse 11 et par un dimensionnement approprié de la butée 12, on peut faire en sorte que l'élément de hausse 11 bascule pour un niveau d'eau prédéterminé. On voit également que si l'élément de hausse 11 a été dimensionné pour basculer à un niveau d'eau prédéterminé en l'absence d'une sous-pression à sa base et si l'étanchéité entre l'élément de

hausse et le seuil 6 n'est pas parfaite, une sous-pression s'exercera sur la base de l'élément de hausse, ce qui provoquera son basculement pour un niveau d'eau inférieur au niveau d'eau prédéterminé susmentionné. Un défaut d'étanchéité n'est donc pas catastrophique mais constitue plutôt un facteur de sécurité dans la mesure où il aide au basculement de l'élément de hausse.

Ceci peut être mis à profit pour provoquer le basculement de l'élément de hausse 11 de manière encore plus sûre et avec une plus grande précision en ce qui concerne le niveau d'eau auquel se produit le basculement. En effet, il peut être avantageux de prendre des dispositions pour que la sous-pression U appliquée à l'élément de hausse reste nulle ou très faible tant que le niveau de l'eau reste inférieur à un niveau prédéterminé, et pour qu'une sous-pression de valeur substantiellement plus forte soit brusquement appliquée à l'élément de hausse 11 à l'instant où le niveau de l'eau atteint ledit niveau prédéterminé, le dimensionnement des éléments étant tel qu'à cet instant le moment moteur passe brusquement d'une valeur Mm un peu plus petite que la valeur du moment résistant Mr à une valeur MmU substantiellement plus grande que la valeur dudit moment résistant Mr. A cet effet, on peut utiliser par exemple un dispositif déclencheur tel que celui montré dans la figure 9. Le dispositif déclencheur montré dans la figure 9 est essentiellement constitué par un tuyau d'évent 21 qui, en service normal, met la zone sous-jacente à l'élément de hausse 11 en relation avec l'atmosphère, l'extrémité supérieure 21a du tuyau d'évent 21 étant située à un niveau N égal au niveau pour lequel on désire que le basculement de l'élément de hausse 11 se produise. Le tuyau 21 peut être droit et passer à travers l'élément de hausse 11 comme montré en trait plein dans la figure 9, ou il peut être coudé comme montré en trait mixte en 21' dans la figure 9, de telle façon que son extrémité supérieure soit déportée vers l'amont par rapport à l'élément de hausse 11, ou encore le tuyau d'évent peut être en partie noyé dans le seuil 6 comme cela est également montré en trait mixte en 21" dans la figure 9. Dans le cas où plusieurs éléments de hausse 11 sont prévus et doivent basculer pour des niveaux d'eau différents, tels que les niveaux N_1, N_2 et RM (figure 3) au moins un tuyau d'évent 21 est associé à chaque élément de hausse et chaque tuyau 21 s'étend vers le haut jusqu'à un niveau N égal au niveau N_1 ou N_2 ou RM pour lequel l'élément correspondant doit basculer. Naturellement, dans ce cas, les zones du seuil 6 qui sont sous-jacentes à des éléments de hausse devant basculer pour des niveaux d'eau différents, doivent être isolées les unes des autres part des joints d'étanchéité disposés de manière appropriée.

L'extrémité supérieure de chaque tuyau d'évent 21 peut être équipée d'un dispositif de protection contre les corps flottants, afin de ne pas être obturé par ceux-ci, ou d'un dispositif de protection contre les vagues, afin qu'une ou plusieurs vagues successives ne déclenchent pas intempestivement le basculement de l'élément de hausse 11. De tels dispositifs de protection sont montrés dans les figures 10a à 10c. Le dispositif de protection de la figure 10a est essentiellement constitué par un entonnoir 22 dont le bord supérieur 23 se trouve à un niveau plus élevé que le niveau N et qui comporte au moins un petit trou 24 à un niveau plus bas que le niveau N. Dans la figure 10b, le dispositif de protection est constitué par le tuyau 21 lui-même dont l'extrémité supérieure est recourbée sous la forme d'un siphon 25. Enfin, le dispositif de protection de la figure 10c est constitué par une cloche 26, qui coiffe l'extrémité supérieure 21a du tuyau d'évent 21 et dont le sommet 27 se trouve à un niveau légèrement plus élevé que le niveau N.

Il peut être avantageux, pour améliorer la sécurité d'un ouvrage existant dont le seuil déversant 6 avait été initialement arasé, en fonction de la crue de projet initialement choisie, à un niveau déterminant le niveau de la retenue normale RN (figure 8c), de déraser le seuil 6 de quelques décimètres en-dessous de sa côte actuelle (correspondant à RN) et de poser sur le seuil dérasé 6 une hausse fusible 10 conforme à la présente invention, composée d'au moins un élément de hausse 11 dimensionné en taille et en poids de la manière décrite plus haut pour basculer autour de la butée 12 lorsque le niveau de l'eau atteint un niveau prédéterminé au plus égal au niveau maximal RM correspondant à la crue de projet. Dans ces conditions, la probabilité d'ouverture de la hausse 10 n'est pas modifiée mais, en cas de crue exceptionnelle, la section d'écoulement disponible après destruction totale de la hausse 10 est notablement augmentée pour un même niveau d'eau dans la retenue, ce qui permet de passer sans risque une crue ayant un débit très supérieur à celui de la crue pour laquelle l'ouvrage avait été initialement dimensionné. Dans le cas où la hauteur choisie pour les éléments de hausse 11 est égale à la hauteur de dérasement du seuil 6 (figure 8a), on obtient simplement une augmentation de la sécurité de l'ouvrage, sans changement du niveau de la retenue normale RN, par rapport à l'ouvrage existant avant dérasement de son seuil 6 (figure 8c). Toutefois, on peut à la fois augmenter la sécurité de l'ouvrage et réhausser le niveau de la retenue normale à un niveau RN' en donnant aux éléments de hausse 11 une hauteur telle que leur sommet se trouve à un niveau plus élevé que le niveau RN, mais inférieur au niveau maximal RM (figure 8b).

Dans la description qui précède, on a supposé que chaque élément de hausse 11 est constitué par un bloc ayant en gros une forme parallélépipédique. Le bloc 11 peut être un bloc monolithique, en béton armé ou non armé, avec une face supérieure plane (figure 11a) ou bombée (figure 11b). Suivant une autre forme d'exécution, chaque élément de hausse 11

peut être constitué par un bloc creux comme montré dans la figure 11c, comportant un ou plusieurs alvéoles remplis d'un lest 32, comme par exemple du sable, des graviers ou autres matériaux pesant en vrac. Un couvercle (non montré) peut être prévu pour obturer le ou les alvéoles 31 après qu'ils ont été remplis d'un lest. La forme d'exécution de la figure 11c convient particulièrement bien quand la hausse 10 doit comporter plusieurs éléments de hausse ayant tous la même hauteur, mais devant basculer pour des niveaux d'eau différents. Dans ce cas, il suffit en effet de régler le poids de chacun des éléments de hausse 11 par une quantité de lest appropriée pour obtenir le basculement de l'élément de hausse correspondant pour le niveau d'eau prédéterminé désiré.

Suivant une autre forme d'exécution de la présente invention, chaque élément de hausse 11 peut être constitué par un assemblage de plaques, en béton, en acier ou en tout autre matière appropriée rigide et pesante. Comme montré dans la figure 11d, l'assemblage de plaques peut comporter une plaque rectangulaire de base 33, horizontale ou sensiblement horizontale, et une plaque rectangulaire 34, verticale ou sensiblement verticale, qui se dresse à partir du bord aval de la plaque de base 33. On notera que, dans ce cas, le poids de la colonne d'eau située au-dessus de la plaque de base 33 contribue, comme effort résistant, à stabiliser l'élément de hausse tant que le niveau de l'eau n'a pas atteint le niveau prédéterminé auquel se produit le basculement dudit élément de hausse.

Comme montré dans les figures 11e à 11g, l'assemblage de plaques peut comporter plusieurs plaques sensiblement rectangulaires 34, verticales ou sensiblement verticales, qui sont jointes par leur bord inférieur à la plaque de base 33 et qui sont jointes deux à deux par leurs bords verticaux de manière à former une sorte de paravent. Toutes les plaques 34 ont la même hauteur, mais elles peuvent avoir la même largeur (figure 11e) ou des largeurs différentes (figures 11f et 11g). Dans ce cas, chaque élément de hausse a une ligne de crête non-rectiligne, par exemple une ligne en dents de scie (figure 11e), ou une ligne en dents de scie tronquées (figure 11f) ou encore une ligne en créneau (figure 11g). Contrairement à la figure 11d, dans laquelle l'élément de hausse 11 est vu du côté aval, dans les figures 11e à 11g, l'élément de hausse 11 est vu du côté amont. Les formes d'exécution montrées dans les figures 11e à 11g sont intéressantes car elles permettent d'augmenter la longueur de déversement, ce qui, pour un même niveau d'eau, permet de réduire la hauteur de la lame déversante nécessaire à l'évacuation des débits des crues les plus faibles, donc les plus fréquentes, sans provoquer la destruction de la hausse et sans nuire à la sécurité, comme cela a déjà été expliqué plus haut. En outre, cela permet d'augmenter de manière correspondante la hauteur des éléments de hausse et, par conséquent, dans la même mesure le niveau de la retenue normale. Par exemple, une disposition en créneau comme celle de la figure 11g, triplant la longueur de déversement, permet de réduire de moitié la hauteur de la lame déversante des faibles débits, ce qui permet un accroissement correspondant de la capacité de stockage de la retenue sans réduire la possibilité d'évacuation des débits des crues exceptionnelles.

Au lieu d'utiliser des plaques 34 planes, on pourrait aussi utiliser des plaques cintrées ou ondulées pour augmenter la longueur de déversement.

La figure 12, représente, en coupe verticale, un élément de hausse 11 semblable à ceux des figures 11d à 11g, équipé en plus d'un tuyau d'évent 21 ayant la même fonction que celui de la figure 9. Dans la figure 12, la plaque horizontale 33 est fixée à la plaque verticale 34 de façon à se trouver à distance au-dessus du seuil 6, et elle comporte, du côté amont, un rebord 33a dirigé vers le bas. Le joint d'étanchéité 15 est disposé entre le rebord 33a et le seuil 6. Au-dessous de la plaque 33 est ainsi formée une chambre 35, dans laquelle débouche le tuyau 21 à sa partie inférieure. Un orifice 36 est prévu à la base de la plaque 34, l'orifice 36 ayant une section plus petite que celle du tuyau 21.

Avec l'élément de hausse de la figure 12, quand, en service, le niveau de l'eau est voisin du niveau N, mais plus bas que celui-ci, les vagues éventuelles en surface peuvent provoquer des entrées d'eau dans le tuyau 21. Ces entrées d'eau rempliront partiellement la chambre 35 qui, en même temps se videra par l'orifice 36. On évite ainsi qu'une sous-pression ne soit appliquée à la plaque 33 à cause des vagues, tant que le niveau d'eau n'a pas atteint le niveau N auquel on désire que le basculement de l'élément de hausse 11 se produise. La chambre 35 et l'orifice 36 permettent donc d'augmenter la précision du niveau auquel se produit le basculement. Bien entendu on peut prévoir sous l'élément 11 de la figure 9 une chambre semblable à la chambre 35, ainsi qu'un orifice de drainage de cette chambre semblable à l'orifice 36.

