

(19)



(11)

EP 3 768 897 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:

16.02.2022 Bulletin 2022/07

(51) Classification Internationale des Brevets (IPC):
E02B 3/12 (2006.01)

(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):
E02B 3/129

(21) Numéro de dépôt: **19717542.5**

(22) Date de dépôt: **18.03.2019**

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/FR2019/050602

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2019/180359 (26.09.2019 Gazette 2019/39)

(54) OUVRAGE HYDRAULIQUE COMPRENANT UNE CARAPACE

HYDRAULISCHE STRUKTUR MIT EINER SCHALE

HYDRAULIC STRUCTURE COMPRISING A SHELL

(84) Etats contractants désignés:

**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

(30) Priorité: **19.03.2018 FR 1852335**

(43) Date de publication de la demande:
27.01.2021 Bulletin 2021/04

(73) Titulaire: **Artelia**
93400 St Ouen sur Seine (FR)

(72) Inventeurs:

• **GIRAUDEL, Cyril**
38660 Saint Hilaire (FR)

• **FONS, Michel**
38320 Brié et Angonnes (FR)

(74) Mandataire: **Prugneau, Philippe**
Cabinet Prugneau - Schaub
3, avenue Doyen Louis Weil
Le Grenat - Europole
38000 Grenoble (FR)

(56) Documents cités:
WO-A1-00/08261 WO-A1-2004/046048
FR-A- 1 148 412 FR-A1- 2 791 370
JP-A- S58 178 707 JP-A- 2006 008 431
US-A- 3 091 087

EP 3 768 897 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

Domaine technique

[0001] L'invention concerne un ouvrage hydraulique maritime ou fluvial comprenant une carapace, tel qu'une jetée, un épi, un récif sous-marin, un brise-lames détaché, un brise-lames de terre plein et de route côtière, une digue de rivière, ou un ouvrage de protection de berge.

Technique antérieure

[0002] Des blocs artificiels de béton non armé, tel que ceux décrits dans le brevet US 2,766,592, US 5,441,362 et FR 2 791 370 sont utilisés pour recouvrir et amener une protection durable à un ouvrage tel qu'une digue, formée d'enrochements naturels, ou pour être utilisés en berme.

[0003] Ces blocs, qui comprennent une partie centrale avec un noyau massif et des pattes saillant de cette partie centrale, ont une géométrie résultant d'un compromis entre robustesse et stabilité hydraulique de manière à résister par exemple aux chocs et aux forces mécaniques dus à la houle et aux vagues.

[0004] Les blocs artificiels utilisés jusqu'à présent, généralement constitués de béton non armé, peuvent avoir des dimensions de plusieurs mètres en hauteur et latéralement (dimensions modifiables selon l'application et les conditions d'emploi visées) et comportent en général des parties massives réalisées par coffrage de béton.

[0005] D'ordinaire, on fabrique ces blocs massifs en béton non armé en utilisant des ciments fortement réactifs afin d'avoir une prise rapide et produire des blocs en grande quantité dans un minimum de temps.

[0006] Il existe également des blocs artificiels comportant des ouvertures, tels que ceux décrits dans le document de brevet JPS58178707, ces dernières ayant pour effet d'améliorer l'absorption de l'énergie des vagues par rapport à un bloc massif.

[0007] Les blocs décrits ci-dessus sont souvent utilisés pour former des carapaces d'ouvrages hydrauliques, comme décrit dans le document JPS58178707

[0008] Cependant, il reste une marge d'amélioration dans la conception et l'utilisation de ces blocs.

[0009] Le document de brevet US3,091,087 divulgue une carapace selon le préambule de la revendication 1.

Exposé de l'invention

[0010] Un but de l'invention est d'apporter au secteur de la réalisation d'ouvrages de protection maritime et fluviale un nouveau type de carapace, présentant une modulation spatiale de sa porosité.

[0011] Un autre but de l'invention est l'utilisation de blocs d'enrochement pouvant être réalisé avec des ciments fortement réactifs avec une fiabilité améliorée.

[0012] A ces effets, l'invention a pour objet un ouvrage hydraulique comprenant une carapace formée de blocs

de béton pour enrochement imbriqués les uns dans les autres, dans lequel les blocs de béton pour enrochement comprennent une partie centrale avec un noyau massif et des pattes qui saillent à partir de cette partie centrale, dans lequel les blocs comprennent au moins un conduit s'étendant radialement à partir de l'intérieur du noyau de la partie centrale et s'ouvrant sur l'extérieur du bloc, dans lequel la carapace présente une perméabilité hétérogène, la carapace étant formée de premiers blocs ayant une première porosité, définie par un premier nombre de conduits et/ou par de premières dimensions de conduit propres aux premiers blocs, et au moins de seconds blocs ayant une seconde porosité, différente de la première porosité et définie par un second nombre de conduits et/ou par de secondes dimensions de conduit propres aux seconds blocs, le nombre de canaux des seconds blocs étant différent du nombre de canaux des premiers blocs et/ou les dimensions des canaux des seconds blocs étant différentes des dimensions des canaux des premiers blocs.

[0013] Grâce aux conduits dans les blocs formant la carapace, on peut faire varier la porosité (perméabilité) de la carapace de l'ouvrage hydraulique tel qu'un ouvrage de protection côtière ou fluviale, non pas en faisant varier la taille des blocs de béton constituant la carapace, mais en faisant varier la porosité intrinsèque de ces blocs par des variations des dimensions des conduits et/ou du nombre de ces conduits dans ces blocs.

