



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

Numéro de publication:

**0 381 572
A1**

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

Numéro de dépôt: 90400246.6

Int. Cl.⁵: **E02B 3/06**

Date de dépôt: 30.01.90

Priorité: 30.01.89 FR 8901125

Date de publication de la demande:
08.08.90 Bulletin 90/32

Etats contractants désignés:
ES GR IT

Demandeur: **GOVERNEMENT MONEGASQUE
représenté par LE SERVICE DES TRAVAUX
PUBLICS MONEGASQUES (DIVISION DES
TRAVAUX MARITIMES)**
en la personne de son Directeur M. René
**BOUCHET 8, rue Louis Notari
MC-98000 Monaco(MC)**

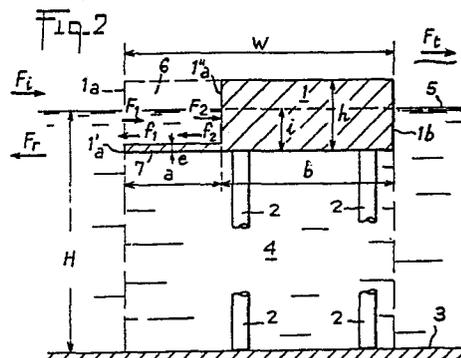
Inventeur: **Bouchet, René**
**73, Grande Corniche
F-06360 Eze(FR)**
Inventeur: **Manzone, Jean-Michel**
**L'Escorial, 31, avenue Hector Otto
MC-98000 Principauté de Monaco(MC)**
Inventeur: **Sjöberg, Anders**
**Timmervik, PL 4150
S-442 Kungälv(SE)**
Inventeur: **Lindvall, Gösta**
**Mark Landsgatan, 65
S-414 77 Göteborg(SE)**

Mandataire: **Levesque, Denys et al**
**Cabinet Beau de Loménie 55, rue
d'Amsterdam
F-75008 Paris(FR)**

Dispositif perfectionné d'atténuation de la houle.

La présente addition concerne un dispositif d'atténuation de la houle comprenant, suivant le brevet principal, une plaque (1) faiblement immergée, maintenue fixe sur supports rigides (2), ses bords amont et aval étant retournés vers le haut, de sorte que la houle incidente ne puisse se propager librement par-dessus la plaque. Un "mur d'eau fixe" (4) est formé entre le fond (3) et la plaque (1). Le bord amont de celle-ci comporte un évidement (6) qui diminue la largeur de la plaque au-dessus d'une partie résiduelle en forme d'onglet (7), de sorte que le bord amont (1a) se décompose en un bord amont primaire (1'a) et un bord amont secondaire (1''a), en retrait d'une distance déterminée (a) par rapport au bord amont primaire, cette distance étant choisie de façon à

réduire ou à annuler l'amplitude du clapotis résultant de la combinaison des composantes de houle au droit du bord amont primaire (1'a), savoir la composante incidente (F_i) et les composantes (F_r , F_1 , f_1) dues à la présence du dispositif.



EP 0 381 572 A1

Dispositif perfectionné d'atténuation de la houle

Dans le brevet principal a été proposé un dispositif atténuateur de houle conçu pour causer la formation d'un "mur d'eau fixe" qui crée, en amont du dispositif, une onde réfléchie se composant avec l'onde incidente pour donner naissance à un clapotis, de sorte que l'onde transmise, en aval du dispositif, est nulle ou atténuée.

Ce dispositif comporte une plaque horizontale fixe faiblement immergée dans la houle incidente, dont les bords amont et aval sont retournés vers le haut jusqu'à une cote positive au-dessus de la surface libre de l'eau, de sorte que la houle incidente ne puisse se propager librement au-dessus de la plaque. La masse d'eau emprisonnée entre la plaque horizontale fixe et le fond naturel ne peut dès lors avoir que des déplacements horizontaux, et se comporte globalement, nonobstant une oscillation interne propre, comme un obstacle inertiel homogène vis-à-vis de la houle incidente, celle-ci étant réfléchie sur ce "mur d'eau fixe" et ce d'autant mieux que son énergie (ou période) est plus faible.

Cependant, la réflexion de l'onde incidente sur le "mur d'eau fixe" ainsi constitué engendre une onde réfléchie qui crée, au voisinage du bord amont du dispositif, le clapotis précité dont l'amplitude est proche du double de l'amplitude de la houle incidente. Lorsque la période, donc l'énergie de la houle augmente, ce clapotis devient suffisamment énergétique pour causer une excitation d'ensemble de la masse d'eau qui constitue le "mur d'eau fixe", capable de lui conférer un mouvement oscillatoire global susceptible de faire apparaître, en aval du dispositif, une onde transmise d'amplitude insuffisamment réduite.

La présente addition a pour but d'améliorer le dispositif du brevet principal de façon à permettre l'atténuation de l'effet énergétique néfaste du clapotis qui se crée au voisinage du bord amont de la plaque.