La figure 13 montre, en coupe verticale, un élément de hausse 11 composé de plusieurs modules 11g à 11j qui sont empilés les uns sur les autres. De préférence, les modules ont des formes telles qu'ils s'emboîtent les uns dans les autres pour ne pas glisser les uns par rapport aux autres, en service, sous la poussée de l'eau. Les modules peuvent avoir tous la même dimension verticale ou des dimensions verticales différentes; par exemple, le module supérieur 11j a une dimension verticale plus faible que celles des autres modules. Avec une telle construction de l'élément de hausse, non seulement les opérations de mise en place de la hausse sont facilitées, mais il est aussi possible de donner à la hausse des hauteurs différentes selon les saisons, sans que cela nécessite une surveillance humaine particulière.

La figure 14 montre un élément de hausse 11 modulaire comme celui de la figure 13, mais formé par un assemblage de plaques 33, 34 et 37. Les plaques 33 et 34 sont fixées rigidement entre elles, tandis que la plaque 37 peut être montée de manière amovible sur la plaque 34 pour rehausser cette dernière. Les plaques 34 et 37 peuvent être maintenues ensemble par au moins deux paires de plaquettes 38, dont une paire est visible dans les figures 14 et 15, et qui sont fixées rigidement à l'une des deux plaques 34 et 37. Au lieu des plaquettes 38 on peut aussi utiliser des barrettes s'étendant sur toute la longueur des plaques 34 et 37. Un joint d'étanchéité 39 est prévu entre les plaques 34 et 37. Bien entendu, au lieu d'avoir seulement deux plaques verticales 34 et 37, il peut en être prévu un plus grand nombre.

Dans la forme d'exécution représentée sur les figures 16 à 19, les parties de l'élément de hausse 11 qui sont identiques ou qui jouent le même rôle que ceux des modes de réalisation précédents, en particulier ceux représentés sur les figures 11f et 12, sont désignées par les mêmes numéros de référence. Comme on peut le voir dans les figures 16, 17 et 19, les plaques ou panneaux amont 34a de l'élément de hausse 11 sont verticaux et ont une forme rectangulaire, tandis que les plaques ou panneaux aval 34b ont une forme trapézoïdale et sont inclinés de l'amont vers l'aval, leur bord supérieur étant plus en aval que leur bord inférieur. Enfin, les plaques ou panneaux latéraux et intermédiaires 34c sont verticaux et ont une forme trapézoïdale. De cette manière, lorsqu'une crue se déverse par dessus l'élément de hausse, on améliore le régime d'écoulement de l'eau par dessus la hausse et on augmente encore la longueur du périmètre de déversement par rapport à la forme d'exécution de la figure 11f. Comme on l'a déjà indiqué plus haut, l'allongement de la longueur du périmètre de déversement permet, pour un débit donné, de réduire la hauteur ou l'épaisseur de la lame déversante et, par conséquent, d'augmenter de manière correspondante la hauteur des éléments de hausses.

Les plaques ou panneaux 34a, 34b et 34c, ainsi que la plaque de fond 33 sont de préférence réalisés en acier, mais ils pourraient être aussi réalisés en béton, en matière plastique ou en tout autre matériau approprié. Comme on peut le voir dans la figure 19, la plaque de fond 33 repose sur une semelle 41 et est ancrée à celle-ci. La semelle 41 est de préférence réalisée en béton, par exemple en béton armé. Comme montré dans la figure 18, la semelle 41 a, vue de dessus, un périmètre de forme trapézoïdale, dont la grande base se trouve du côté amont et la petite base du côté aval. Ainsi, quand plusieurs éléments de hausses 11 sont juxtaposés, l'élément de hausse qui doit basculer le premier n'est pas gêné dans son mouvement de basculement par les éléments adjacents.

Comme montré dans la figure 19, la semelle 41 repose elle-même sur un cadre 42 ayant un perimètre trapézoïdal correspondant à celui de la semelle 41. Le cadre de support 42 peut être réalisé par exemple en béton, chargé ou non, en béton armé, en acier, en matière plastique,ou en tout autre matériau approprié. Deux butées 12 sont prévues près des extrémités ou aux extrémités du côté aval du cadre de support 42. Ces deux butées 12 peuvent être réalisées d'une seule pièce avec le cadre de support 42. Comme montré dans la figure 19 le cadre de support 42 est posé sur le seuil 6, préalablement dérasé dans le cas d'un seuil déjà existant ou préalablement aménagé dans le cas d'un ouvrage neuf. Le seuil 6 est ensuite reconstitué par un coulis de ciment 6a servant à ancrer le cadre de support 42 dont seule la face supérieure affleure le seuil reconstitué pour recevoir et supporter l'élément de hausse 11.

Comme cela est plus particulièrement visible dans la figure 19, la face inférieure de la semelle 41 est évidée de manière à définir une chambre 35 entre elle et le dessus du seuil 6. Au moins une encoche 36 est formée dans la semelle 41 du côté avant de celle-ci. L'encoche 36 définit un orifice de drainage permettant d'évacuer l'eau éventuellement présente dans la chambre 35.

Comme cela est visible dans la figure 18, la ligne de crête de l'élément de hausse 11 présente deux ondes qui définissent respectivement deux alvéoles du côté amont de l'élément de hausse. Dans l'un des alvéoles est disposé un puits rapporté 43, dont le fond est percé d'un orifice qui est en coïncidence avec deux autres orifices respectivement percés dans la plaque de fond 33 et dans la semelle 41 et qui forment un passage 44 mettant l'intérieur du puits 43 en communication avec la chambre 35.

Comme cela est visible dans la figure 18, le puits 43 a une section horizontale de forme approximativement rectangulaire et fortement allongée dans le sens amont-aval. Cette forme allongée permet d'obtenir un périmètre de déversement de grande longueur lorsque le niveau de l'eau atteint le bord supérieur du puits. A son extrémité supérieure, du côté amont, le puits 43 comporte un prolongement vertical 45. Le prolongement 45 forme un déflecteur qui améliore le régime d'écoulement de l'eau et en même temps sert à dévier les éventuels corps flottants pour les empêcher de pénétrer dans le puits 43.

Le puits 43 peut être réalisé en acier, en béton, en matière plastique ou en tout autre matériau approprié et, selon le matériau utilisé, il peut être fixé à la plaque de fond 33 et à la plaque aval 34b par soudage, par collage, par boulonnage ou par tout autre moyen de fixation approprié.

Comme on peut le voir dans les figures 17 et 19, le puits 43 s'étend vers le haut jusqu'à un niveau N' plus élevé que le niveau RN' correspondant à la ligne de crête de l'élément de hausse 11 et définissant le niveau de la retenue normale.

On décrira maintenant le fonctionnement de l'élé-

ment de hausse 11 représenté dans les figures 16 à 19. Quand le niveau de l'eau atteint le niveau RN' lors d'une crue, l'eau commence à se déverser par-dessus la ligne de crête de l'élément de hausse, mais celui-ci reste stable car le moment des forces de poussée par rapport aux butées 12 reste inférieur à la somme des moments du poids propre de l'élément de hausse et du poids de l'eau au-dessus de la plaque de fond 33. Ensuite, quand le niveau de l'eau atteint le niveau N', l'eau commence à se déverser dans le puits 43 et, de là, à travers le passage 44, dans la chambre 35, d'où elle s'échappe à travers l'orifice de drainage 36. En régime permanent, le débit d'eau entrant dans le puits 43 diminué du débit d'eau sortant par l'orifice 36 établit une certaine hauteur d'eau z_2 dans le puits 43. Si on désigne par z_1 l'épaisseur de la lame d'eau se déversant dans le puits 43 (figure 19), par L_d la longueur du périmètre de déversement à la partie supérieure du puits 43, le débit Q_- = d'eau entrant dans le puits est donné par la formule:

$$Q_- = 1{,}8.z_1^{3/2} . L_d \quad (20)$$

De même, si on désigne par s la section de passage de l'orifice de drainage 36, le débit Q_- de l'eau sortant par l'orifice 36 est donné par la formule:

$$Q_- = 2{,}7 . s . z_2^{1/2} \quad (21)$$

En régime permanent $Q_- = Q_-$ et la hauteur d'eau z_2 se stabilise dans le puits 43. D'après les formules (20) et (21), z_2 peut être exprimé en fonction de z_1 de la manière suivante:

$$z_2 = 0{,}44 . \frac{L_d^2}{s^2} . z_1^3 \quad (22)$$

La formule (22) met concrètement en évidence la sensibilité du système: pour une petite variation de hauteur z_1 de la lame d'eau se déversant dans le puits 43, il y a un effet d'amplification important sur la hauteur d'eau z_2 dans le puits 43. Cette hauteur d'eau z_2 dans le puits 43 crée donc sur la paroi supérieure de la chambre 35, c'est-à-dire sur la face inférieure de la semelle 41, une sous-pression ou force de soulèvement qui tend à faire basculer l'élément de hausse autour des deux butées 12. On peut donc faire en sorte que, quand le niveau de l'eau atteint un niveau prédéterminé N, l'eau dans le puits 43 atteint rapidement un niveau suffisant pour provoquer le basculement de l'élément de hausse.

Dans les variantes d'exécution représentées sur les figures 19a et 19b, la plaque de fond 33, les plaques 34a, 34b et 34c ainsi que la semelle 41 sont réalisées d'une seule pièce, par exemple en béton (figure 19a) ou en une matière plastique (figure 19b). Pour le reste, l'élément de hausse 11 montré dans les fiugures 19a et 19b est identique à celui de la figure 19.

La figure 20 montre un élément de hausse 11 semblable à celui de la figure 19, mais dépourvu de puits 43. En outre, l'élément de hausse 11 de la figure 20 ne comporte pas d'ouverture dans la semelle 41 et dans la plaque de fond 33, c'est-à-dire que l'ouverture 44 de la figure 19 est absente. L'alimentation en eau de la chambre 35 est ici effectuée par un tuyau 46, qui est noyé dans le seuil 6. L'une des extrémités du tuyau 46 comporte une partie verticale 46a qui débouche dans la chambre 35, et son autre extrémité est raccordée à une prise d'eau, qui est située à un endroit quelconque en amont du barrage et qui peut avoir une forme telle que celle montrée dans les figures 10a à 10c ou encore une forme semblable à celle du puits 43.

Dans le cas où l'on désire que les éléments de hausse 11 basculent individuellement ou par groupe, par exemple deux éléments de hausse à chaque fois, et cela pour des niveaux d'eau successifs dont les valeurs sont croissantes, il suffira de donner au puits 43 des divers éléments de hausse 11 des hauteurs différentes correspondant aux niveaux successifs pour lesquels le basculement des éléments de hausse doit se produire. Dans le cas de la figure 20, il faut en outre prévoir plusieurs tuyaux 46, comme montré, un pour chaque élément 11 ou pour chaque groupe d'éléments 11 devant basculer ensemble pour un niveau prédéterminé.

Bien que l'élément de hausse 11 décrit dans les figures 16 à 18 comporte une ligne de crête à deux ondes, sa ligne de crête pourrait avoir un nombre plus petit ou plus grand d'ondes, par exemple une onde comme montré dans la figure 21 ou trois ondes comme montré dans la figure 22. Bien que la figure 22 ne montre qu'un seul puits 43, il pourrait être prévu par exemple deux puits disposés respectivement dans les alvéoles extrêmes comme montré en trait mixte dans cette figure.