[0014] De cette manière, avec des blocs de porosités différentes, il est facile de moduler spatialement la porosité d'une carapace d'un ouvrage hydraulique, même en utilisant des blocs de forme et de dimensions extérieures identiques, en utilisant des blocs de porosités différentes en ajustant les dimensions des conduits et/ou le nombre de ces derniers dans lesdits blocs, ce qui permet de rendre hétérogène la perméabilité de la carapace et d'adapter ses caractéristique à l'environnement et à la fonction de chaque ouvrage, par exemple en ce qui concerne la dispersion d'énergie de la houle et la résistance au franchissement par les vagues.

[0015] Ceci est particulièrement avantageux pour réaliser une carapace de digue en talus, pour laquelle on peut précisément accroître la porosité de la carapace à des emplacements choisis, ce qui augmente significativement les performances hydrauliques de ladite digue sans complexifier outre mesure sa conception et sa fabrication grâce à l'emploi de blocs de mêmes tailles.

[0016] L'ouvrage hydraulique selon l'invention peut avantageusement présenter les particularités suivantes :

- dans une portion longitudinale donnée de la carapace, la carapace peut comprendre en outre des troisièmes blocs ayant une troisième porosité, définie par un troisième nombre de conduits et/ou par de troisièmes dimensions de conduit propres aux troisièmes blocs, les premiers blocs, les seconds blocs et les troisièmes blocs pouvant être situés respecti-

- vement dans une partie basse, dans une partie médiane et dans une partie haute de la carapace, la partie médiane pouvant être située au-dessus de la partie basse et au-dessous de la partie haute, les premiers blocs et les troisièmes blocs pouvant avoir des porosités plus élevées que les seconds blocs ;
- à un positionnement vertical donné dans la carapace, les premiers blocs peuvent être situés dans une première portion longitudinale de l'ouvrage et les seconds blocs peuvent être situés dans une seconde portion longitudinale de l'ouvrage, les second blocs pouvant avoir une porosité plus élevée que les premiers blocs ;
 - ledit conduit peut faire partie d'un passage traversant ;
 - lesdits blocs peuvent comprendre chacun plusieurs conduits avec au moins un conduit qui se termine en cul-de-sac ;
 - pour chaque bloc, le noyau est sensiblement de forme cubique et comporte deux faces frontales opposées et deux faces latérales opposées, les pattes pouvant comprendre deux pattes frontales saillant de la partie centrale respectivement perpendiculairement aux deux faces frontales du noyau et deux pattes latérales saillant de la partie centrale respectivement perpendiculairement aux deux faces latérales, chaque bloc pouvant comprendre au moins un conduit qui s'étend radialement à partir de l'intérieur du noyau de la partie centrale et qui s'ouvre sur l'extérieur du bloc entre une patte frontale et une patte latérale adjacente ;
 - chaque bloc peut comprendre en outre au moins un conduit traversant qui traverse le noyau et qui débouche à des extrémités des pattes frontales ;
 - chaque bloc peut comprendre en outre une cavité interne située dans la partie centrale et dans laquelle le conduit débouche ;
 - ledit passage traversant peut avoir une orientation montante, de manière à faciliter la circulation d'un fluide par convection à travers le bloc dans lequel il est compris quand le bloc repose au sol ;
 - les blocs peuvent comprendre en outre chacun des conduits additionnels respectivement dans les pattes, pour permettre la circulation d'un fluide dans la patte correspondante afin de favoriser l'évacuation de chaleur d'hydratation générée par le béton lors de la fabrication desdits blocs ; et
 - les conduits peuvent permettre une circulation d'un fluide dans le noyau afin de favoriser l'évacuation de chaleur d'hydratation générée par le béton lors de la fabrication desdits blocs.

[0017] La présence des conduits, et la possibilité de faire varier leur nombre et/ou leurs dimensions, offre la possibilité de concevoir une carapace de blocs pouvant être d'une même géométrie et d'une même taille, mais de porosités différentes pour adapter ces blocs aux besoins et/ou fonctions spécifiques de différentes parties

de ladite carapace.

[0018] Un autre avantage des blocs utilisés est lié à la chaleur d'hydratation générée lors de la formation des blocs en béton.

5 **[0019]** On sait que lorsque le ciment du béton est hydraté et qu'il se solidifie, ou fait sa prise, il y a un dégagement de chaleur appelé chaleur d'hydratation.

[0020] Cette chaleur peut avoir des conséquences néfastes sur l'intégrité du bloc et la durabilité à court et long terme du béton si elle n'est pas contrôlée.

10 **[0021]** La chaleur d'hydratation peut provoquer deux phénomènes susceptibles d'endommager structurellement les blocs.

15 **[0022]** Le premier est lié aux gradients thermiques induits par la chaleur d'hydratation, qui provoquent des dilatations différentielle dans le bloc et induisent en conséquence des contraintes importantes et des fissures.

20 **[0023]** Le second est lié à la création de composés chimiques secondaires délétères au sein du béton, tels que l'étringite secondaire, affectant la durabilité des blocs.

25 **[0024]** L'étringite secondaire s'étend dans le temps, particulièrement dans les milieux humides, ce qui peut induire une dégradation du béton de l'intérieur qui peut aller jusqu'à la destruction de la structure formée par le béton.