Le perfectionnement selon l'addition consiste à prévoir, dans le bord amont de la plaque, un évidement qui diminue la largeur de celle-ci au-dessus d'une partie en forme d'onglet subsistant au niveau de sa face inférieure, de sorte que le bord amont se décompose en un bord amont primaire constitué par le bord antérieur dudit ongles et un bord amont secondaire, en retrait d'une distance déterminée par rapport au bord amont primaire, cette distance étant choisie de façon à réduire ou à annuler l'amplitude du clapotis résultant de la combinaison des composantes de houle au droit du bord amont primaire, savoir la composante incidente et les composantes dues à la présence du dispositif. Ces dernières comprennent la compo-

sante réfléchie par le bord amont primaire, la composante induite par la houle incidente à l'entrée du volume d'eau surmontant l'onglet et correspondant audit évidement, et la composante issue de ladite composante induite après réflexion sur le bord amont secondaire et déphasage en raison du trajet aller et retour accompli à travers ce volume d'eau.

La présente addition a donc pour objet la mise en oeuvre d'un ongles immergé qui vient se fixer à l'avant de la plaque, dans le prolongement de la face inférieure de celle-ci, et dont les dimensions sont telles que l'amplitude de la houle résultante au voisinage du bord amont de l'onglet soit faible, voire nulle, de sorte que la masse d'eau du "mur d'eau fixe" emprisonnée entre la plaque prolongée par l'onglet et le fond de la mer ne soit plus soumise à une force alternative excitatrice importante et qu'en conséquence l'onde transmise au-delà du bord aval de la plaque soit beaucoup plus faible que l'onde transmise sans la présence dudit ongles.

On a constaté qu'il convenait de donner à la distance de retrait précitée, c'est-à-dire à la largeur de l'onglet, une valeur voisine du 1/10^e de la longueur d'onde maximale de la houle dont on souhaite arrêter la propagation. D'autre part, le rapport de l'épaisseur de l'onglet à la profondeur d'eau à l'endroit où est installée la plaque est de préférence compris entre 1/30 et 1/50.

Le bord antérieur secondaire créé par la présence de l'évidement peut constituer un front soit sensiblement plan et vertical, soit, pour adoucir les effets d'impact de la houle, incliné vers l'aval, se raccordant à l'onglet par un congé.

D'autres particularités et avantages du perfectionnement selon l'addition ressortiront de la description qui va suivre, en regard des dessins annexés, d'exemples de réalisation non limitatifs.

La figure 1 représente, en coupe transversale par un plan vertical, un dispositif d'atténuation de la houle selon le brevet principal.

La figure 2 représente, à la manière de la figure 1, un dispositif perfectionné selon la présente addition.

Les figures 3 à 5 donnent, sous forme de graphiques, les valeurs du coefficient d'atténuation de la houle en fonction de la période de celle-ci, respectivement pour un dispositif selon la figure 1 et pour deux dispositifs selon la figure 2.

La figure 6 représente, à l'échelle, un dispositif selon l'addition dans une variante de réalisation.

La figure 7 représente une partie de l'objet de la figure 6 vu suivant la flèche VII.

La figure 8 donne, à la manière des figures

3 à 5, les résultats obtenus avec le dispositif de la figure 6.

La figure 1 rappelle tout d'abord de configuration fondamentale du dispositif selon le brevet principal, mettant en oeuvre le phénomène de "mur d'eau fixe", dans laquelle une plaque horizontale fixe 1, offrant ses bords amont 1a et aval 1b relevés vers le haut, constitue un caisson fixe monté sur des pilotis rigides 2 ancrés sur le fond 3 de la mer, au-dessous duquel se forme, entre sa face inférieure horizontale 1c et le fond 3, ledit mur d'eau fixe 4 qui se comporte globalement comme un obstacle inertiel vis-à-vis de la houle du large. La plaque 1, de largeur W, est partiellement immergée sur une profondeur i, ses bords amont 1a et aval 1b émergeant de la surface libre 5 de la mer de façon à empêcher la propagation des vagues par-dessus le dispositif. Ce dernier s'étend, transversalement à la direction de la houle à atténuer, sur une longueur importante qui dépend de la nature et de la configuration du site à protéger.

Une onde de houle incidente F_i , d'amplitude $2d$ tête à creux, se réfléchit sur le bord amont 1a du caisson suivant une onde réfléchie F_r . Lorsque le "mur d'eau fixe" fonctionne parfaitement sous la face inférieure 1c du caisson, l'onde incidente F_i se réfléchit quasi totalement sur l'obstacle constitué par la masse d'eau 4 emprisonnée entre cette face inférieure et le fond 3 de la mer pour donner naissance, en amont du dispositif, à une onde stationnaire $F_i + F_r$ formant un clapotis d'amplitude $4d$ tête à creux, tandis que l'onde transmise F_t est atténuée.

Cependant, lorsque l'énergie de l'onde incidente F_i augmente, c'est-à-dire lorsque la période de cette onde croît, l'énergie du clapotis en amont du mur d'eau fixe 4 devient suffisante pour exciter harmoniquement l'ensemble de la masse d'eau qui le constitue, de sorte que l'onde transmise F_t devient plus importante, et cela d'autant plus que la période (donc l'énergie) de la houle incidente a augmenté.

