

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 82 04741

(54) Procédé d'édification de structures sous-marines en treillis et éléments pour sa mise en œuvre.

(51) Classification internationale (Int. Cl. ³). E 02 D 29/06; A 01 K 61/00; E 02 D 25/00.

(22) Date de dépôt 19 mars 1982.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée :

(41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande B.O.P.I. — « Listes » n° 38 du 23-9-1983.

(71) Déposant : STREICHENBERGER Antonius Olivier. — FR.

(72) Invention de : Antonius Olivier Streichenberger.

(73) Titulaire :

(74) Mandataire : André Lemonnier, conseil en brevets,
4, bd Saint-Denis, 75010 Paris.

Procédé d'édification de structures sous-marines en treillis
et éléments pour sa mise en oeuvre.

La présente invention concerne l'édification de structures sous-marines en treillis et plus spécialement, mais non exclusivement, l'édification de récifs artificiels pour l'aquaculture marine.

5

Il est connu que la faune et la flore marines se développent naturellement préférentiellement dans les zones abritées des courants que sont les infractuosités des rochers, des récifs et des épaves dont les parois constituent des supports

10 de fixation stables pour les organismes vivants végétaux et animaux et dont les cavités constituent un habitat et un refuge, 'en même temps que ces obstacles s'opposent aux pratiques de pêche destructrices comme le chalutage, etc.

15 On a donc imaginé, pour développer une aquaculture extensive à haut rendement, de créer des récifs ou des épaves artificiels en immergeant des structures alvéolées diverses telles que des carcasses de véhicules, des blocs et des structures

de fer et de béton. On a proposé également récemment des ilots flottants constitués par des troncs d'arbre assemblés sous lesquels se développe une bio-masse marine qui sert d'appât pour les poissons du milieu où ils dérivent.

5

Les inconvénients de ces modes de réalisation de récifs, épaves ou ilots artificiels sont nombreux. Les carcasses de véhicules sont économiques mais la forme des cavités n'est pas optimale, elles sont lourdes et difficiles à mettre en place, leur entassement désordonné sans liaison réelle entre les différentes carcasses crée un risque de désintégration des récifs peu profonds par les tempêtes et, de plus, leur durée de vie est réduite du fait de la corrosion marine. Les blocs et structures en fer et béton spécialement conçus dans ce but présentent des cavités dont on peut maîtriser la forme d'origine, mais ils sont lourds et nécessitent des moyens de levage et de flottation importants pour leur mise en place. En outre leur structure massive alvéolée est sujette à un vieillissement rapide dû à l'obturation des cavités d'origine par les concrétions minérales et par les tests des organismes animaux et végétaux qui se fixent sur les parois des blocs et structures. Les ilots artificiels sont lourds et massifs avec des cavités allongées en nombre réduit, la liaison des éléments est sujette à destruction, leur profondeur d'immersion est réduite et ils constituent des dangers pour la navigation.

D'une manière générale, tous les objets immergés en mer et dans les lacs se recouvrent, par suite des dépôts de concrétions minérales et de tests, d'une carapace calcaire qui présente des caractéristiques de résistance à la traction, de résilience et de flexibilité faibles, mais une résistance à la compression élevée.

35 La présente invention a pour but de remédier aux inconvénients des récifs et ilots artificiels connus en utilisant le phénomène de développement d'une bio-masse végétale et animale

sur les surfaces des éléments immergés et le phénomène de minéralisation par dépôt de concrétions qui en résulte.

Elle a en conséquence pour objet un procédé d'édification
5 de structures immergées, notamment sous-marines, en treillis, caractérisé en ce que l'on immerge un réseau d'éléments longilignes flexibles, légers et à bonne résistance à la traction et au cisaillement, assemblés selon le squelette de la structure en treillis à obtenir.