Pour réaliser la hausse 10, il est possible de juxtaposer plusieurs éléments 11 ayant tous le même nombre d'ondes ou ayant des nombres d'ondes différents.

En conclusion, la hauteur de la hausse 10, donc de son ou ses éléments 11, dépend d'un choix économique, de la progressivité souhaitée dans le basculement des divers éléments de hausse, de la précision du niveau d'eau auquel se produit le basculement (précision qui peut être améliorée en prévoyant un dispositif déclencheur adducteur d'eau à la base de l'élément de hausse, comme décrit plus haut) et de la forme de la ligne de crête de la hausse, ligne qui peut être rectiligne, brisée, courbe ou ondulée. Dans l'exemple numérique décrit plus haut, la hauteur des éléments de hausse qui en résulte peut varier entre 0,9 m et 1,5 m, permettant, suivant les options prises, de gagner entre 45 et 75% de la tranche d'eau qui serait perdue sans l'utilisation de la hausse fusible.

D'après ce qui précède, il est clair que la hausse fusible de la présente invention permet d'augmenter substantiellement et de façon quasi-permanente la capacité de stockage d'un barrage ou autre ouvrage à seuil déversant libre, tout en maintenant ou en accroissant la sécurité de fonctionnement propre aux

ouvrages à seuil déversant libre, en permettant de façon fiable l'évacuation des crues exceptionnelles par ouverture automatique (basculement d'au moins un élément de la hausse) sans aucune surveillance ni aucune intervention humaine ou d'un dispositif de contrôle. Il est également clair que la hausse peut être fabriquée et installée sur le seuil du déversoir d'un barrage ou autre ouvrage pour un coût plus faible que celui des vannes antérieurement connues, et sans modification majeure du seuil du déversoir.

Il est bien entendu que les formes d'exécution de la présente invention qui ont été décrites ci-dessus ont été données à titre purement indicatif et nullement limitatif, et que de nombreuses modifications peuvent être facilement apportées par l'homme de l'art sans pour autant sortir du cadre de la présente invention tel que défini par les revendications annexées. C'est ainsi notamment que le joint 15 situé à la base de l'élément de hausse peut ne pas être situé près du bord amont de ladite base, mais à tout autre emplacement désiré sous la base.

Revendications

1. Déversoir évacuateur de crues pour barrages et ouvrages similaires, comportant un seuil déversant (6) dont la crête (8) est située à un premier niveau prédéterminé (RN) plus bas qu'un second niveau prédéterminé (RM) correspondant à un niveau maximal ou niveau des plus hautes eaux (PHE) pour lequel le barrage (1) est conçu, la différence desdits premier et second niveaux (RN et RM) corrrespondant à un débit maximal prédéterminé d'une crue exceptionnelle, et une hausse mobile (10) obturant le déversoir (5), caractérisé en ce que ladite hausse (10) comprend au moins un élément de hausse (11) rigide et massif, qui est posé sur la crête (8) du seuil déversant (6) et est maintenu en place sur celui-ci par gravité, ledit élément (11) ayant une hauteur prédéterminée (H_1), qui est plus petite que la différence des premier et second niveaux prédéterminés (RN et RM) et qui correspond, pour un niveau d'eau sensiblement égal audit niveau maximal (RM), à une crue moyenne ayant un débit prédéterminé plus faible que ledit débit maximal prédéterminé, ledit élément de hausse (11) étant dimensionné, en taille et en poids, pour que le moment des forces de poussée appliquées par l'eau à l'élément de hausse atteigne le moment des forces de pesanteur qui tendent à maintenir l'élément de hausse en place sur le seuil déversant (6), et qu'en conséquence ledit élément de hausse soit déséquilibré et chassé, quand l'eau atteint un troisième niveau prédéterminé (N) plus élevé que le sommet de l'élément de hausse (11), mais au plus égal au second niveau prédéterminé (RM).

2. Déversoir selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il est prévu une butée (12) de hauteur prédéterminée (B) sur le seuil déversant (6), au pied de l'élément de hausse (11) du côté aval de celui-ci, pour l'empêcher de glisser vers l'aval sur ledit seuil.

3. Déversoir selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que, dans le cas d'un déversoir (5) existant, la crête (8) du seuil déversant (6) est dérasée à un niveau plus bas que ledit premier niveau prédéterminé (RN), et en ce que l'élément de hausse (11) est posé sur le seuil dérasé et a une hauteur telle que son sommet se trouve au moins audit premier niveau prédéterminé (RN), mais à un niveau (RN') inférieur audit troisième niveau prédéterminé (N).

4. Déversoir selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'un joint d'étanchéité (15) est disposé entre le seuil déversant (6) et la base de l'élément de hausse (11) près du bord amont (16) de ladite base.

5. Déversoir selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que ledit élément de hausse (11) se présente sous la forme d'un bloc en gros parallélépipédique monolithique.

6. Déversoir selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que ledit élément de hausse (11) se présente sous la forme d'un bloc en gros parallélépipédique creux, rempli d'un lest (32).

7. Déversoir selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que ledit élément de hausse est constitué par un assemblage de plaques (33, 34), qui comprend au moins une plaque de base sensiblement horizontale (33) et au moins une plaque sensiblement verticale et sensiblement rectangulaire (34), qui se dresse à partir de la plaque de base (33).

8. Déversoir selon la revendication 7, caractérisé en ce que la plaque verticale (34) se dresse à partir du bord aval de la plaque de base (33).

9. Déversoir selon la revendication 7, caractérisé en ce que ledit assemblage comprend plusieurs plaques sensiblement rectangulaires et sensiblement verticales (34), qui sont jointes par leur bord inférieur à la plaque de base (33) et qui sont jointes deux à deux par leurs bord verticaux de manière à former une sorte de paravent.

10. Déversoir selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que ledit élément de

hausse (11) a une ligne de crête non-rectiligne.

11. Déversoir selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, caractérisé en ce que plusieurs éléments de hausse (11) sont disposés côte à côte le long de la crête (8) du seuil déversant (6), des joints d'étanchéité (13) étant disposés entre les parois verticales mutuellement en vis-à-vis des éléments contigüs de hausse.

12. Déversoir selon la revendication 11, caractérisé en ce que les éléments de hausse (11) sont dimensionnés de telle façon qu'au moins un premier élément de hausse (11c) soit déséquilibré quand l'eau atteint ledit troisième niveau prédéterminé (N_1), celui-ci étant plus bas que ledit second niveau prédéterminé (RM), qu'au moins un second élément de hausse (11b, 11d) soit déséquilibré quand l'eau atteint un quatrième niveau prédéterminé (N_2) compris entre les second et troisième niveaux prédéterminés (RM et N_1), et qu'au moins un troisième élément de hausse (11a, 11e) soit déséquilibré quand l'eau atteint un cinquième niveau prédéterminé plus haut que le quatrième niveau (N_2) et au plus égal au second niveau prédéterminé (RM).

13. Déversoir selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, caractérisé en ce qu'un orifice (36) est prévu du côté aval de l'élément de hausse pour drainer l'espace sous-jacent entre l'élément de hausse (11) et le seuil (6).

14. Déversoir selon la revendication 13, caractérisé en ce qu'il comprend au moins un conduit (21, 43), qui, en service normal, met ledit espace sous-jacent entre l'élément de hausse (11) et le seuil (6) en relation avec l'atmosphère, l'extrémité supérieure du conduit (21, 43) étant située à un niveau égal ou sensiblement égal audit troisième niveau prédéterminé (N) et à l'aplomb de l'élément de hausse (11) ou en amont de celui-ci.

15. Déversoir selon la revendication 14, caractérisé en ce que la face inférieure de l'élément de hausse (11) est évidée de manière à définir une chambre (35), et le conduit (21, 43) débouche, à sa partie inférieure, dans ladite chambre (35).

16. Déversoir selon l'une quelconque des revendications 1 à 15, caractérisé en ce que ledit élément de hausse (11) comprend plusieurs parties (11g-11j; 34, 37) empilées les unes sur les autres.

Patentansprüche

1. Hochwasserüberlauf für Dämme und gleichartige Bauwerke, aufweisend eine Überlaufschwelle (6), deren Krone (8) auf einem ersten vorbestimmten Pegel (RN) gelegen ist, der tiefer liegt, als ein zweiter vorbestimmter Pegel (RM), welcher einem maximalen Pegel oder einem Pegel des höchsten Wasserstandes (PHE) entspricht, für den der Damm konzipiert ist, wobei die Differenz des besagten ersten und zweiten Pegels (RN und RM) einer vorbestimmten maximalen Durchflußmenge eines außergewöhnlichen Hochwassers entspricht, sowie ein den Überlauf (5) versperrendes automatisches Schützentor (10), dadurch gekennzeichnet, daß das besagte Schützentor (10) mindestens ein starres und massiges Schützentorelement (11) umfaßt, das auf die Krone (8) der Überlaufschwelle (6) aufgesetzt ist und auf dieser durch Schwerkraft in seiner Lage gehalten wird, wobei das besagte Element (11) eine vorbestimmte Höhe (H_1) besitzt, die kleiner ist, als die Differenz des ersten und zweiten vorbestimmten Pegels (RN und RM), und die für einen Wasserstand, der dem besagten maximalen Pegel (RM) im wesentlichen gleich ist, einem mittleren Hochwasser entspricht, welches eine schwächere vorbestimmte Durchflußmenge aufweist, als die besagte maximale vorbestimmte Durchflußmenge, wobei das Schützentorelement (11) bezüglich Größe und Gewicht so dimensioniert ist, daß das Moment der vom Wasser auf das Schützentorelement (11) ausgeübten Druckkräfte das Moment der Gewichtskräfte erreicht, die das Schützentorelement auf der Überlaufschwelle (6) in seiner Lage halten, und daß als Folge das besagte Schützentorelement aus dem Gleichgewicht gebracht und herausgestoßen wird, wenn das Wasser einen dritten vorbestimmten Pegel (N) erreicht, der höher liegt, als der Scheitel des Schützentorelements (11), aber höchstens gleich dem zweiten vorbestimmten Pegel (RM) ist.

2. Überlauf nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein Widerlager (12) mit vorbestimmter Höhe (B) auf der Überlaufschwelle (6) am Fuß des Schützentorelements (11) auf der stromabwärtigen Seite desselben vorgesehen ist, um es daran zu hindern auf der besagten Schwelle stromabwärts zu gleiten.

3. Überlauf nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß im Fall eines bestehenden Überlaufs (5) die Krone (8) der Überlaufschwelle (6) auf einen tieferen Pegel als der besagte vorbestimmte erste Pegel (RN) abgetragen wird, und daß das Schützentorelement (11) auf die abgetragene Schwelle aufgesetzt wird und eine solche Höhe aufweist, daß sich sein Scheitel mindestens auf dem besagten ersten vorbestimmten

Pegel (RN) befindet, jedoch auf einem Pegel (RN'), der niedriger ist, als der besagte dritte vorbestimmte Pegel (N).

4. Überlauf nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß eine Dichtung (15) zwischen der Überlaufschwelle (6) und der Sohle des Schützentorelementes (11) nahe dem stromaufwärtigen Rand (16) der besagten Sohle angeordnet ist.