La figure 2 montre comment est modifié, selon la présente addition, le dispositif de la figure 1. Un évidement 6 de largeur a est pratiqué à l'avant de la plaque 1, s'étendant sur la presque totalité de son épaisseur h de façon à ne pas affecter la face inférieure 1c qui reste inchangée. Seul subsiste un onglet 7 de faible épaisseur e , qui se termine par la portion inférieure résiduelle 1a du bord amont d'origine 1a (bord amont primaire), le reste de ce bord amont se trouvant reculé de la largeur a de l'évidement 6 pour former un bord amont secondaire 1'a. La largeur de la plaque 1 ainsi modifiée, égale à la somme de largeur a de l'onglet 7 et de la largeur b de la partie de la plaque non atteinte par l'évidement 6, est égale à la largeur W de la plaque 1 d'origine. Une onde de houle incidente F_i

d'amplitude $2d$, arrivant sur le dispositif de la figure 2, donne naissance à une onde réfléchie F_r au droit du bord amont 1'a de l'onglet 7, tandis qu'une onde F_1 est engendrée dans le volume d'eau compris entre la face supérieure de l'onglet 7 et la surface libre, correspondant à l'évidement 6. Cette onde F_1 se propage le long de l'onglet avant d'atteindre le bord amont secondaire 1'a de la plaque, où elle prend une valeur F_2 qui se déduit de F_1 par un déphasage $e^{-i\phi}$:

$$F_2 = F_1 e^{-i\phi}, \text{ où } \phi = 2\pi a/\lambda,$$

λ étant la longueur d'onde de l'onde F_1 , qui est directement liée à la profondeur d'immersion i de l'onglet 7.

Cette onde se réfléchit entièrement sur le bord amont secondaire 1'a de la plaque suivant une onde f_2 égale, qui se propage à son tour en sens inverse le long de l'onglet avant d'atteindre le bord amont 1'a de celui-ci où elle a alors une valeur f_1 déduite de f_2 par le déphasage $e^{-i\phi}$ (avec toujours $\phi = 2\pi a/\lambda$) :

$$f_1 = f_2 e^{-i\phi}.$$

Ainsi, au droit du bord amont 1'a de l'onglet se superposent quatre ondes :

- l'onde incidente F_i
- l'onde réfléchie F_r
- l'onde F_1 induite dans le volume 6 surmontant l'onglet 7
- l'onde réfléchie f_1 au sein de ce volume.

Il est alors possible de dimensionner la profondeur d'immersion i de l'onglet 7 et sa longueur a pour que la superposition de ces quatre ondes $F_i + F_r + F_1 + f_1$ donne une résultante de clapotis minimale à proximité du bord amont primaire 1'a, c'est-à-dire à l'extrémité antérieure de la face inférieure 1c de la plaque 1.

Dans ces conditions, le mur d'eau fixe 4, qui règne sur la longueur $W = a + b$ et concerne le volume d'eau compris entre d'une part la face inférieure de l'onglet et de la portion résiduelle du caisson 1 et d'autre part le fond 3 de la mer, n'est plus excité par un clapotis éventuellement excessif, mais par une onde résultante que l'on peut rendre énergétiquement minimale, voire nulle, dans une gamme de périodes de houle donnée. On constate en conséquence que l'onde transmise F_t en aval du dispositif de la figure 2, comportant un onglet 7 adapté de façon optimale, est beaucoup plus faible que l'onde transmise F_t dans le cas où cet onglet n'est pas mis en oeuvre (figure 1).

Les avantages du dispositif selon l'addition (figure 2) ont été confirmés par calcul sur modèle mathématique et par expérimentation sur modèle réduit, ainsi qu'on peut le voir sur les figures 3 à 5, qui illustrent les variations du coefficient C_T d'atténuation de la houle :

$$C_T = F_t / F_i$$

en fonction de la période T de la houle incidente.

Ces figures sont relatives respectivement à des dispositifs selon les figures 1 et 2 de même largeur totale $W = 40$ m et de même profondeur d'immersion $i = 10$ m, installés dans une mer de profondeur $H = 50$ m. La figure 3 se rapporte au dispositif de la figure 1 et les figures 4 et 5 à celui de la figure 2 avec un onglet de largeur $a = 8$ m et $a = 16$ m, respectivement. Le modèle réduit utilisé était réalisé à l'échelle de 1/65.

Les résultats obtenus par calcul sur modèle mathématique sont exprimés sur les figures 3 à 5 sous forme de courbes continues et ceux obtenus par expérimentation sur modèle réduit par des points discrets. Ces figures permettent d'apprécier, outre la bonne corrélation entre les résultats du calcul mathématique et de l'expérimentation, l'amélioration obtenue sur le coefficient de transmission C_T grâce à la présence de l'onglet 7.

C'est ainsi par exemple que le coefficient de transmission mesuré qui, dans le cas du seul caisson parallélépipédique (figure 1) est de 0,4 environ par une houle de période de 10 secondes, est abaissé à 0,24 environ lorsqu'un onglet de 8 mètres de large (figure 2) est mis en oeuvre devant le caisson (de largeur b réduite à 32 mètres) et à 0,18 environ lorsqu'un onglet de 16 mètres de large (figure 3) est mis en oeuvre devant le caisson (de largeur b réduite à 24 mètres).