10

Avec le développement naturel de la carapace ou croûte minérale solide sur les éléments longilignes, il se crée naturellement un matériau complexe dans lequel les résistances à la traction et au cisaillement des éléments longilignes formant
15 armature se trouvent associées à la résistance à la compression de la croûte minéralisée. Par éléments longilignes flexibles, on entend des éléments dont la rigidité, du fait notamment de la section réduite, est insuffisante pour résister au flambage et/ou à la flexion sous une charge équivalente au
20 poids de la concrétion minérale qu'ils vont être appelés à supporter. Ceci élimine du domaine de l'invention les structures immergées en treillis de barres ou poutres en métal, en bois ou en béton dont les sections sont, de construction, plus que suffisantes pour que la structure résiste au moins
25 aux chocs des lames et au poids de la flore et des concrétions minérales qui se développent sur leur surface. Par contre ces éléments longilignes doivent présenter une certaine élasticité ou rigidité les rappelant, éventuellement en combinaison avec leur flottabilité, à leur forme d'origine
30 pour qu'ils puissent assurer la fonction de squelette du treillis recherché et reprendre leur position après déformation temporaire sous l'action des courants ou des tempêtes, avant rigidification par la croûte minérale.

35 Selon le tracé du treillis, savoir du squelette de la structure, on peut obtenir à volonté une structure auto-porteuse ou une structure à effondrement et selon la densité d'ensemble

des éléments la constituant une structure auto-immmergeable ou une structure flottante, une structure auto-porteuse et/ou flottante pouvant, à un certain stade du développement de la croûte minéralisée, devenir une structure à auto-immersion
5 et/ou à effondrement.

Par structure auto-porteuse, on entend une structure dont le tracé des mailles du treillis a été choisi de manière que, quelle que soit l'épaisseur et le poids de la croûte
10 minéralisée, l'effort de traction s'exerçant dans la fibre correspondant à tout élément longiligne sous l'effet de ce poids et des forces externes quelconques s'exerçant sur la structure, y compris son propre poids et la force de la mer, reste inférieur à la limite d'élasticité de l'élément longili-
15 gne. De préférence et par sécurité, on choisit ce tracé des mailles du treillis de façon que l'ensemble des fibres de la section travaillent à la compression, ce qui est obtenu avec une structure sphérique ou dérivée de la sphère. De préférence donc et selon une autre caractéristique de l'inven-
20 tion, les éléments longilignes constituant le squelette de la structure sont disposés selon les cercles d'une sphère et dans les plans correspondant au tétraèdre (4 cercles), à l'octaèdre (8 cercles), ou autre polyèdre, notamment selon les cercles passant par les sommets de ces volumes à pointes
25 tronquées ou autres. Plusieurs structures sphériques peuvent être combinées, selon les réseaux architecturaux connus: cubique, cubique à faces centrées, cubique à maille centrée, etc, ou des éléments de plus petit diamètre, ou avec des tracés de mailles différents, peuvent être disposés à l'in-
30 térieur du squelette principal.

Si par contre la condition mécanique ci-dessus n'est pas remplie, il y a effondrement de la structure avec une nouvelle forme du squelette l'effondrement donnant un nombre accru
35 de cavités par rapport à la structure d'origine. Le procédé d'édification à effondrement trouve une application intéressante dans l'édification d'un récif dit "rampant" de grande

étendue et de faible hauteur. Dans ce cas les éléments longilignes constituant le squelette de la structure sont disposés selon un réseau à deux dimensions, le réseau étant déformé en voûtes juxtaposées par des tirants ou des éléments d'ancrage 5 au sol disposés dans le plan d'appui. La forme en voûte peut résulter de l'élasticité propre des éléments longilignes courbés en arc ou de leur seule flottabilité. On réalise ainsi une structure souple, fixée au sol au niveau des naissances des voûtes et formant une suite de vagues à profil 10 sinusoïdal, laquelle résiste aux forces de la mer. Au fur et à mesure de la minéralisation, la voûte s'alourdit et il apparaît, en divers points de la voûte d'origine, des ruptures de la croûte qui provoquent l'effondrement en créant des voûtes plus petites et plus ou moins irrégulières qui 15 constituent un excellent refuge. Le phénomène d'effondrement peut également apparaître sur des structures auto-porteuses soumises à une surcharge des concrétions, l'effondrement réouvrant des cavités fermées par les concrétions.