5. Überlauf nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß sich das besagte Schützentorelement (11) in der Form eines im großen und ganzen quaderförmigen monolithischen Blocks darbietet.

6. Überlauf nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß sich das besagte Schützentorelement (11) in der Form eines im großen und ganzen quaderförmigen hohlen, mit Ballast (32) gefüllten Blocks darbietet.

7. Überlauf nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß das besagte Schützentorelement (11) durch einen Verband von Platten (33,34) gebildet ist, der mindestens eine im wesentlichen horizontale Grundplatte (33) und mindestens eine im wesentlichen vertikale und im wesentlichen rechteckige (34) Platte umfaßt, die sich von der Grundplatte (33) aus erstreckt.

8. Überlauf nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß sich die vertikale Platte (34) vom stromabwärtigen Rand der Grundplatte (33) aus erstreckt.

9. Überlauf nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß der besagte Verband mehrere im wesentlichen rechteckige und im wesentlichen vertikale Platten (34) umfaßt, die durch ihren unteren Rand mit der Grundplatte (33) verbunden sind und die durch ihre vertikalen Ränder paarweise in einer Weise verbunden sind, daß eine Art spanische Wand gebildet wird.

10. Überlauf nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß das besagte Schützentorelement (11) eine nicht geradlinige Kronenlinie aufweist.

11. Überlauf nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere Schützentorelemente (11) dicht nebeneinander längs der Krone (8) der Überlaufschwelle (6) angeordnet sind, wobei Dichtungen (13) zwischen den einander gegenüberliegenden vertikalen Wänden aneinandergrenzender Schützentorelemente angeordnet sind.

12. Überlauf nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Schützentorelemente (11) derart dimensioniert sind, daß mindestens ein erstes Schützentorelement (11c) aus dem Gleichgewicht gebracht wird, wenn das Wasser den besagten dritten vorbestimmten Pegel (N_1) erreicht, wobei dieser niedriger ist, als der besagte zweite vorbestimmte Pegel (RM), daß mindestens ein zweites Schützentorelement (11b, 11d) aus dem Gleichgewicht gebracht wird, wenn das Wasser einen zwischen dem zweiten und dritten vorbestimmten Pegel (RM und N_1) enthaltenen vierten vorbestimmten Pegel (N_2) erreicht, und daß mindestens ein drittes Schützentorelement (11a, 11e) aus dem Gleichgewicht gebracht wird, wenn das Wasser einen vorbestimmten fünften Pegel erreicht, der höher als der vierte Pegel (N_2) und höchstens gleich dem zweiten vorbestimmten Pegel (RM) ist.

13. Überlauf nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß eine Öffnung (36) auf der stromabwärtigen Seite des Schützentorelementes vorgesehen ist, um den darunterliegenden Raum zwischen dem Schützentorelement (11) und der Schwelle (6) zu entleeren.

14. Überlauf nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß er mindestens einen Kanal (21, 43) umfaßt, der im Normalbetrieb den besagten darunterliegenden Raum zwischen dem Schützentorelement (11) und der Schwelle (6) mit der Atmosphäre verbindet, wobei das obere Ende des Kanals (21, 43) auf einem Pegel angeordnet ist, der dem besagten dritten vorbestimmten Pegel (N) gleich oder im wesentlichen gleich ist und in lotrechter Richtung vom Schützentorelement (11) oder stromaufwärts von diesem angeordnet ist.

15. Überlauf nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Unterseite des Schützentorelementes (11) derart ausgespart ist, daß eine Kammer (35) gebildet wird, und der Kanal (21, 43) an seinem unteren Teil in die besagte Kammer (35) mündet.

16. Überlauf nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß das besagte Schützentorelement (11) mehrere Teile (11g-11j; 34,37) umfaßt, die jeweils aufeinandergestapelt sind.

Claims

1. Overflow spillway for dams and similar structures comprising an overspill sill (6) whose crest (8) is

set at a first predetermined level (RN), lower than a second predetermined level (RM) corresponding to the maximum reservoir level (PHE) for which the dam (1) is designed, the difference between the said first and second predetermined levels (RN and RM) corresponding to a predetermined maximum discharge of a design flood, and a moveable water level raising means (10) on the sill (6) of the spillway (5) characterised in that the water level raising means (10) comprises at least one rigid heavy element (11) tresting on the crest (8) of the spillway sill (6) and held in place thereon by gravity, the said element (11) having a predetermined height (H_1) which is less than the difference between the first and second predetermined levels (RN and RM) and which corresponds, for a headwater level substantially equal to the said maximum level (RM), to a mean flood with a smaller predetermined discharge than the predetermined maximum discharge, the said element (11) being of such size and weight that the moment of the forces applied by the headwater on the element (11) comes to equal the moment of the gravity forces tending to maintain the element in place on the sill (6) so that consequently the element (11) is destabilized and expelled when the water reaches a third predetermined level (N) higher than the top of the element (11) but not higher than the second predetermined level (RM).

2. Overflow spillway as claimed in Claim 1, characterised in that an abutment (12) of predetermined height (B) is provided on the spillway sill (6) at the downstream toe of the water level raising element (11) to prevent the said element (11) from sliding downstreamwards on the said sill (6).

3. Overflow spillway as claimed in Claim 1 or 2, characterised in that, in the case of an existing spillway (5), the crest (8) of the overspill sill (6) is lowered to a lower level than the said first predetermined level (RN) and the water level raising element (11) is installed on the lowered sill and is given a height such that its top is at a level (RN') at least equal to the said first predetermined level (RN) but lower than the said third predetermined level (N).

4. Overflow spillway as claimed in any of Claims 1 to 3, characterised in that a seal (15) is provided between the overspill sill (6) and the base portion of the water level raising element (11) near the upstream edge (16) of the said base portion.

5. Overflow spillway as claimed in any of Claims 1 to 4, characterised in that the said water level raising element (11) has the material form of a substantially parallelepipedic solid block.

6. Overflow spillway as calimed in any of Claims 1 to 4, characterised in that the said water level raising element (11) has the material form of a substantially parallelepipedic hollow block containing a weighting material (32).

7. Overflow spillway as claimed in any of Claims 1 to 4, characterised in that the said water level raising element (11) consists of an assembly of plates (33, 34) which comprises at least one substantially horizontal base plate (33) and at least one substantially vertical and substantially rectangular plate (34) rising from the base plate (34).

8. Overflow spillway as claimed in Claim 7, characterised in that the vertical plate (34) rises from the downstream edge of the base plate (33).

9. Overflow spillway as claimed in Claim 7 characterised in that the said plate assembly comprises a plurality of substantially rectangular and substantially vertical plates (34) with their lower edges joined to the base plate (33) and their contiguous vertical edges joined together so as to form a sort of accordeon screen.

10. Overflow spillway as claimed in any of Claims 1 to 9, characterised in that the said water level raising element (11) exhibits a non-rectilinear crest line.

11. Overflow spillway as claimed in any of Claims 1 to 10, characterised in that a plurality of water level raising elements (11) are located side-by-side along the crest (8) of the spillway sill (6) with seals (13) between adjacent side faces of the said elements (11).

12. Overflow spillway as claimed in Claim 11, characterised in that the size and weight of the water level raising elements (11) are such that at least a first one (11c) of said water level raising elements (11) is destabilized when the headwater reaches the said third predetermined level (N1), said third level being lower than said second predetermined level (RM), that at least a second one (11b, 11d) of said water level raising elements (11) is destabilized when the headwater reaches a fourth predetermined level (N2) between the second and third predetermined levels (RM and N1), and that at least a third one (11a, 11e) of said water level raising elements (11) is destabilized when the headwater reaches a fifth predetermined level higher than the fourth level (N2) but not higher than the second predetermined level (RM).

13. Overflow spillway as claimed in any of Claims 1 to 12, characterised in that a hole (36) is provided on the downstream side of said element (11) to drain the underside space between the said water level raising element (11) and the spillway sill (6).

14. Overflow spillway as claimed in Claim 13, characterised in that it comprises at least one duct means (21, 43) which under normal service conditions maintains the said underside space between the raising element (11) and the sill (6) at atmospheric pressure, said duct means (21, 43) having an upper end which is at a level equal to or substantially equal to the said third predetermined level (N) and vertically above or upstream of water level raising element (11).

15. Overflow spillway as claimed in Claim 14, characterised in that the underside of said water level raising element (11) is recessed to form a definite chamber (35), and the lower end of the duct means (21, 43) opens into the said chamber (35).

16. Overflow spillway as claimed in any of Claims 1 to 15, characterised in that the water level raising element (11) comprises several stacked parts (11g-11j, 34, 37).