La comparaison des courbes des figures 4 et 5 permet de se rendre compte de l'influence exercée par la longueur de l'onglet. On voit qu'une augmentation de la longueur de l'onglet (de 8 mètres à 16 mètres), si elle se traduit par une croissance du coefficient de transmission pour des houles de périodes moyennes (entre 4 et 10 secondes environ) se traduit surtout par un abaissement sensible de ce coefficient de transmission pour des houles de grandes périodes (supérieures à 10 secondes).

Ainsi, il apparaît clairement que le perfectionnement selon l'addition procure effectivement une atténuation de l'effet énergétique néfaste du clapotis qui se crée au voisinage du bord amont de la plaque avec bords amont et aval relevés lorsque celle-ci crée un mur d'eau fixe sur lequel vient se réfléchir la houle incidente. Cette atténuation devient sensible lorsque la période de la houle incidente est suffisamment importante, c'est-à-dire précisément lorsque le clapotis deviendrait suffisamment énergétique pour causer une augmentation du coefficient de transmission si la configuration à onglet objet de l'addition n'était pas mise en oeuvre.

Les essais pratiqués sur des plaques de configurations différentes ont montré que, pour obtenir un affaiblissement suffisant de la houle (c'est-à-dire un coefficient d'atténuation $C_T < 0,2$) par une profondeur d'eau H de 50 m, des largeurs d'onglet a de 8 m, 10 m et 12 m convenaient respectivement

pour des houles de période maximale de 7 s, 8 s et 9 s, soit, pour la profondeur indiquée, de longueur d'onde maximale d'environ 76 m, 100 m et 125 m. Il apparaît donc que la largeur optimale de l'onglet est de l'ordre du dixième de la longueur d'onde maximale de houle à arrêter pour la profondeur d'eau considérée.

Quant à l'épaisseur e de l'onglet, on a constaté qu'il convenait de la choisir entre le 1/30e et le 1/50e de la profondeur d'eau H .

Comme il a déjà été indiqué dans le brevet principal, une cavité ouverte vers le haut peut être avantageusement prévue dans la plaque entre ses bords amont et aval. Ainsi, lorsque la houle est assez forte pour franchir le bord amont, elle perd une bonne part de son énergie en retombant sur le matelas d'eau que contient cette cavité, l'excès d'eau momentanée dans celle-ci étant évacué par des orifices ménagés dans le bord aval.

Le profil précis d'une plaque d'atténuation de la houle comportant cette dernière disposition est représenté à la figure 6. Ce profil est symétrique, c'est-à-dire qu'un onglet aval 8, de même forme que l'onglet amont 7, est associé au bord aval 1b de la plaque. Ce dernier est percé d'une série d'orifices 10 (figure 7) permettant l'écoulement de l'eau accumulée dans la cavité centrale 11 prévue entre les bords amont en retrait 1" a et aval 1b.

Une plaque ayant le profil représenté à la figure 6, mais réduite au 1/20e, a été soumise à une expérimentation en canal à houle où ont été mesurées les valeurs du coefficient de transmission C_T pour des houles de différentes périodes. Les résultats obtenus, affectés d'un coefficient de similitude afin de correspondre à une plaque de 40 m de large, soit de largeur égale à celle des plaques auxquelles se rapportent les figures 3 à 5, sont reportés sur la figure 8. On observera qu'ils sont comparables (supérieurs pour les plus longues périodes) aux résultats montrés à la figure 4 pour une plaque ayant un onglet de 8 mètres.

Le profil de la figure 6 comporte des bords amont et aval arrondis en "dos de chameau". Pour atténuer les effets de gifle infligés par la houle sur le bord amont ainsi conformé, du fait de sa pente trop accentuée, il peut être utile de modifier son contenu pour lui donner la forme d'une "aileron de requin" (indiqué en tirets), sa face tournée vers l'amont étant alors plus enveloppante vis-à-vis d'une houle à tendance déferlante se propageant au-dessus de l'onglet 7.

Revendications

1. Dispositif d'atténuation de la houle en un site donné, en vue notamment de le protéger, comprenant, suivant la revendication 2 du brevet principal,

une plaque faiblement immergée dans la houle incidente, ladite plaque étant maintenue fixe sur supports rigides et ses bords amont et aval étant retournés vers le haut jusqu'à une cote positive au-dessus de la surface libre de l'eau, de sorte que la houle incidente ne puisse se propager librement par-dessus la plaque,

caractérisé par le fait que le bord amont (1a) de celle-ci comporte un évidement (6) qui diminue la largeur de la plaque (1) au-dessus d'une partie en forme d'onglet (7) subsistant au niveau de la face inférieure (1c) de la plaque, de sorte que le bord amont se décompose en un bord amont primaire (1'a) constitué par le bord antérieur dudit onglet et un bord amont secondaire (1''a), en retrait d'une distance (a) déterminée par rapport un bord amont primaire (1'a), cette distance (a) étant choisie de façon à réduire ou à annuler l'amplitude du clapotis résultant de la combinaison des composantes de houle au droit du bord amont primaire, savoir la composante incidente (Fi) et les composantes (Fr, F1, f1) dues à la présence du dispositif.