30 **[0025]** Un bloc de béton ajouré pour enrochement utilisé dans l'ouvrage hydraulique selon l'invention comporte un ou plusieurs conduits, débouchants ou non débouchants, par lesquels une ventilation naturelle et/ou forcée limite l'élévation de température induite par la chaleur d'hydratation lors de la formation du bloc, ce qui supprime ou limite les phénomènes de dégradation des blocs détaillés ci-dessus.

35 **[0026]** Avantagusement, la présence de tels conduits permet de mieux utiliser la quantité de béton nécessaire à la fabrication du bloc en la répartissant différemment sur celui-ci, ce qui permet de redistribuer le volume de béton équivalent au volume des conduits situés dans la partie centrale du bloc pour augmenter d'autant le volume extérieur de ce dernier.

40 **[0027]** Ainsi, à masse identique de béton, le bloc ajouré prend plus de place dans l'ouvrage et permet donc de réduire le nombre de blocs ainsi que la quantité de béton pour l'ensemble d'un enrochement.

45 **[0028]** De plus, le fait de retirer de la partie centrale du bloc une masse de béton potentiellement chauffante par exothermie permet encore de faire diminuer la température générale de ce bloc.

Présentation sommaire des dessins

55 **[0029]** La présente invention sera mieux comprise et d'autres avantages apparaîtront à la lecture de la description détaillée d'un mode de réalisation pris à titre d'exemple nullement limitatif et illustré par les dessins annexés, dans lesquels :

- la figure 1A représente un tétraèdre ; la figure 1B représente un bloc conventionnel basé sur la géométrie du tétraèdre ; la figure 1C représente un bloc selon l'invention basé sur le bloc de la figure 1B ; la figure 1D représente un détail du bloc selon l'invention de la figure 1C ;
- la figure 2A représente une vue en perspective d'un bloc selon l'invention ; la figure 2B représente le noyau du bloc de la figure 2A ;
- la figure 3A représente une vue de face du bloc de la figure 2A ; la figure 3B représente une coupe C-C' du bloc de la figure 2A ;
- les figures 4A et 4B représentent, respectivement, des coupes B-B' et A-A' du bloc de la figure 2A ;
- les figures 5A1 et 5A2 représentent une coupe transversale et une vue d'en haut d'une digue, respectivement ;
- les figures 5B1 et 5C1 représentent, respectivement, une coupe horizontale et une coupe transversale verticale de la digue des figures 5A1 et 5A2 montrant une structure de carapace de digue conventionnelle ;
- les figures 5B2 et 5C2 représentent, respectivement, une coupe horizontale et une coupe transversale verticale transversale de la digue des figures 5A1 et 5A2 montrant une structure de carapace de digue mettant à profit une variation de porosité des blocs ; et
- la figure 6 représente une coupe B-B' d'une variante du bloc de la figure 2A.

Description d'un mode de réalisation

[0030] Un mode de réalisation de l'invention est décrit à l'aide des figures 1A à 5C2.

Bloc de géométrie simple

[0031] Les principes généraux sur lesquels est basé le mode de réalisation de l'invention vont être expliqués à l'aide des figures 1A à 1D dans le cas d'un bloc de géométrie simple.

[0032] Un bloc de béton pour enrochement peut être formé d'un noyau duquel des pattes saillent selon une géométrie tridimensionnelle.

[0033] Les pattes ont un rôle d'accrochage pour une imbrication mutuelle entre des blocs adjacents et le noyau a pour rôle de solidariser les pattes d'un bloc les unes aux autres.

[0034] Des blocs constitués de pattes saillant d'un noyau au lieu de blocs massifs permettent de limiter la consommation de béton et, éventuellement, d'obtenir une meilleure dispersion de l'énergie de vagues.

[0035] Un ouvrage de dimensions données requiert une quantité de béton fonction de la porosité du matériau (ici, un assemblage de blocs) le constituant, porosité elle-même fonction de la géométrie des blocs.

[0036] Le tétraèdre est l'une des plus simples formes

géométriques tridimensionnelles.

[0037] Comme illustré en figure 1, un tétraèdre 10 comporte quatre sommets S1, S2, S3 et S4 définissant des facettes triangulaires et possède un centre de gravité G.

[0038] La figure 1B illustre un bloc conventionnel 11 ayant une géométrie basée sur un tétraèdre : une partie centrale PC du bloc comprend un noyau massif 12 dans lequel est situé le centre de gravité G du tétraèdre.

[0039] Quatre pattes 14 rayonnent, ou saillent, de cette partie centrale PC le long des quatre directions définies par le centre de gravité G et les quatre sommets S1, S2, S3 et S4 du tétraèdre.

[0040] Les pattes sont en contact au niveau de zones 15 de naissance des pattes. Cette géométrie est connue du brevet US 2,766,592.

[0041] Le noyau 12 est par nature la partie la plus compacte du bloc, et donc celle qui est la plus concernée par les problèmes provoqués par la chaleur d'hydratation générée lors de la phase de prise du béton au cours de la formation du bloc.

[0042] Le fait que les blocs sont généralement formés d'un seul tenant au cours d'une unique opération de coffrage renforce encore cet aspect, puisque le noyau est isolé partiellement ou totalement de l'extérieur par les pattes qui l'entourent, elles-mêmes sources de chaleur d'hydratation.