20 Les éléments longilignes peuvent être réalisés par des profilés de sections diverses et en toutes matières mais en pratique il est préférable d'utiliser, dans le cas d'une structure auto-porteuse, des éléments en barres rondes ou carrées ou tubulaires en un matériau léger qui pourrait être du bois 25 mais qui, de préférence, est une matière plastique éventuellement armée par des fibres de verre et, dans le cas d'une structure à effondrement, un grillage ou un filet en cordage ou en matière plastique par exemple en polyéthylène. Les éléments longilignes en barres ou tubulaires sont assemblés 30 entre eux par des pièces raccords, des ligatures, des collages ou soudure ou des enrobages.

Dans le cas d'un ilot flottant, les éléments longilignes peuvent être constitués par des éléments tubulaires creux ou avec 35 des noyaux en mousse présentant une flottabilité positive. On peut également les réaliser avec des barres pleines à flottabilité négative et prévoir dans la structure des cavités ou éléments formant flotteurs. De préférence les éléments péri-

phériques de l'ilot présentent une résilience élevée pour absorber l'énergie des vagues et les heurts éventuels avec des navires. Les éléments situés à l'intérieur peuvent être plus rigides et moins résilients et notamment être constitués

5 par des tubes plus minces de plus grande section pour présenter un plus grand interface favorable à la fixation de la biomasse. L'ilot flottant ainsi constitué peut être ancré ou dérivant mais il peut également être remorqué et être par exemple ancré en intersaison dans une baie ou rade abritée à fort

10 développement de la bio-masse pour être, durant la saison de pêche, remorqué avec la bio-masse qui le garnit sur les lieux de pêche choisis. Les concrétions qui se développent sur les éléments de la structure de l'ilot provoquent son alourdissement progressif. Lorsque sa flottabilité devient

15 insuffisante il est possible de l'utiliser comme squelette d'un récif en l'ancrant à demeure. Pour lutter contre le vieillissement de l'ilot flottant, il est possible de doter les éléments longilignes d'une déformabilité mécanique en les réalisant par exemple avec des longueurs de tubes à paroi

20 mi-souple interconnectés par des raccords tubulaires de manière à former un squelette à cavité tubulaire unique dans laquelle on peut faire varier la pression pour modifier les courbures de la paroi et longitudinale des éléments de manière à rompre et détacher les concrétions minérales, la flore restant fixée

25 sur les parois.

L'ancrage des récifs artificiels et structures sous-marines analogues édifiés par le procédé conforme à l'invention peut être effectué de toute manière connue. Toutefois, de préfé-

30 rence et du fait que ces constructions sont édifiées le plus souvent sur des fonds sableux ou coquilliers, on utilise le phénomène d'ensablage des filets et on tend, dans le plan inférieur ou au voisinage du plan inférieur de la structure, un filet de préférence en matière plastique. Dans le cas

35 de l'édification d'une structure de très grande surface constituée par une multiplicité d'éléments, l'ensablage ou le frottement des multiples éléments longilignes inférieurs

de la structure peut être suffisant pour ancrer l'ensemble et résister à la poussée des courants. Grâce à la légèreté de la structure, il est possible, même pour une structure à flottabilité négative, de la construire sur le rivage même et de la haler jusqu'à son lieu d'immersion en assurant sa flottation par des flotteurs gonflés ou analogues. Dans le cas d'un fond à faible portance comme une vase, on double de préférence le filet d'ancrage par un filet à mailles serrées situé légèrement au-dessus, lequel par dépôt des concrétions va former une surface radier qui se développera en même temps que la structure s'alourdira. La structure en squelette conforme à l'invention, peut pour certaines applications, présenter une surface d'interface insuffisante pour l'accrochage des végétaux et autres organismes enrichisseurs de la biomasse. Dans ce cas et selon une autre caractéristique de l'invention, on incorpore au squelette des éléments à deux dimensions qui peuvent être des grillages, tamis, toiles ou analogues.

On décrira plus en détail ci-après divers modes de mise en oeuvre du procédé conforme à l'invention avec référence aux dessins ci-annexés dans lesquels :

La figure 1 est une vue schématique en coupe, transversalement aux voûtes, d'une partie de la structure destinée à l'édification d'un récif "rampant"; la figure 2 est une vue analogue à la figure 1 après formation du récif; la figure 3 est une vue en élévation schématique d'une structure sphérique dérivée du tétraèdre tronqué formant l'élément de base pour l'édification, par le procédé conforme à l'invention, d'un récif artificiel élevé ou d'un îlot flottant et la figure 4 est une vue en perspective d'une structure comportant dix éléments de base selon la figure 3.