FIG_1

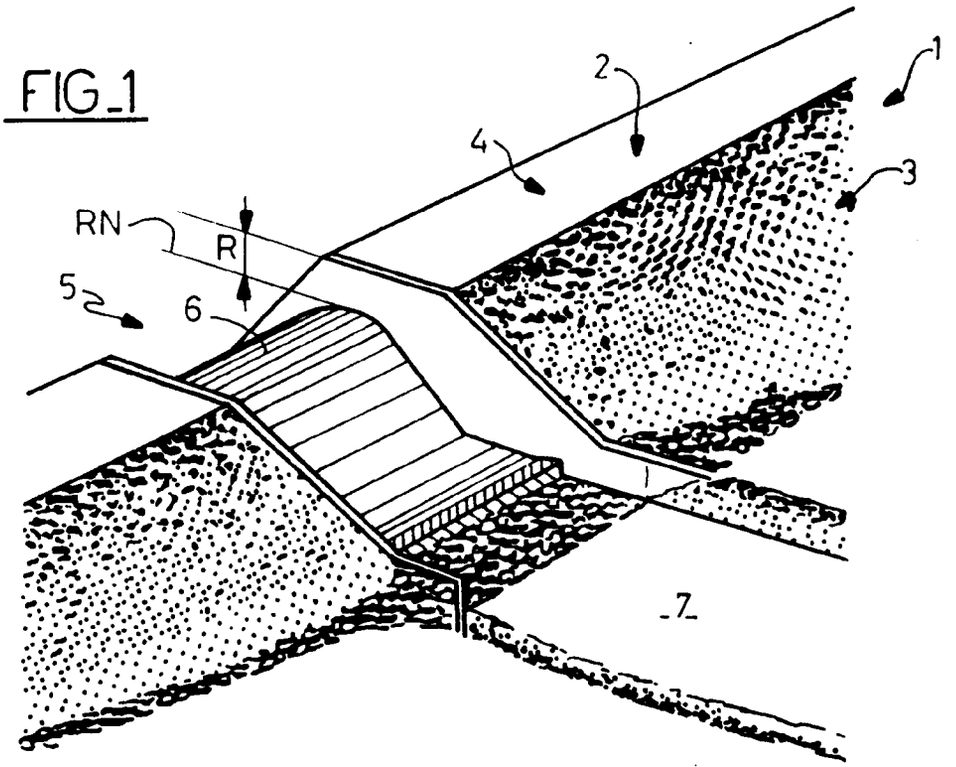


FIG_2a

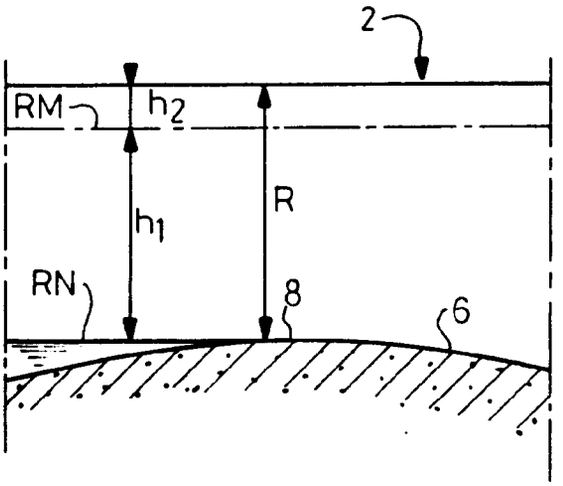


FIG_2b

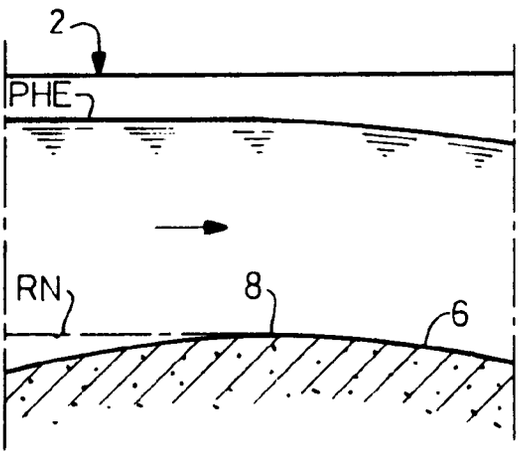


FIG_3

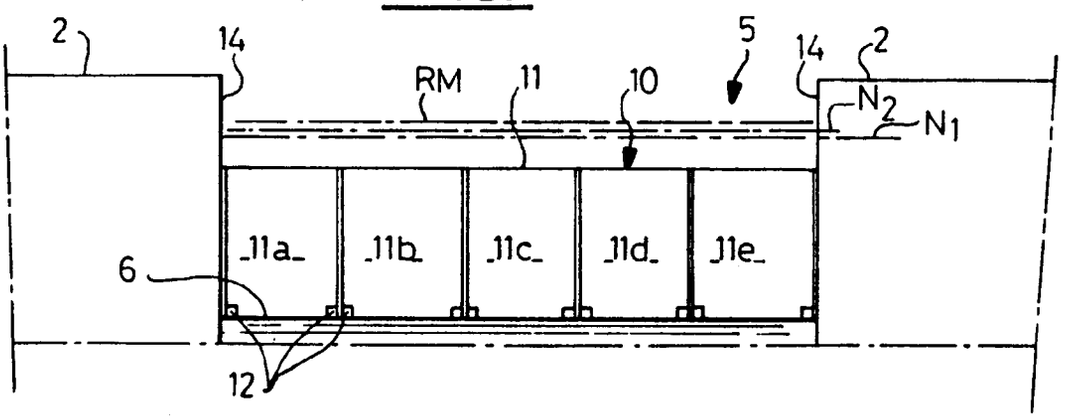


FIG_4

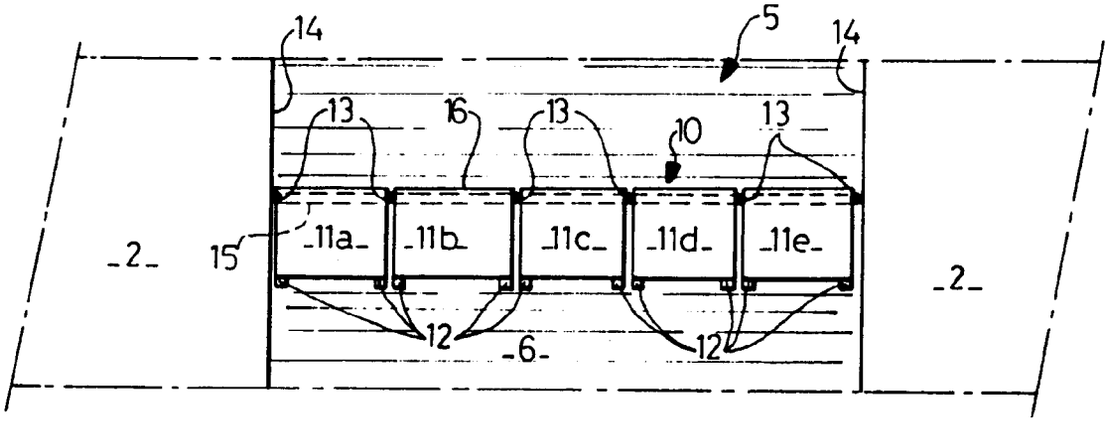


FIG_5a

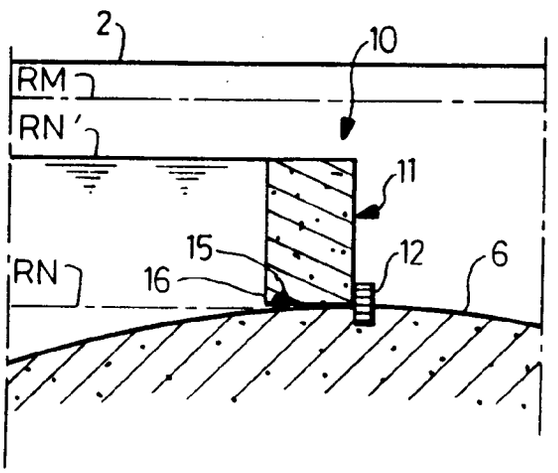


FIG_5b

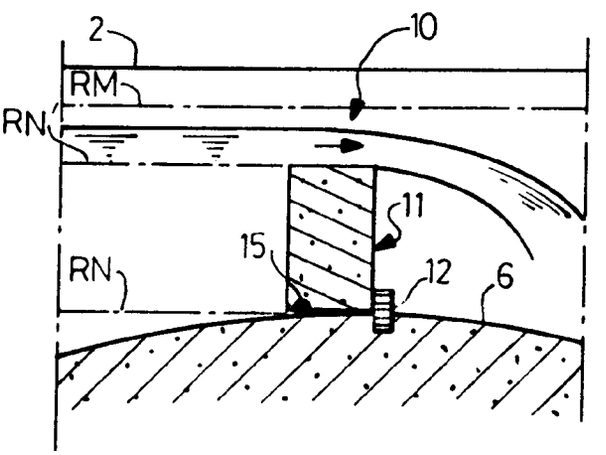


FIG_5c

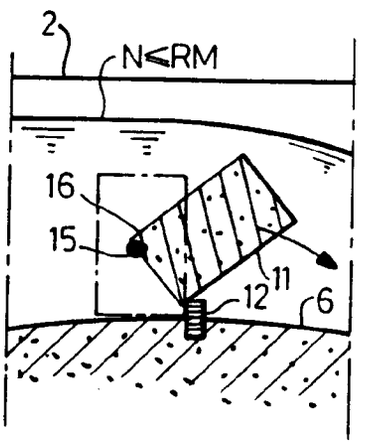


FIG_5d

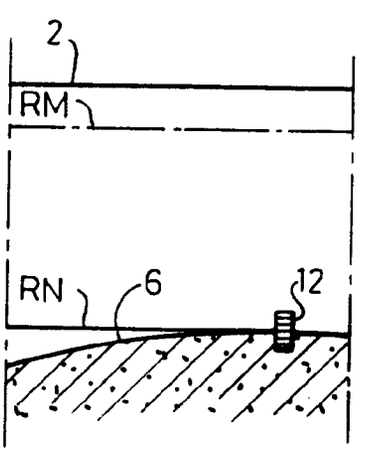


FIG_5e

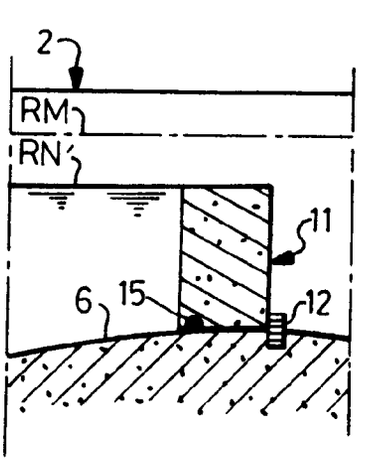


FIG_6

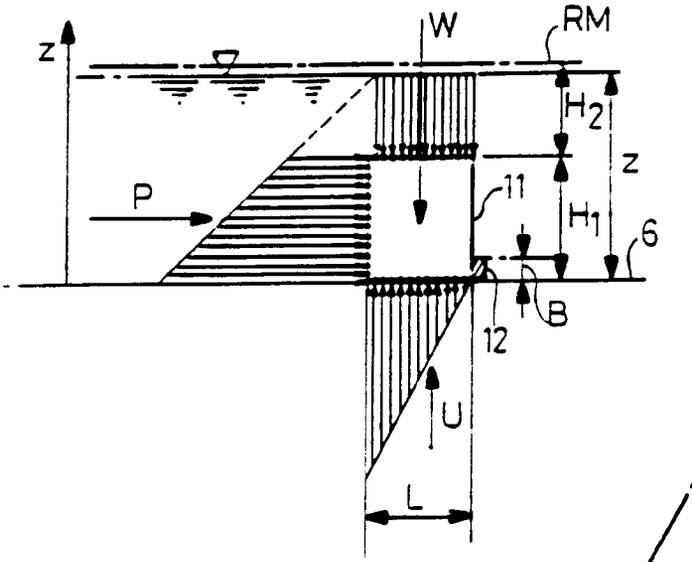

z
W
RM
H2
z
P
11
H1
6
B
12
U
L

FIG_7

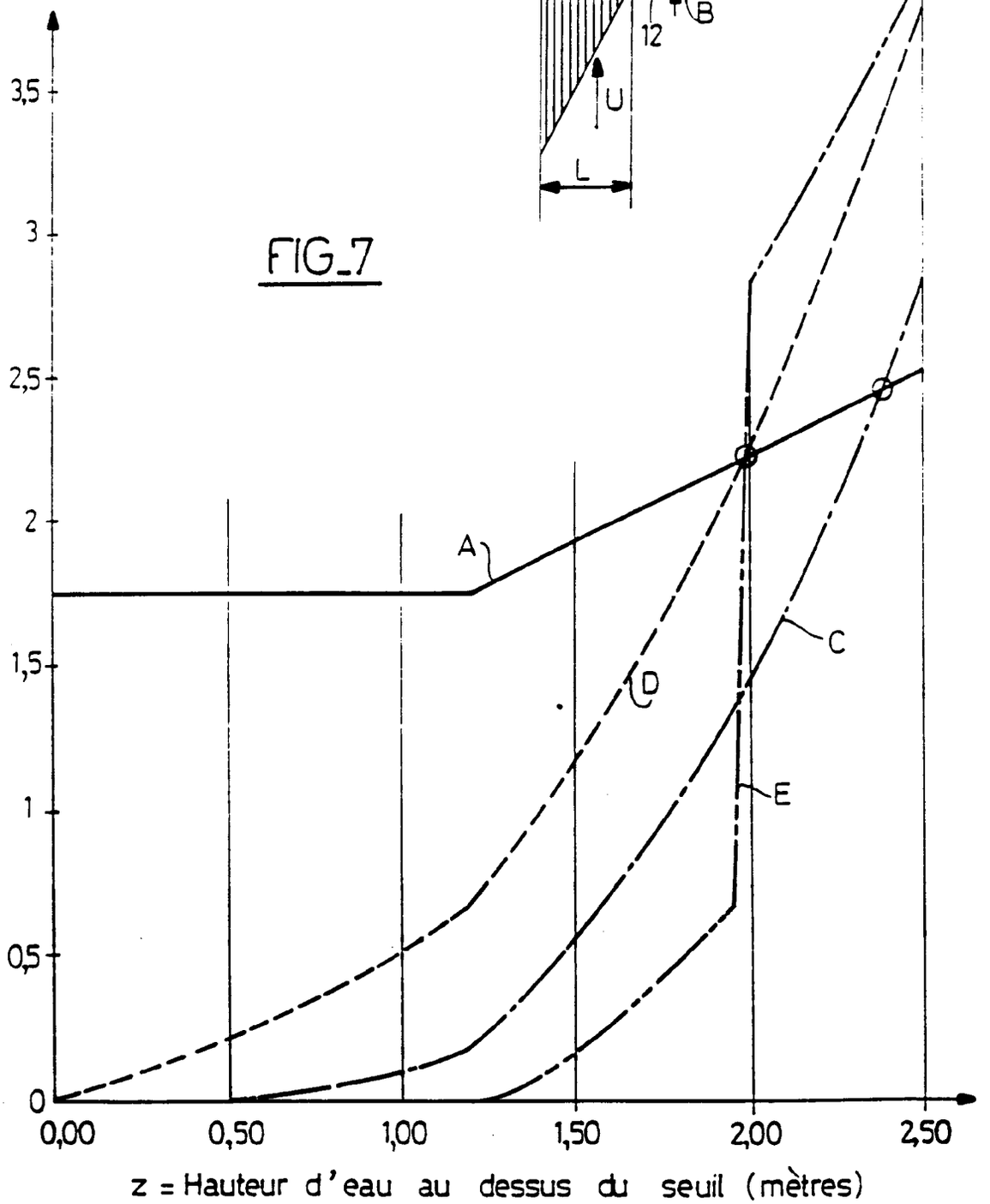

3,5
3
2,5
2
1,5
1
0,5
0
A
C
D
E
0,00
0,50
1,00
1,50
2,00
2,50
z = Hauteur d'eau au dessus du seuil (mètres)