[0043] Afin de limiter ou d'éliminer les problèmes provoqués par la chaleur d'hydratation, un bloc selon l'invention comprend des conduits destinés à faciliter l'évacuation de la chaleur d'hydratation.

[0044] Dans les conduits, une circulation naturelle ou forcée d'un fluide entre le noyau et l'extérieur du bloc peut s'opérer, permettant ainsi l'évacuation de la chaleur d'hydratation et la limitation de la montée en température du bloc.

[0045] Le fluide peut être l'air environnant ou bien un liquide de refroidissement, tel de l'eau.

[0046] La circulation du fluide peut être forcée par des moyens tels que des ventilateurs ou un système de circulation d'eau à pompe.

[0047] Il est préférable que les conduits ne compromettent pas significativement l'intégrité mécanique du bloc.

[0048] Des conduits se terminant en cul-de-sac permettent un accès direct aux volumes de béton à refroidir et peuvent favoriser le maintien de la robustesse mécanique du bloc par rapport à un bloc similaire ayant des conduits connectées les unes aux autres.

[0049] En complément ou en alternative à des conduits en cul-de-sac, des conduits connectées peuvent former un ou des passages traversants, par exemple en se prolongeant jusqu'au centre de gravité du bloc, à l'intérieur du noyau, pour faciliter la circulation du fluide et favoriser l'évacuation de la chaleur d'hydratation.

[0050] Les figures 1C et 1D illustrent l'application de l'invention au bloc de la figure 1B.

[0051] Comme illustré par les figures 1C et 1D, un bloc 100 selon l'invention peut être basé sur le bloc conven-

tionnel 11 de la figure 1B et comporter des conduits 20 et 30 pouvant se rejoindre au sein du noyau, et/ou des pattes 30' se terminant en cul-de-sac.

[0052] La nomenclature utilisée pour le bloc conventionnel 11 de la figure 1B s'applique également au bloc 100 selon l'invention.

[0053] La figure 1D représente une section d'une patte 14 du bloc 100 comprenant des conduits 40 se rejoignant et des conduits 40' en cul-de-sac.

[0054] Les conduits 20 se situent le long des directions d'extension des pattes et débouchent aux extrémités de celles-ci. Les conduits 30 et 30' débouchent entre deux pattes adjacentes dans des zones 15.

[0055] Les conduits 20 permettent de refroidir simultanément les pattes et le noyau, mais ils peuvent être difficiles à réaliser selon la longueur et la largeur des pattes.

[0056] Les conduits 30 et 30' sont plus efficaces pour le refroidissement du noyau et plus facile à réaliser, mais ils ne permettent pas le refroidissement des pattes.

[0057] Des conduits 40 et 40' transversaux aux directions d'extension des pattes comme illustré dans la figure 1D, permettent de refroidir spécifiquement celles-ci.

[0058] Un avantage de l'interconnexion de tout ou partie des conduits 20, 30 et 40 est la création de passages P' permettant une circulation aisée d'un fluide à travers le bloc.

[0059] Le bloc 100 peut reposer de manière stable sur un sol plan horizontal sur ses trois points de support SP1, SP2 et SP3.

[0060] Lorsque le bloc est capable de reposer ainsi de sorte que les passages P' aient des orientations montantes comme illustré en figure 1C, une ventilation naturelle par convection à travers le bloc en cours de prise de béton est favorisée, puisque le bloc est alors plus chaud que l'air environnant.

[0061] De cette manière, un effet de cheminée peut s'opérer, favorisant l'évacuation de l'air réchauffé et l'aspiration d'air frais, et limitant donc l'élévation de température induite par la chaleur d'hydratation.

[0062] Ainsi, un refroidissement du bloc très efficace peut être obtenu, même sans circulation forcée.

[0063] Un ou plusieurs des conduits peuvent se terminer en cul-de-sac, comme les conduits 30' et 40', au lieu de former des passages P comme les conduits 20, 30 et 40.

[0064] Outre le fait que, à toutes choses égales par ailleurs, la robustesse du bloc est moins impactée et la réalisation du bloc plus aisée dans le cas de conduits en cul-de-sac que dans le cas de conduits connectées, le type et la taille des conduits peuvent jouer un rôle dans les espèces animales colonisant le bloc une fois celui-ci installé à son emplacement définitif.

[0065] En jouant sur la géométrie et les dimensions des conduits, il est possible de favoriser la reconquête écologique du site dans lequel le bloc est installé par une ou plusieurs espèces animales ciblées.

[0066] Pour des raisons pratiques de formation et d'uti-

lisation des coffrages, il est préférable, lorsqu'un coffrage est utilisé pour réaliser les conduits, que les conduits s'élargissent en allant vers l'extérieur du bloc.

[0067] Alternativement, la section d'un conduit peut être constante le long de sa direction d'extension.

[0068] La ou les géométries des conduits, leur nombre et leurs dimensions sont à adapter en fonction des priorités du projet concerné, par exemple la robustesse du bloc, sa longévité, la vitesse de production des blocs, des économies en béton ou la reconquête du site par des espèces animales ciblées.

[0069] Des conduits de larges dimensions favorisent le refroidissement, les économies en béton et la simplicité des opérations de coffrage/décoffrage, mais risquent de fragiliser le bloc si celles-ci sont mal configurées ou dimensionnées.