Dans les figures 1 et 2, la référence 1 désigne une bande de grillage en polyéthylène qui est fixée au sol du fond marin 2, de distance en distance, par des moyens d'ancrage 3 qui peuvent être des câbles d'ancrage, des barres pesantes ou des pieux ou analogues. S'il s'agit de masses pesantes, l'écartement entre les points d'appui au sol de la bande 1 peut être fixé par des tirants 4. Du fait que le grillage 1 est à flottabilité positive et comme les points d'appui 3 sont écartés d'une distance inférieure à la longueur de la bande de grillage entre deux points d'appui, respectivement la longueur des tirants 4 est inférieure à cette longueur, la bande ne reste appliquée au sol qu'à ses points de fixation 3 et forme, entre deux points de fixation successifs, une onde en voûte souple qui est susceptible de se déformer sous la poussée des courants comme illustré pour l'onde la. Pour renforcer l'ancrage, un filet 5 à flottabilité négative est disposé entre les points d'ancrage 3 et, lors de la pose, s'appuie sur la surface du fond marin 2. Du fait de l'ensablage assez rapide du filet 5, l'ensemble se trouve fortement ancré au fond.

Progressivement des organismes marins encroûtent le grillage 1 et l'alourdissent. Du fait de la concrétion minéralisante, le grillage 1 se rigidifie mais, sous l'effet du poids de la croûte, les voûtes s'effondrent pour réduire la portée et donnent une succession de petites voûtes ou petits tunnels irréguliers 6 dont la voûte est formée par un amalgame 7 de tests de coquillages et de débris des algues 8 qui se développent sur toute la surface du filet.

L'élément de base illustré à la figure 3 est dérivé d'un tétraèdre 10 dont les sommets représentés en pointillés ont été supprimés pour donner un tétraèdre tronqué comportant quatre faces principales f_1 à f_4 en hexagones réguliers et quatre petites faces p_1 à p_4 en triangles équilatéraux. La structure est constituée par quatre cercles c_1 à c_4 qui passent chacun par les sommets d'une face hexagonale. Il en résulte

que deux cercles passent par chacun des douze sommets s_1 à s_{12} du tétraèdre et ils sont solidarisés deux à deux auxdits points par des ligatures ou autres. Les cercles peuvent être constitués par des barres ou tubes en polyesters stratifiés, éventuellement armés par des fibres de verre ou en tous autres matériaux légers et flexibles ayant une bonne résistance à la traction et au cisaillement. Il serait également possible de réaliser la structure à partir de pièces raccords en plastique moulé comportant chacune des embouts au nombre de quatre convenablement orientés dans lesquels seraient emboîtées les extrémités de barres correspondant à un secteur de cercle de 60° ou sur lesquels seraient enfilées les extrémités des morceaux de tubes coudés de même développement. Ces pièces raccords peuvent comporter un plus grand nombre d'embouts pour assembler entre elles plusieurs structures selon la figure 3.

Dans la figure 4, on a représenté à titre d'exemple une structure comportant dix éléments de base disposés en étant juxtaposés dans un même plan horizontal contenant les faces f_1 des tétraèdres tronqués, les éléments voisins étant assemblés au droit de deux sommets successifs de l'hexagone formant la face f_1 de sorte que le cercle c_1 d'un élément au centre de la construction est assemblé avec les cercles c_1 de six éléments voisins pour chacun au droit de deux sommets s_1 - s_2 , s_2 - s_3 , s_3 - s_4 , s_4 - s_5 , s_5 - s_6 , s_6 - s_1 . Pour permettre une meilleure lecture du dessin les cercles c_1 ont été représentés en trait plein, les cercles c_2 en trait mixte, les cercles c_3 en trait mixte avec deux points et les cercles c_4 en trait mixte avec trois points. Il est possible de renforcer la structure par des cercles situés dans les plans p_1 des tétraèdres et passant par les sommets s_9 , s_8 , s_{12} des tétraèdres tronqués juxtaposés. Ces cercles dans le plan p_1 peuvent également constituer les cercles c_1 d'une couche d'éléments superposés.