FIG_8a

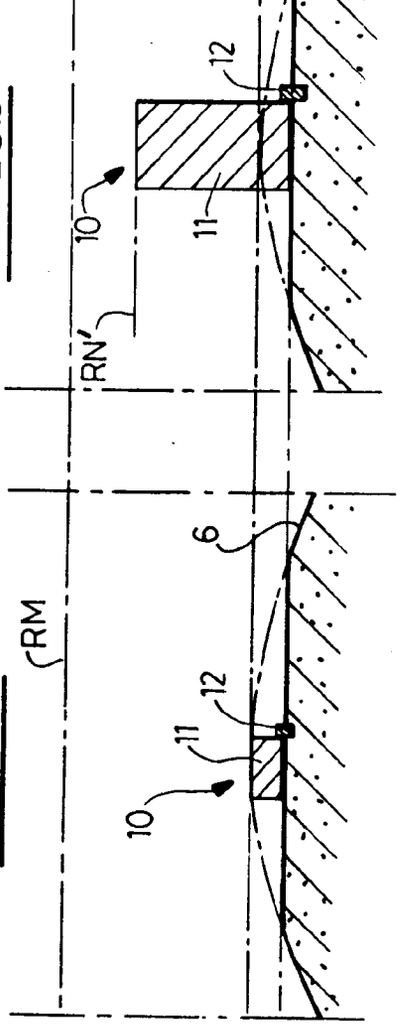


FIG_8b

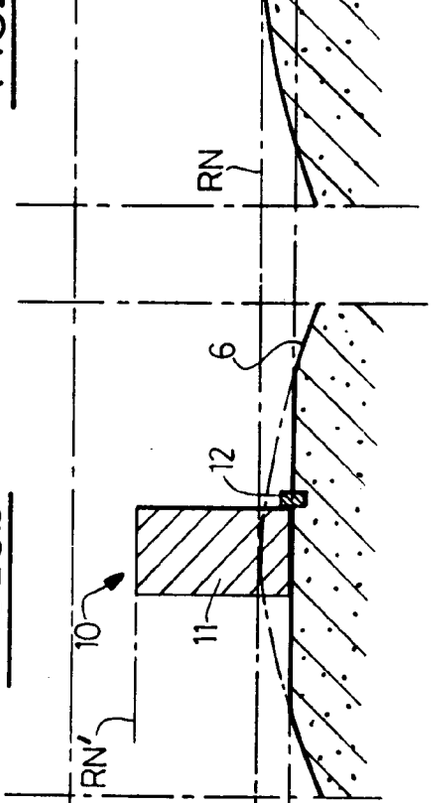


FIG_8c

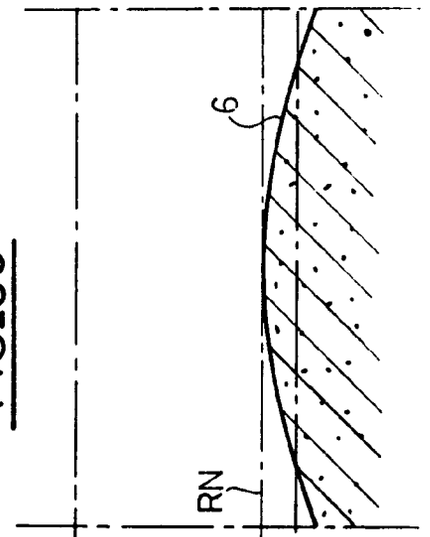


FIG_9

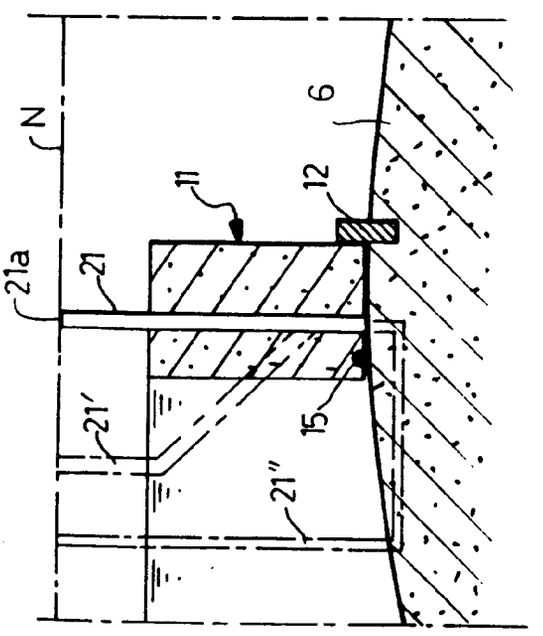


FIG_10a

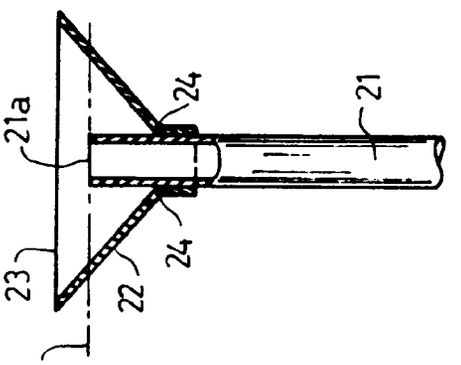


FIG_10b

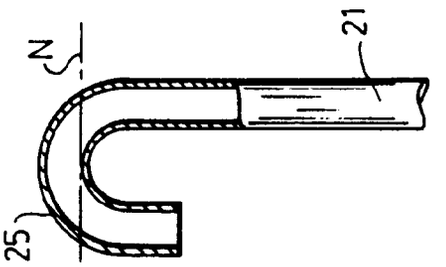


FIG_10c

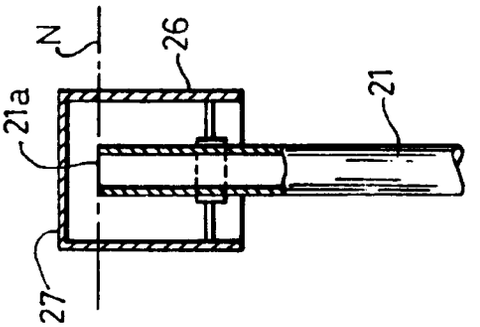


FIG_11a

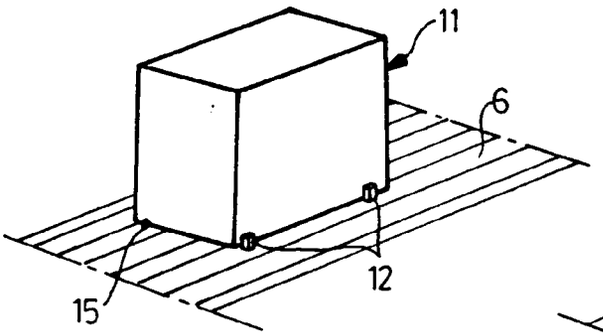


FIG_11b

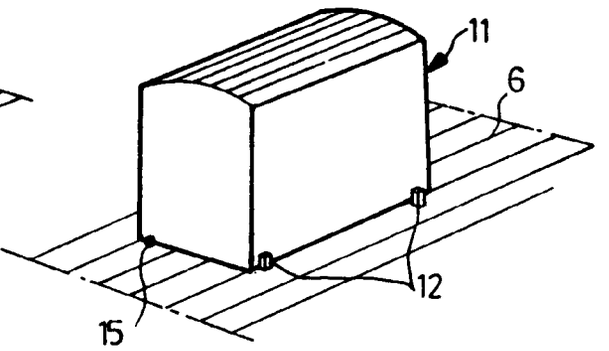