Bloc de géométrie complexe

[0070] Les blocs pour enrochement peuvent présenter une géométrie plus complexe que celle du bloc de la figure 1C, mais les principes décrits ci-dessus s'appliquent de la même manière quelle que soit la complexité de leur géométrie. Les figures 2A à 4B et 6 illustrent le cas d'un bloc 200 selon l'invention basé sur celui décrit dans le brevet FR 2 791 370.

[0071] Pour la description, nous considérons un bloc orienté selon les directions avant et arrière x et x', respectivement, les directions gauche et droite y et y', respectivement, et les directions haut et bas z et z', respectivement, comme indiqué sur la figure 2A.

[0072] Le bloc possède trois plans de symétrie, xoz, xoy, et yoz, correspondant respectivement à des plans de coupe A-A', B-B' et C-C'.

[0073] Le plan de coupe A-A' est normal aux plans de vues des figures 3A, 3B et 4A, le plan de coupe B-B' est normal aux plans de vues de figures 3A, 3B et 4B, et le plan de coupe C-C' est normal aux plans de vue des figures 4A et 4B.

[0074] La forme du bloc 200 peut se décrire comme s'établissant autour d'une partie centrale PC avec un noyau massif 201, représenté par la figure 2B selon la même orientation que la figure 2A, de forme cubique, ayant une première face avant 110 et une seconde face arrière 120 opposées l'une à l'autre, une troisième face basse 130 et une quatrième face haute 140 opposées l'une à l'autre, et une cinquième face latérale gauche 150 et une sixième face latérale droite 160 opposées l'une à l'autre.

[0075] Les première et seconde faces 110 et 120 du noyau sont munies chacune d'une patte frontale 310 saillant perpendiculairement à ces faces.

[0076] Chaque patte frontale 310 a une forme générale en tronc de pyramide ayant quatre faces latérales 312 substantiellement identiques et une face frontale 314 parallèle aux faces 110 et 120 du noyau.

[0077] Les quatre faces latérale 312 de chaque patte frontale 310 se prolongent chacune par une facette

d'élargissement 315 contigües à des facettes d'élargissement 215 des pattes latérales pour accroître la robustesse du bloc.

[0078] Les facettes d'élargissements sont localisées dans des zones de naissance des pattes.

[0079] Chacune des troisième et quatrième faces 130 et 140 sert d'appui à une patte latérale 210 en forme d'enclume.

[0080] Les deux pattes latérales 210 saillent perpendiculairement des deux faces opposées 130 et 140 du noyau, chacune de ces deux pattes latérales s'étendant dans deux directions latérales opposées, gauche et droite, parallèles aux deux faces opposées 130 et 140 et perpendiculaires aux directions d'extension des deux pattes frontales 310 ; ces deux pattes latérales 210 comprennent chacune une table 212 parallèle aux faces 130 et 140 du noyau 100, deux faces frontales 214 opposées et parallèles deux à deux aux faces 110 et 120 du noyau, et peuvent s'étendre jusqu'à recouvrir les faces latérales opposées 150 et 160 du noyau.

[0081] Chaque patte latérale 210 a une forme générale d'enclume possédant une échancrure transversale 216 s'étendant sur toute la largeur de la table séparant celle-ci en deux portions.

[0082] Les faces frontales 214 des pattes latérales 210 et les faces frontales 314 des pattes frontales 310 peuvent présenter une surface rugueuse formée par des protubérances pyramidales 400, ce qui peut contribuer à renforcer la capacité d'accroche du bloc.

[0083] Les protubérances pyramidales 400 des faces frontales 214 ne sont pas représentées dans les figures 4A et 4B.

[0084] Comme illustré, les arrêtes cornières des pattes latérales et frontales sont rabattues et forment des chanfreins.

[0085] Le bloc comprend quatre conduits 610 et quatre conduits 620 se rejoignant dans le noyau et débouchant chacun dans l'une des facettes d'élargissement 315 des pattes frontales 310, autrement dit, débouchant dans des zones de naissance des pattes, entre l'une des pattes frontales et l'une des pattes latérales ; deux conduits 630 se rejoignant et rejoignant les conduits 610 et 620 dans le noyau et débouchant chacune dans la face frontale 314 de l'une des deux pattes frontales 310, formant un conduit traversant qui traverse le noyau et qui débouche à des extrémités des pattes frontales 310 ; et huit conduits 640 formant deux à deux quatre passages entre les côtés avant et arrière du bloc au niveau des faces frontales 214 des pattes latérales 210.

[0086] Lors de la période de prise du béton dont est constitué le bloc 200, une ventilation effective du noyau par convection peut s'opérer par les passages P et P' formés par les conduits 610, 620 et 630 qui se rejoignent en son intérieur.

[0087] Les tables 212 de chaque patte latérale 210 peuvent servir à la pose du bloc sur un sol plan et horizontal, parallèle au plan xoy de la figure 2A, pour stockage avant utilisation.

[0088] Ainsi, les conduits 610 forment des passages à orientations montantes et sont particulièrement efficace pour un refroidissement du noyau du bloc par convection.

5 **[0089]** On a observé que les positionnements des conduits 610, 620 et 630 tels que définis ici permettent de limiter efficacement l'impact de la présence de ces conduits sur la robustesse du bloc.

10 **[0090]** Le bloc 200 peut être caractérisé par les dimensions suivantes, comme indiquées dans les figures 3A à 4D.

15 **[0091]** Les dimensions indiquées ci-dessous sont normalisées par rapport au côté H du cube dans lequel le bloc s'inscrit et valent substantiellement les valeurs indiquées.