2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé par le fait que la distance de retrait (a) précitée est voisine de $1/10e$ de la longueur d'onde maximale de la houle dont on souhaite arrêter la propagation.

3. Dispositif selon la revendication 1 ou 2, caractérisé par le fait que le rapport de l'épaisseur (e) de l'onglet (7) à la profondeur d'eau (H) à l'endroit où est installée la plaque (1) est compris entre $1/30$ et $1/50$.

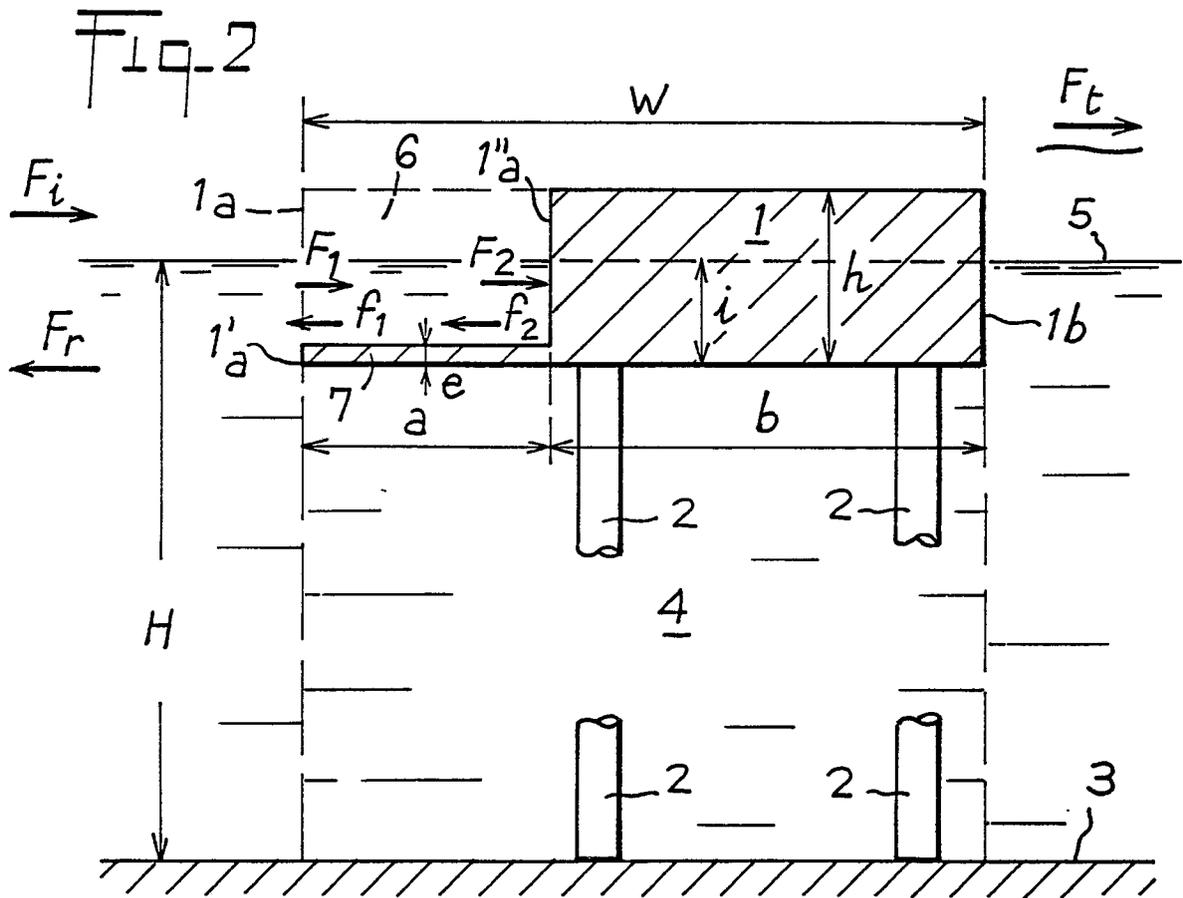
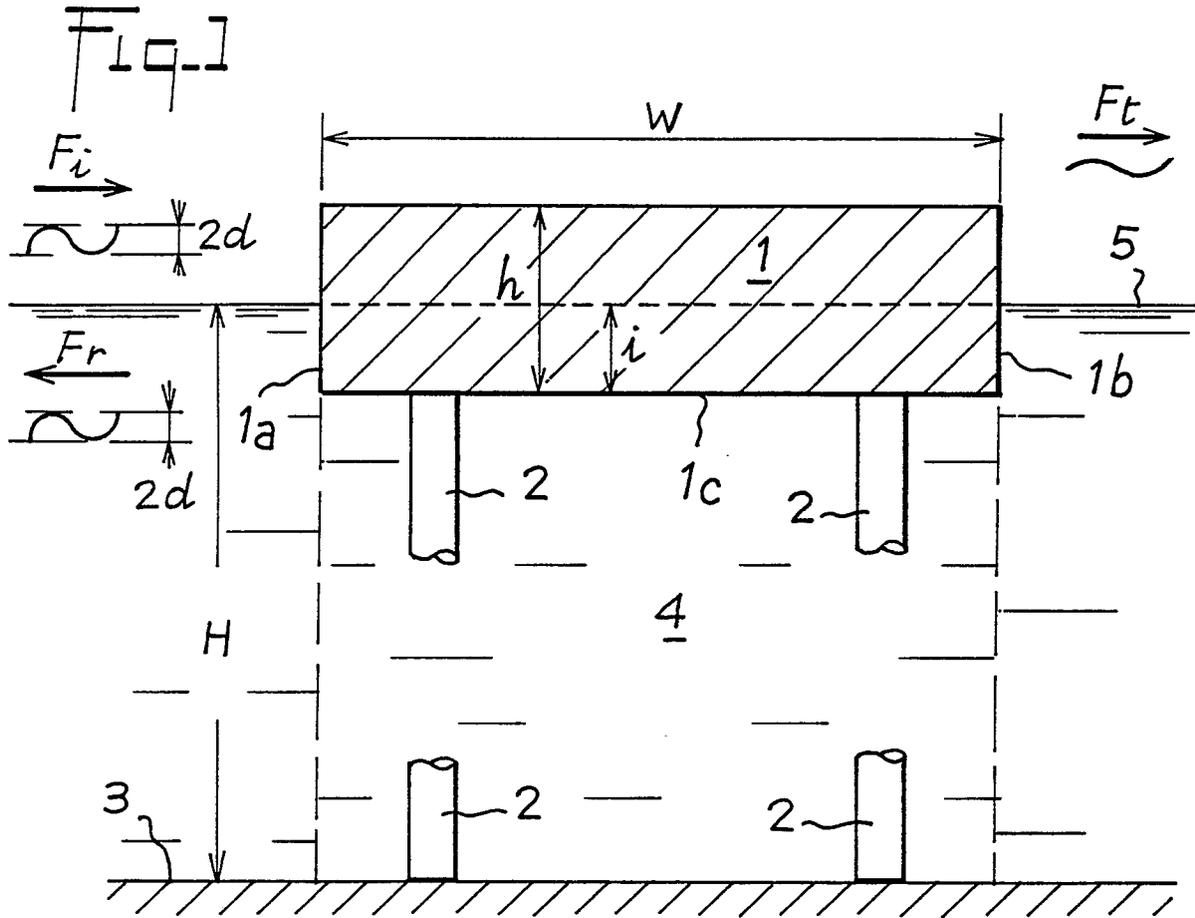
4. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé par le fait que le bord antérieur secondaire (1''a) constitue en front sensiblement plan et vertical.

5. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé par le fait que le bord antérieur secondaire (1''a) constitue un front incliné vers l'aval, se raccordant à l'onglet (7) par un congé.

45

50

55



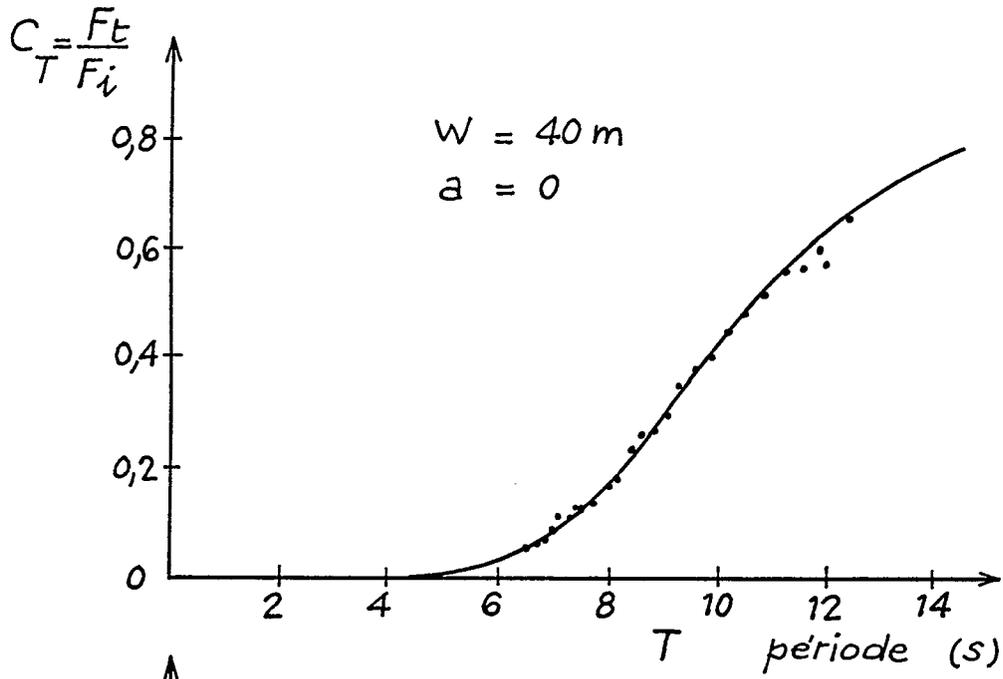


Fig-3

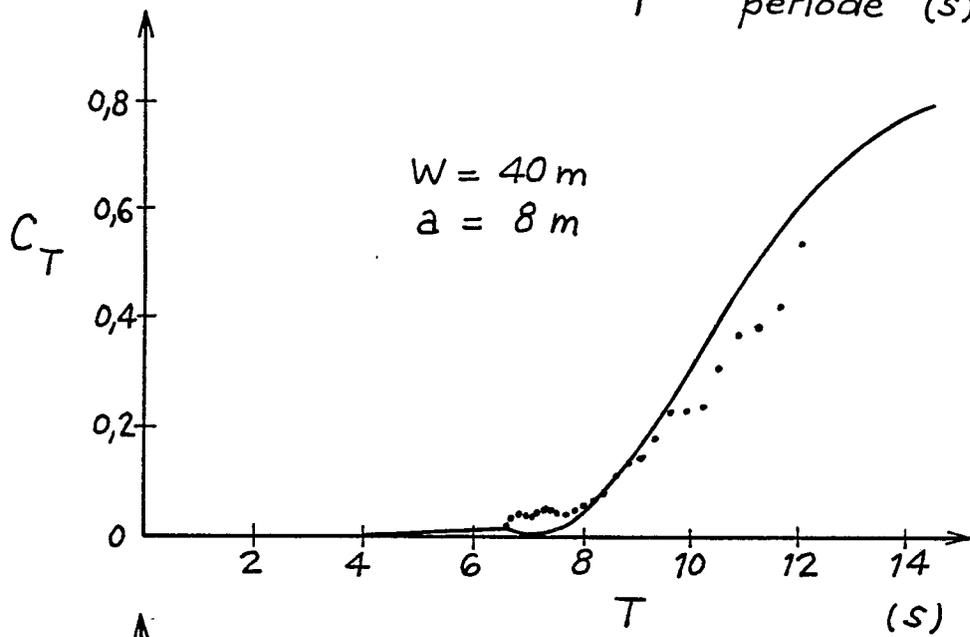


Fig-4

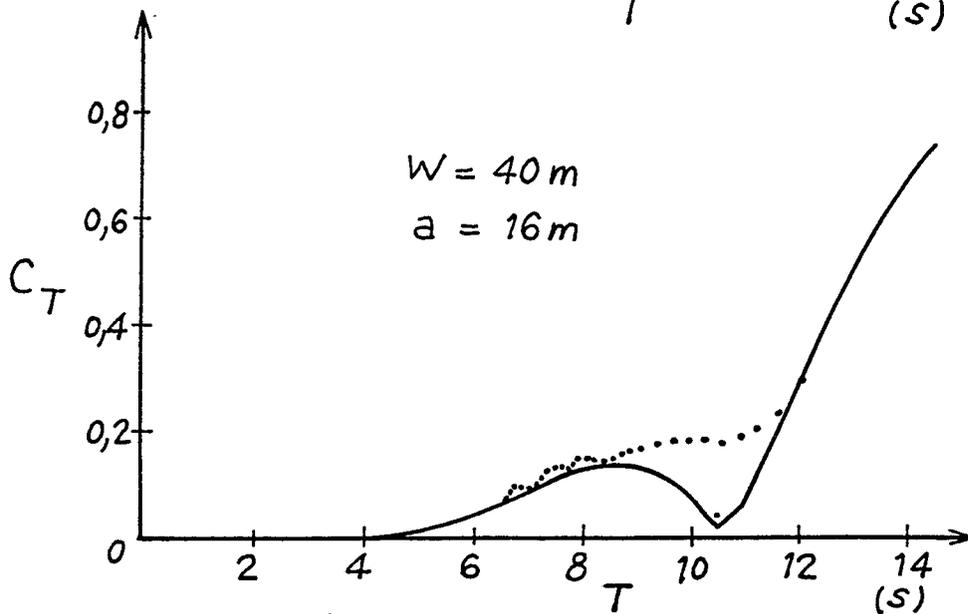


Fig-5