FIG_11c

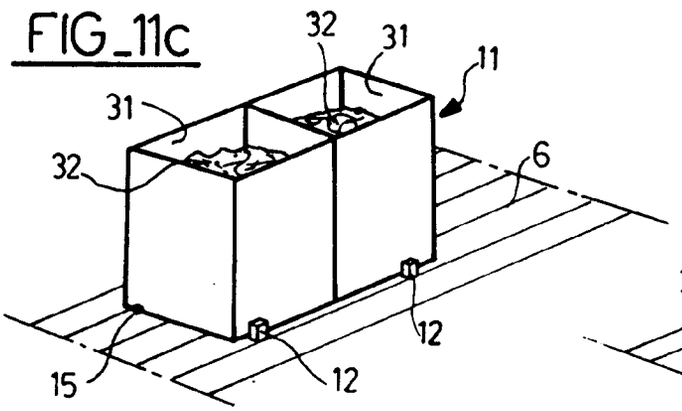


FIG_11d

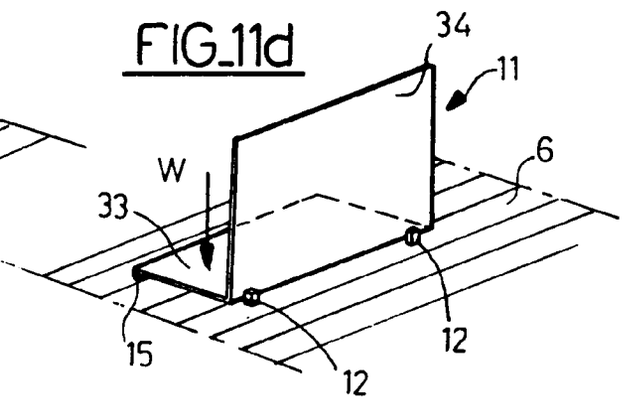


FIG_11e

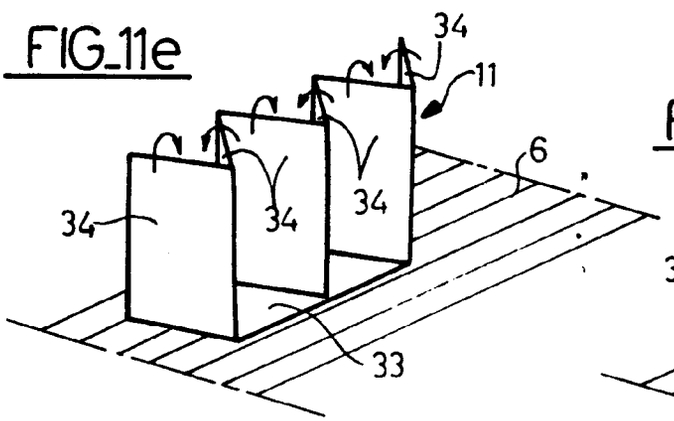


FIG_11f

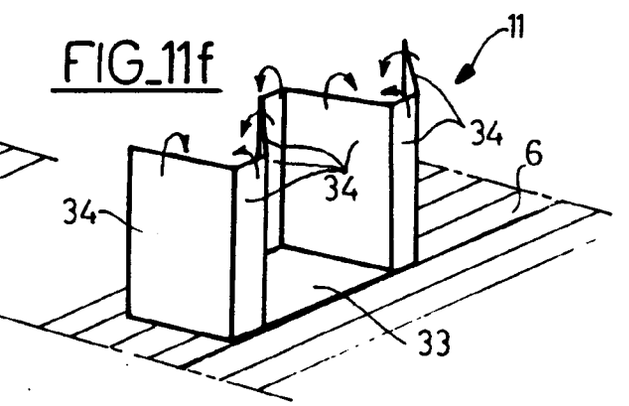


FIG_11g

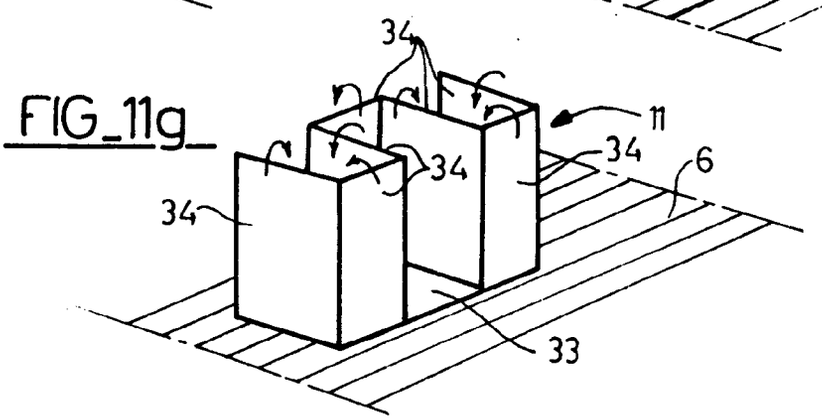


FIG_12

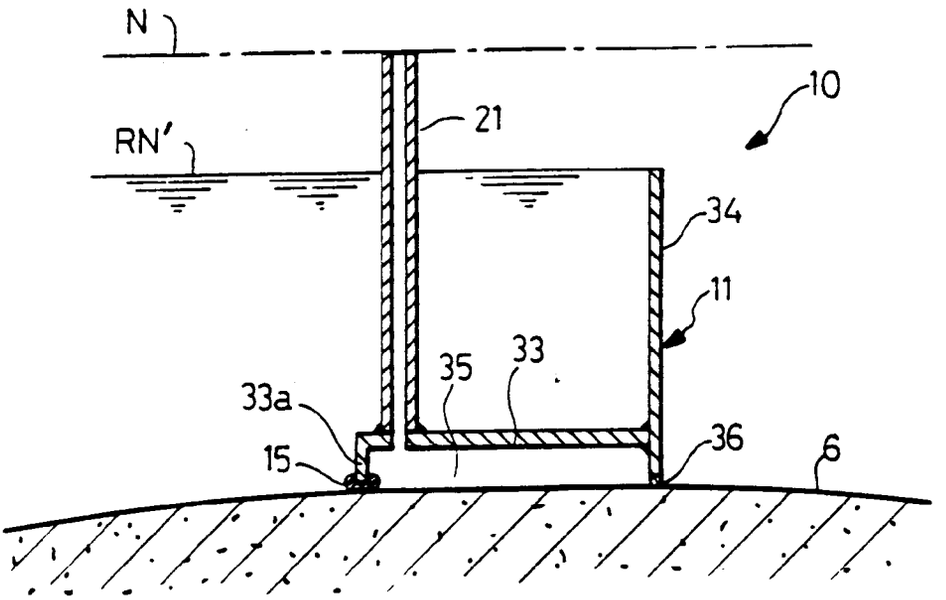


FIG_13

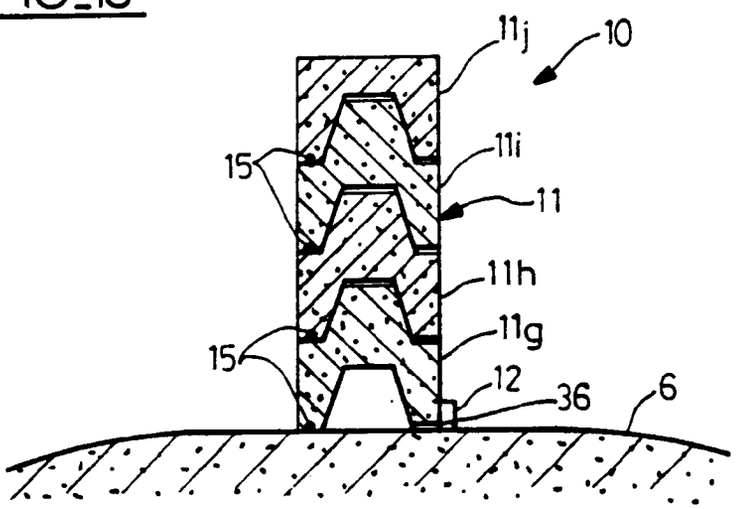


FIG_14

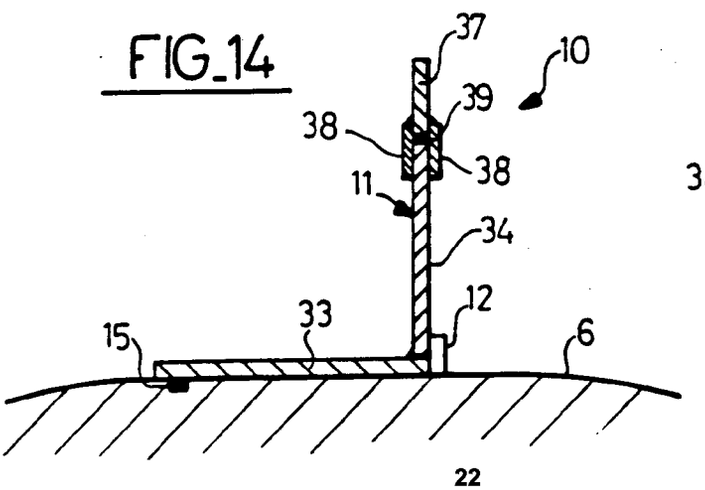
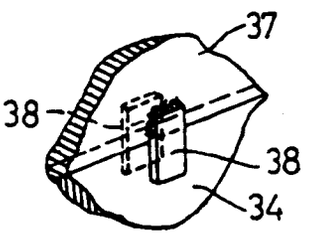