35

Lorsqu'une construction résultant d'un assemblage du type illustré à la figure 4, mais avec un nombre d'éléments qui peut être très supérieur, les éléments pouvant de plus former

tout tracé de squelette voulu, est immergée, les animacules, les végétaux et les coquillages divers se fixent sur la surface des cercles c_1 à c_4 et donnent des concrétions minérales qui se développent autour des barres et en interconnectant
5 celles-ci dans les zones où elles sont le plus rapprochées. Il en résulte un volume sphérique ajouré donnant une structure dans laquelle les cercles c_1 à c_4 travaillent à la traction et au cisaillement tandis que la concrétion ou croûte minérale travaille à la compression. La structure est de ce fait auto-
10 porteuse et ses cavités assurent un abri à la faune en même temps que la bio-masse très riche assure à cette faune une alimentation abondante. L'ancrage peut se faire naturellement par ensablage de la partie inférieure des cercles ou par ensablage d'un filet tendu entre les éléments formant l'appui
15 de la structure.

Le procédé d'édification de structures sous-marines faisant appel à la minéralisation permet de réaliser, outre des récifs et îlots, des brise-lames ou des digues.

20

Le squelette obtenu par assemblage de cercles en un matériau souple à bonne résilience se caractérise par le fait qu'il est auto-porteur et tend à reprendre sa forme après une déformation. Il peut de ce fait être utilisé de diverses autres
25 manières et pour d'autres buts que de constituer un support pour les agents minéralisants. C'est ainsi que l'on peut utiliser des files combinées de ces éléments pour constituer un épi de fixation du sable, l'effet de freinage des courants assuré par les éléments favorisant le dépôt du sable en aval
30 de ceux-ci.

Selon une autre application, on utilise la déformabilité et la force de rappel à la forme d'origine d'une structure constituée par des cercles assemblés selon les faces d'un
35 polyèdre régulier pour réaliser une structure d'absorption des chocs et notamment une structure équivalente des filets de protection des aérodromes et circuits automobiles.

La structure peut être ancrée au sol par un ensablage, ce qui, dans le cas des filets, évite les dangereux poteaux supports.

Revendications

1. Un procédé d'édification de structures immergées, notamment sous-marines en treillis,
- 5 caractérisé en ce que l'on immerge un réseau d'éléments longilignes flexibles, légers et à bonne résistance à la traction et au cisaillement, assemblés selon le squelette de la structure en treillis à obtenir.
- 10 2. Un procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que, pour réaliser une structure auto-porteuse, on choisit le tracé des mailles du treillis pour que, dans la structure résultant de l'enrobage des éléments longilignes par une croûte minéralisée, l'effort de traction s'exer-
- 15 çant dans la fibre de tout élément longiligne soit inférieur à la limite élastique de ce dernier.
3. Un procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que le tracé est tel que l'ensemble des
- 20 fibres de la section travaille à la compression.
4. Un procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce que les éléments longilignes constituant le squelette de la structure sont disposés selon les cercles
- 25 d'une sphère et dans les plans correspondant à un polyèdre régulier.
5. Un procédé selon l'une quelconque des revendications 2 à 4,
- 30 caractérisé en ce que l'on combine plusieurs structures élémentaires notamment sphériques pour former le squelette.
6. Un procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que, pour réaliser une structure à effon-
- 35 drement, on dispose les éléments longilignes selon un tracé assurant un effondrement du squelette sous le poids de la croûte minéralisée lorsque celle-ci a atteint une épaisseur définie.

7. Un procédé selon la revendication 6,
caractérisé en ce que les éléments longilignes constituant
le squelette sont disposés selon un réseau à deux dimensions,
le réseau étant déformé en voûtes juxtaposées par des tirants
5 ou des éléments d'ancrage au sol disposés dans le plan d'appui.

8. Un procédé selon l'une quelconque des revendications 1
à 7,
caractérisé en ce que l'ancrage au fond de la structure est
10 assuré par l'ensablage d'un élément en filet situé dans le
plan inférieur ou au voisinage du plan inférieur de la struc-
ture.