20 **[0092]** Les pattes latérales 210 peuvent être caractérisées par des largeurs 10(210) de 0,26, 11(210) de 0,29, 12(210) de 0,34, 13(210) de 0,27, 14(210) de 0,34, et par des hauteurs h1(210) de 0,17, h2(210) de 0,28, h3(210) de 0,01 et h4(210) de 0,01 et h5(210) de 0,01 ; les pattes frontales 310 peuvent être caractérisées par des largeurs 10(310) de 0,23, 11(310) de 0,25, 12(310) de 0,33, 13(310) de 0,51 et 14(310) de 0,43 et par des hauteurs h1(310) de 0,22, h2(310) de 0,30 et h3(310) de 0,01, h3(310) ; les protubérances pyramidales 400 peuvent être caractérisées par des une largeur de base 1(400) de 0,01 et une hauteur h(400) de 0,003.

25 **[0093]** Dans le cas des dimensions ci-dessus, et pour le cas de conduits 610, 620, 630 et 640 coniques avec un angle de dépouille de substantiellement 5°, il est préférable que les conduits 610, 620 et 630 aient, respectivement, des diamètres Ø au niveau des surfaces extérieurs du bloc compris entre 0,05 et 0,10 pour Ø(610), entre 0,6 et 0,12 pour Ø(620) et entre 0,04 et 0,08 pour Ø(630).

30 **[0094]** Il est également préférable que les conduits 640 aient un diamètre minimum Ø(640) pris dans le plan C-C' compris entre 0,04 et 0,08 et soient éloignées d'au moins d=0,10 du bord du bloc considéré dans le plan C-C'.

35 **[0095]** Les limites supérieures des diamètres des conduits indiquées ci-dessus correspondent à un compromis dans lequel les capacités de refroidissement des conduits sont maximales sans réduction significative de la robustesse du bloc.

40 **[0096]** En revanche, ces limites supérieures peuvent être dépassées si, selon l'application visée, il est acceptable de modifier la géométrie du bloc 200 pour redistribuer les volumes structurels de ce bloc, par exemple avec pour objectif une augmentation de la porosité du bloc, celle-ci correspondant au volume des ouvertures formées dans le bloc rapporté au volume extérieur du bloc ; augmenter le nombre de conduits et/ou leurs dimensions, et donc leurs volumes, augmente la porosité du bloc, nulle pour une absence totale d'ouvertures dans celui-ci.

45 **[0097]** La porosité du bloc peut également être augmentée par la formation une cavité interne Cav, située

dans le noyau et dans laquelle les conduits débouchent, comme illustré sur la figure 6.

[0098] Cette cavité interne peut avoir une dimension caractéristique I_{Cav} plus grande que les diamètres des conduits, et a pour avantages d'entraîner une plus faible consommation de béton, une réduction d'émission de chaleur d'hydratation au niveau du noyau et une meilleure évacuation de celle-ci.

[0099] Au-delà d'apporter des avantages à l'échelle d'un bloc unique, la présence des conduits dans un bloc de béton pour enrochement selon l'invention autorise de moduler aisément la porosité ou perméabilité d'un ouvrage constitué de tels blocs considéré dans son ensemble de sorte qu'il présente une porosité hétérogène.

[0100] On connaît des ouvrages de protection hydraulique comprenant des ensembles de blocs identiques positionnés les uns à côté des autres selon une matrice homogène, comme par exemple les brise-lames décrits dans la demande de brevet US 2015/0050086.

[0101] Ainsi, utiliser des blocs de porosités différentes pour former une carapace d'un ouvrage hydraulique, par exemple un ouvrage côtier exposé à la houle et aux vagues, peut amener plusieurs avantages à l'échelle de l'ouvrage, comme expliqué ci-dessous.

[0102] Les figures 5A1 et 5A2 représentent, respectivement, une coupe transversale et une vue d'en haut d'un ouvrage de protection côtière 500 constitué d'une digue comprenant, en contrebas d'un couronnement 510 surmontant un talus 502 posé sur un sol 503, une carapace 520 inclinée et constituée de blocs pour enrochement qui recouvre et protège le talus des agressions extérieures ; ces blocs peuvent être dimensionnés différemment dans différentes portions longitudinales de la carapace afin de répondre aux besoins en robustesse de ces différentes portions tout en limitant le surdimensionnement.

[0103] Ainsi, une première portion longitudinale 504 et une seconde portion longitudinale 506 de la carapace 520, séparées l'une de l'autre par une limite L1 inclinée d'environ 45° par rapport à l'horizontale, peuvent être constituées de blocs d'une même forme mais de dimensions et poids différents, par exemple des blocs de 6 m^3 pour la partie 504 et des blocs de 4 m^3 pour la partie 506.

[0104] Conventionnellement, l'interface entre deux portions longitudinales de la carapace se fait abruptement, comme illustré par la figure 5B1 qui montre une coupe horizontale X1-Y1 de la carapace, en passant directement de blocs 522₄ identiques entre eux dans la portion longitudinale 504 à des blocs 522₆ identiques entre eux dans la portion longitudinale 506, ce qui amène naturellement à utiliser des blocs surdimensionnés sur au moins une partie de la carapace de la partie 504 longeant la limite L1 : dans l'exemple pris ici, des blocs de 6 m^3 sont utilisés sur une partie de la carapace où il pourrait être acceptable d'utiliser des blocs plus petits et/ou plus légers.