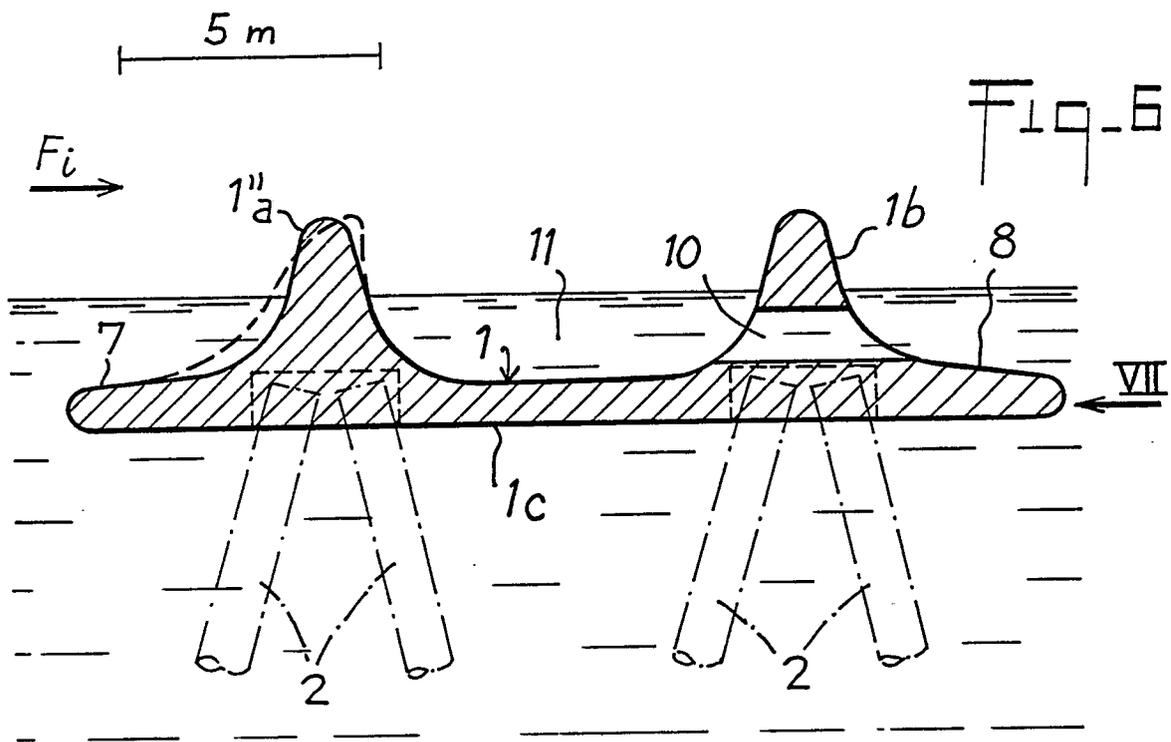


Fig. 6

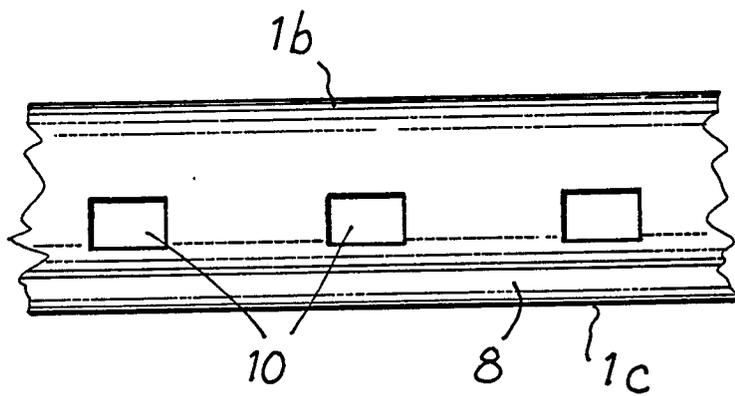


Fig. 7

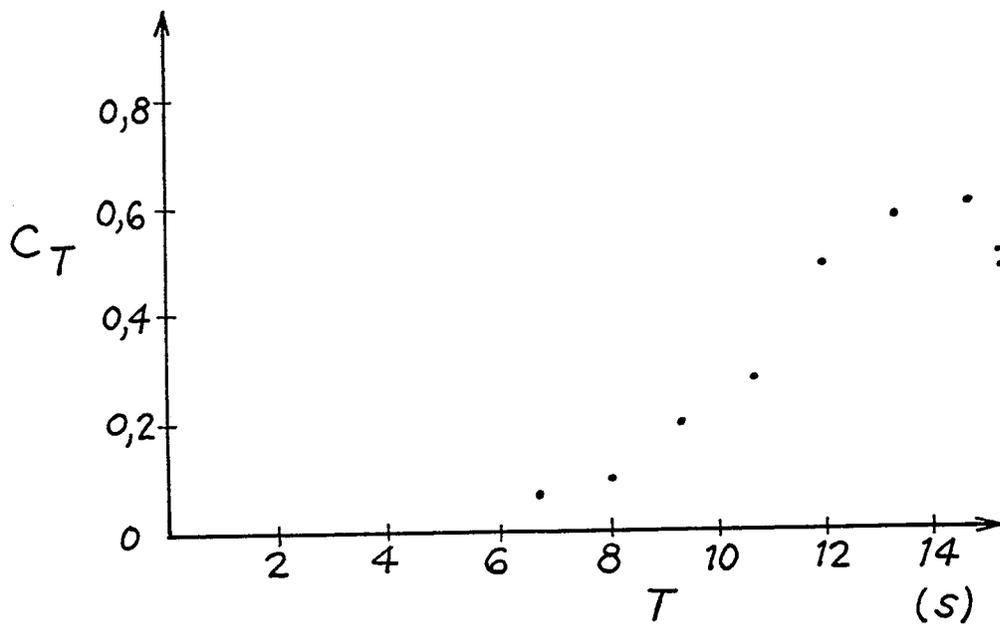


Fig. 8



DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl.5)
A	WO-A-8 702 725 (GOUVERNEMENT MONEGASQUE) * En entier *	1,4	E 02 B 3/06
A	FR-A-1 503 543 (SOGREAH) * Page 2, figures 1,4 *	1	
A	FR-A- 580 506 (SCHNEIDER & CIE) * Page 1, lignes 26-56; figure 1 *	1	
A	US-A-2 920 454 (E.M. WOLF)		
A	WO-A-8 303 437 (AKAI)		
A	FR-A-1 081 798 (J. LAURENT)		
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)
			E 02 B
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lien de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 04-05-1990	Examinateur BIRD, C.J.
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	