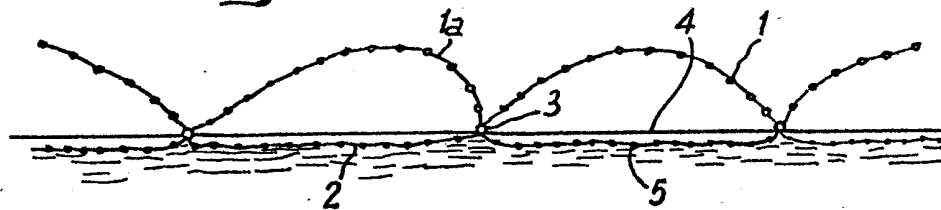
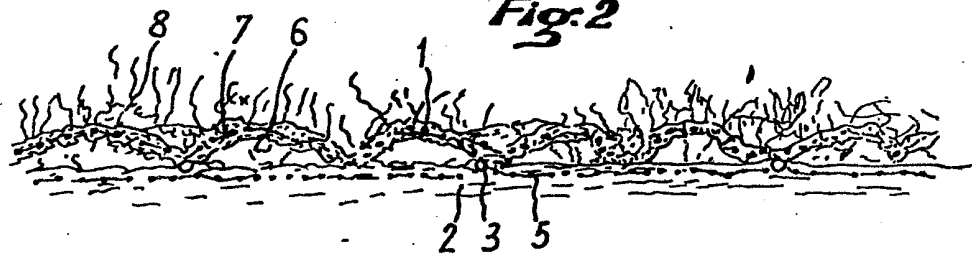
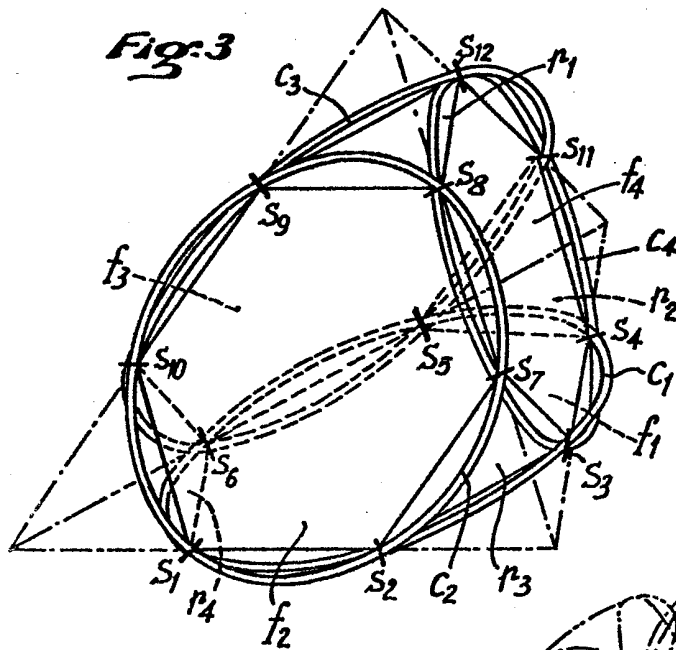
9. Un procédé selon l'une quelconque des revendications 1
15 à 5 et 8,
caractérisé en ce que, dans le cas d'un fond à faible portance,
on double le filet d'ancrage par un filet à mailles serrées
situé légèrement au-dessus et destiné à constituer le squelette
d'un radier formé par minéralisation.

20
10. Un procédé selon l'une quelconque des revendications
1 à 5 et 8 à 9,
caractérisé en ce que l'on incorpore au squelette des éléments
à deux dimensions.

25
11. Un élément pour la mise en oeuvre du procédé selon les
revendications 1 et 4 ci-dessus,
caractérisé en ce qu'il est constitué par des cercles c_1
à c_4 disposés dans les faces f_1 à f_4 d'un polyèdre régulier
30 à pointes tronquées, les cercles étant en contact les uns
avec les autres aux sommets s_1 à s_{12} du polyèdre et solidarisés
en ces points de toute manière connue.

12. Un élément selon la revendication 11,
35 caractérisé en ce que les cercles sont constitués par des
barres rondes ou carrées, pleines ou tubulaires en un matériau
léger, de préférence en matière plastique armée.

1/1

Fig:1**Fig:2****Fig:3****Fig:4**