[0105] Pour éliminer ou limiter ce surdimensionnement et adoucir l'interface entre les deux sections longitudina-

les, il est possible d'utiliser des blocs 525 selon l'invention, dont les porosités sont différentes selon les positions des blocs dans la coupe horizontale X1-Y1, c'est-à-dire à un positionnement vertical donné dans la carapace.

[0106] Ainsi, il est possible d'interposer une bande de blocs 525_{4b} entre des blocs 525_{4a} de la portion longitudinale 504 et les blocs 525₆ constituant la carapace dans la portion longitudinale 506, les blocs 525_{4b} ayant une porosité plus élevée que les blocs 525_{4a} mais pouvant être de même forme extérieure et avoir les mêmes dimensions extérieures que ceux-ci, de sorte que la portion longitudinale 504 comprend deux portions longitudinales 504' et 504" comme indiqué sur la figure 5B2, les blocs de la portion longitudinale 504" ayant une porosité plus élevée que les blocs de la portion longitudinale 504'.

[0107] Cette bande de blocs à porosité relativement élevée, comprise entre les limites L1 et L2 indiquées sur la figure 5A2, permet à la fois une économie en béton et une amélioration dans le comportement de la digue en renforçant ses capacités directement liées à la porosité comme la dispersion d'énergie de la houle et la résistance au franchissement par les vagues ; de plus, sa constitution n'entraîne pas nécessairement de difficultés supplémentaires dans le placement des blocs puisqu'ils peuvent tous avoir la même forme extérieure et les mêmes dimensions extérieures pour une même portion longitudinale.

[0108] En outre, au sein d'une portion longitudinale donnée de la digue, par exemple la section 504, les blocs 522₄ sont conventionnellement tous dimensionnés pour supporter des contraintes subies en fait uniquement par une partie médiane PM de la carapace, située au-dessous d'une partie haute PH et au-dessus d'une partie basse PB comme illustrée par la figure 5C1, la partie médiane subissant les efforts dus à la houle les plus importants.

[0109] En conséquence, les blocs sont identiques sur toute la hauteur de la carapace, surdimensionnés par rapport aux besoins en poids et en robustesse dans la partie basse et dans la partie haute de la carapace.

[0110] Utiliser des blocs selon l'invention, de porosités différentes selon leurs positionnements verticaux dans la carapace, comme illustré par la figure 5C2, rend possible de réaliser une carapace ayant des caractéristiques modulables dans la direction verticale en utilisant des blocs 525 de même géométrie extérieure et de mêmes dimensions extérieures, la partie basse PB de la carapace étant constituée de blocs 525_b ayant une première porosité, la partie médiane PM de blocs 525_m ayant une seconde porosité et la partie haute PH de blocs 525_h ayant une troisième porosité, les première et troisième porosités étant de préférence plus élevées que la seconde porosité.

[0111] Les avantages fonctionnels de cette configuration sont multiples ; une porosité élevée des blocs 525_b en partie basse PB encourage la conquête écologique des blocs par des espèces animales sous-marines ; une

porosité basse des blocs 525_m en partie médiane PM favorise la robustesse des blocs pour résister aux fortes contraintes mécaniques imposées par la houle à ce niveau de l'ouvrage ainsi qu'un poids élevé pour résister à la poussée de la houle ; une porosité élevée des blocs 525_h en partie haute PH, améliore la dispersion de l'énergie de la houle et limite le franchissement de l'ouvrage par les vagues.

[0112] En particulier, il est également possible de former une carapace ne possédant que deux de ces trois parties basse, médiane et haute, par exemple une carapace ne comprenant que les parties basse et médiane ou que les parties médiane et haute.

[0113] Il est également possible d'utiliser des blocs d'une géométrie quelconque, donc éventuellement indépendante des géométries des blocs décrits plus haut à l'aide des figures 1A à 4B, et de dimensions extérieures étant éventuellement les mêmes, de manière à former un ouvrage de protection côtière 500 comprenant une carapace formée de blocs de béton et caractérisée en ce que, à un positionnement vertical donné dans la carapace, les blocs ont une porosité plus élevée dans une première portion longitudinale 504" de l'ouvrage que dans une seconde portion longitudinale 504' de l'ouvrage, et/ou, dans une portion longitudinale donnée de la carapace, les blocs ont une porosité plus élevée dans une partie basse PB et dans une partie haute PH que dans une partie médiane PM située au-dessus de la partie basse et au-dessous de la partie haute, comme décrit dans les figures 5A1 à 5C2 et le texte correspondant.

[0114] Dans la digue 500, un bloc 525_{4a} et un bloc 525_m peuvent avoir une porosité nulle, égale ou inférieure à 2%, à 5%, à 10% ou à 30% ; un bloc 525_{4b} peut avoir une porosité au moins supérieure de 2 points de pourcentage, 5 points de pourcentage, 10 points de pourcentage, ou 20 points de pourcentage à la porosité d'un bloc 525_{4a} ; un bloc 525_b et/ou un bloc 525_h peuvent avoir indépendamment des porosités au moins supérieures de 2 points de pourcentage, 5 points de pourcentage, 10 points de pourcentage, ou 20 points de pourcentage à la porosité d'un bloc 525_m.