FIG_15



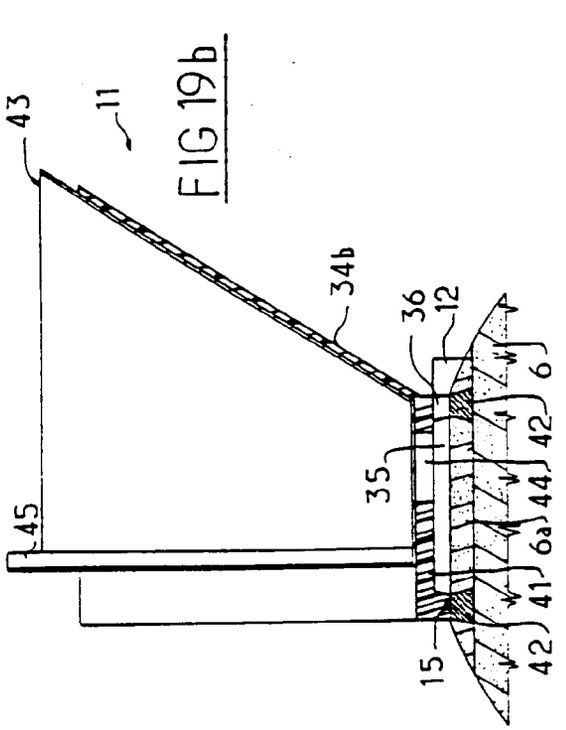


FIG 19b

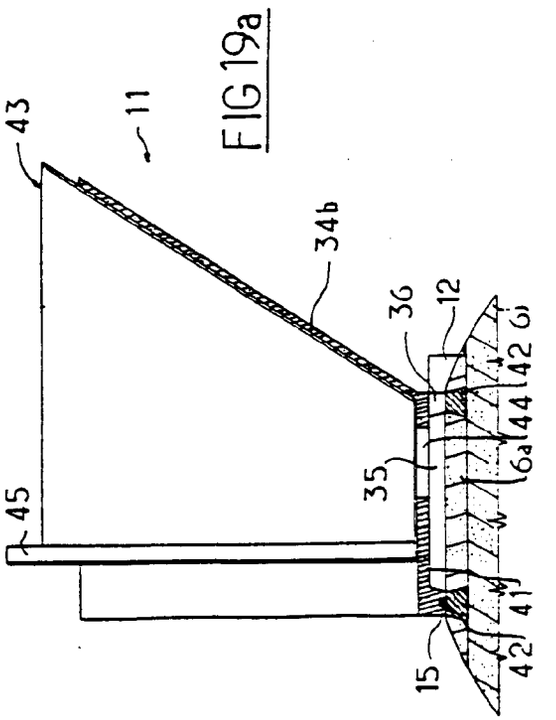


FIG 19a

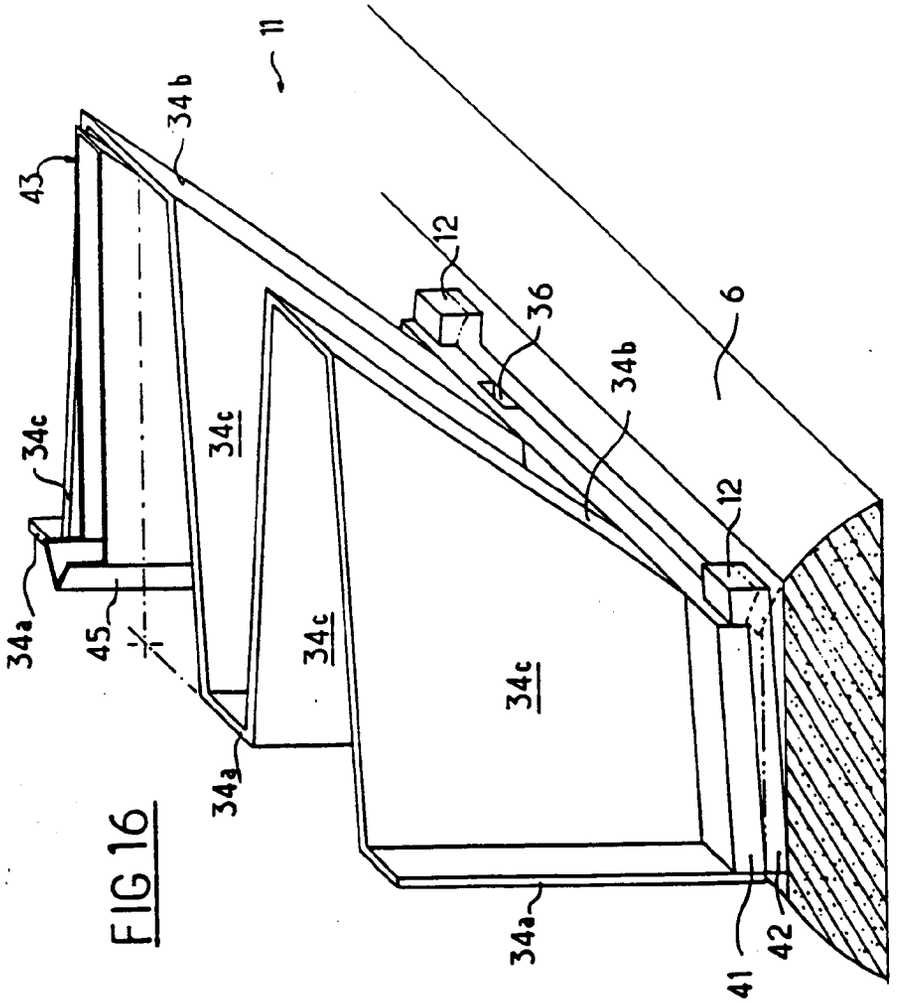


FIG 16

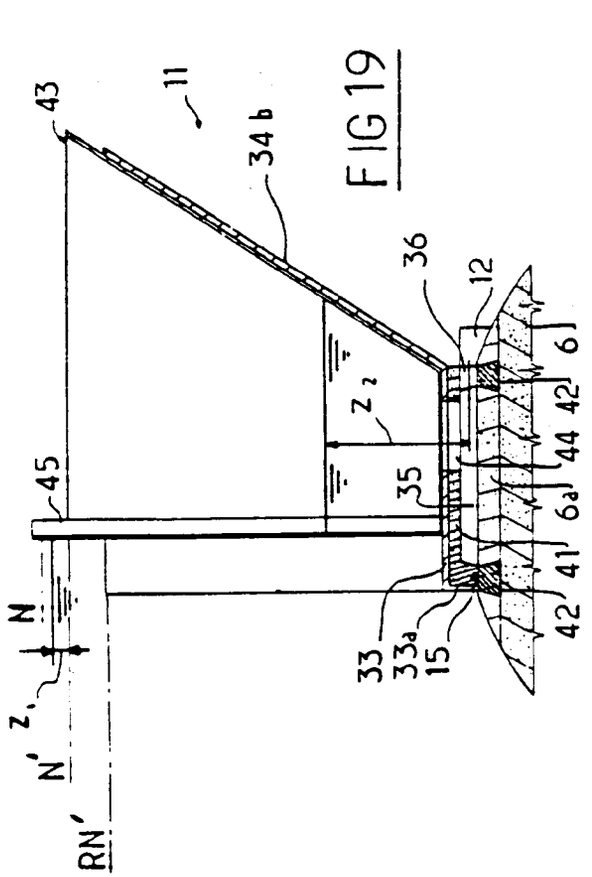


FIG19

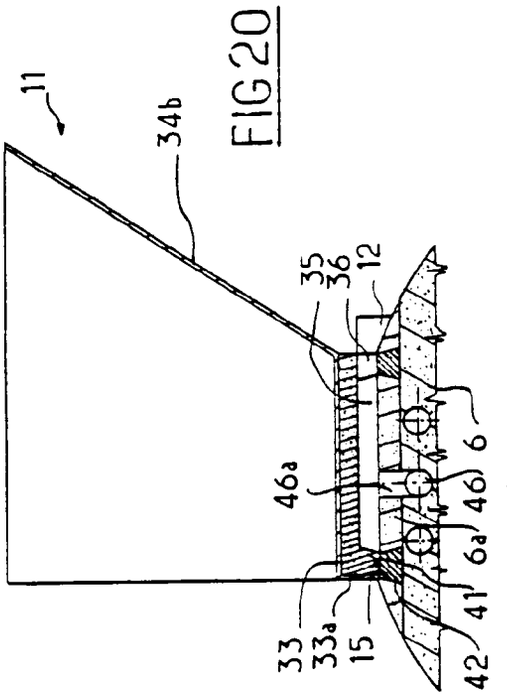


FIG20

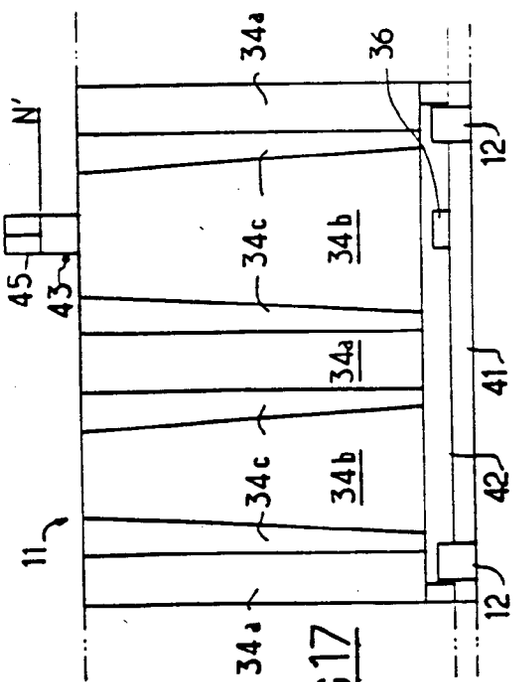


FIG17

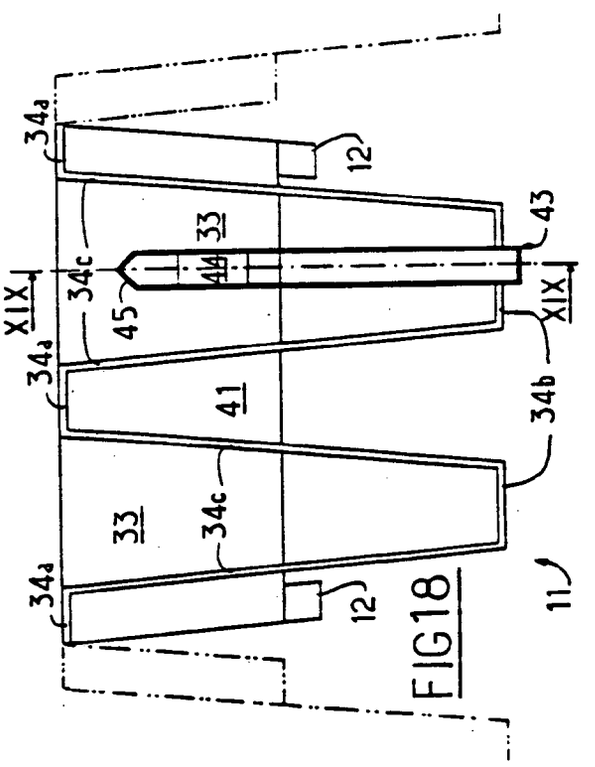


FIG18

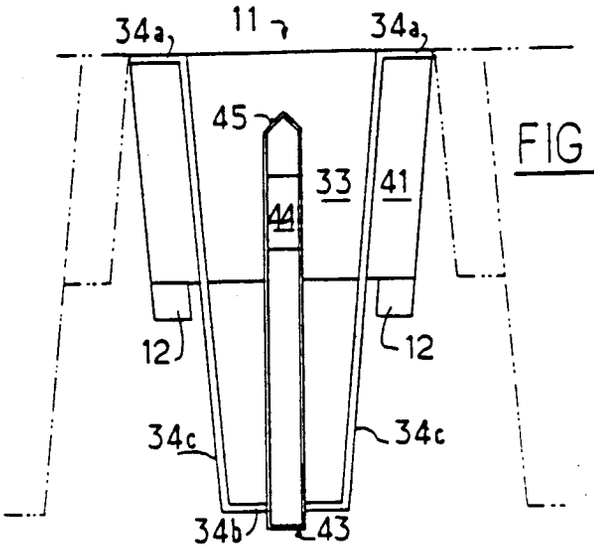

34a
11
34a
45
33
41
44
12
12
34c
34c
34b
43

FIG 21

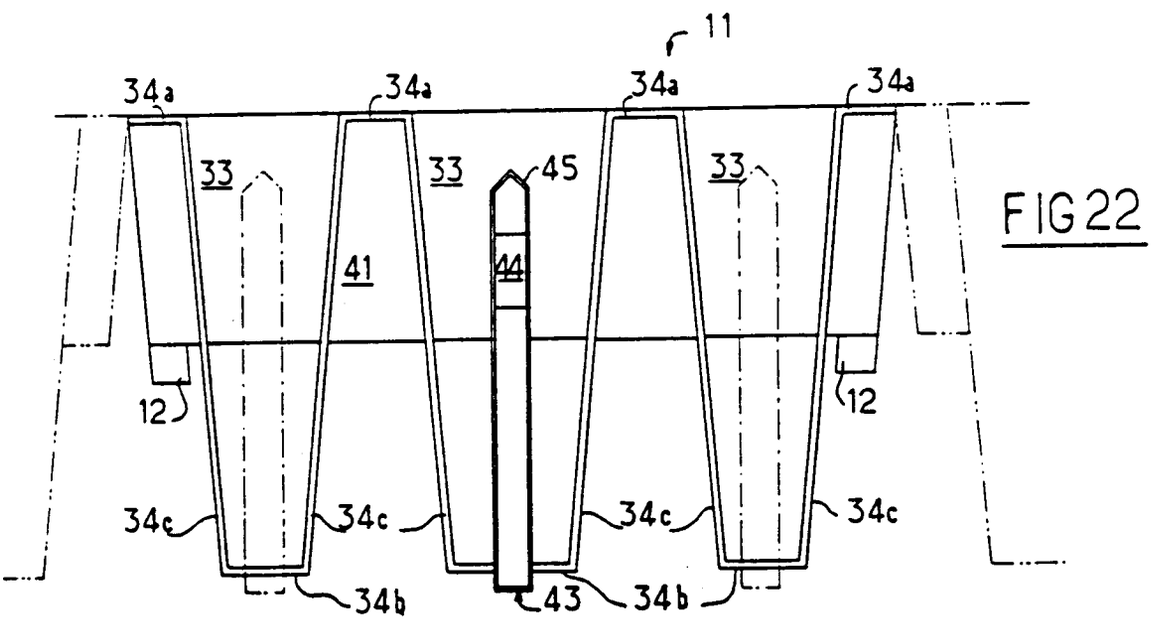

11
34a
34a
34a
34a
33
33
45
33
41
44
12
12
34c
34c
34c
34c
34b
43
34b

FIG 22