[0115] Ainsi, afin d'optimiser les fonctionnalités des différentes parties de la carapace tout en réduisant le volume de béton utilisé, il est possible d'utiliser des blocs 525 de même type, selon l'invention, dont le nombre et les tailles des conduits, et donc la porosité et le poids, varient, sans entraîner de difficulté particulière dans la mise en place de ces blocs puisque leurs dimensions extérieures peuvent être les mêmes.

Revendications

1. Un ouvrage hydraulique (500) comprenant une carapace (520) formée de blocs de béton pour enrochement imbriqués les uns dans les autres, dans lequel les blocs (100, 200, 525_{4a}, 525_{4b}, 525_b, 525_m, 525_h) de béton pour enrochement comprennent une

partie centrale avec un noyau (12, 201) massif et des pattes (14, 310, 210) qui saillent à partir de cette partie centrale, dans lequel les blocs comprennent au moins un conduit (20, 30, 30', 610, 620, 630) s'étendant radialement à partir de l'intérieur du noyau de la partie centrale et s'ouvrant sur l'extérieur du bloc, **caractérisé en ce que** la carapace présente une perméabilité hétérogène, la carapace étant formée de premiers blocs (525_{4a}, 525_b) ayant une première porosité, définie par un premier nombre de conduits et/ou par de premières dimensions de conduit propres aux premiers blocs, et au moins de seconds blocs (525_{4b}, 525_m) ayant une seconde porosité, différente de la première porosité et définie par un second nombre de conduits et/ou par de secondes dimensions de conduit propres aux seconds blocs, le nombre de canaux des seconds blocs étant différent du nombre de canaux des premiers blocs et/ou les dimensions des canaux des seconds blocs étant différentes des dimensions des canaux des premiers blocs.

2. L'ouvrage hydraulique (500) comprenant une carapace (520) selon la revendication 1, **caractérisé en ce que**, dans une portion longitudinale donnée de la carapace, la carapace comprend en outre des troisièmes blocs (525_h) ayant une troisième porosité, définie par un troisième nombre de conduits et/ou par de troisièmes dimensions de conduit propres aux troisièmes blocs, les premiers blocs (525_b), les seconds blocs (525_m) et les troisièmes blocs (525_h) étant situés respectivement dans une partie basse (PB), dans une partie médiane (PM) et dans une partie haute (PH) de la carapace (520), la partie médiane (PM) étant située au-dessus de la partie basse (PB) et au-dessous de la partie haute (PH), les premiers blocs (525_b) et les troisièmes blocs (525_h) ayant des porosités plus élevées que les seconds blocs (525_m).
3. L'ouvrage hydraulique (500) comprenant une carapace (520) selon la revendication 1, **caractérisé en ce que**, à un positionnement vertical donné dans la carapace, les premiers blocs (525_{4a}) sont situés dans une première portion longitudinale (504') de l'ouvrage et les seconds blocs (525_{4b}) sont situés dans une seconde portion longitudinale (504") de l'ouvrage, les seconds blocs (525_{4b}) ayant une porosité plus élevée que les premiers blocs (525_{4a}).
4. L'ouvrage hydraulique (500) selon l'une quelconque des revendications précédentes 1 à 3, **caractérisé en ce que** ledit conduit fait partie d'un passage traversant (P, P') .
5. L'ouvrage hydraulique (500) selon l'une quelconque des revendications précédentes 1 à 3, **caractérisé en ce que** lesdits blocs comprennent chacun plu-

sieurs conduits (20, 30, 30', 610, 620, 630) avec au moins un conduit (30') qui se termine en cul-de-sac.

6. L'ouvrage hydraulique (500) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que**, pour chaque bloc :

- le noyau (201) est sensiblement de forme cubique et comporte deux faces frontales (110, 120) opposées et deux faces latérales (130, 140) opposées ;
- les pattes comprennent :

- deux pattes frontales (310) saillant respectivement perpendiculairement des deux faces frontales du noyau ; et
- deux pattes latérales (210) saillant respectivement perpendiculairement des deux faces latérales ; et

en ce que chaque bloc comprend au moins un conduit (610, 620) qui s'étend radialement à partir de l'intérieur du noyau et s'ouvre vers l'extérieur du bloc entre une patte frontale et une patte latérale adjacente.

7. L'ouvrage hydraulique (500) selon la revendication 6, **caractérisé en ce que** chaque bloc comprend en outre au moins un conduit traversant (630) qui traverse le noyau et qui débouche à des extrémités des pattes frontales (310) .

8. L'ouvrage hydraulique (500) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** chaque bloc comprend en outre une cavité (C_{av}) interne située dans la partie centrale (PC) et dans laquelle le conduit débouche.

9. L'ouvrage hydraulique (500) selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** ledit passage traversant (P') a une orientation montante, de manière à faciliter la circulation d'un fluide par convection à travers le bloc dans lequel il est compris quand le bloc repose au sol.

10. L'ouvrage hydraulique (500) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les blocs comprennent en outre chacun des conduits additionnels (40, 40', 640) respectivement dans les pattes, pour permettre la circulation d'un fluide dans la patte correspondante afin de favoriser l'évacuation de chaleur d'hydratation générée par le béton lors de la fabrication desdits blocs.

11. L'ouvrage hydraulique (500) selon l'une quelconque des revendications précédentes 1 à 9, **caractérisé en ce que** les conduits permettent une circulation d'un fluide dans le noyau afin de favoriser l'évacua-

tion de chaleur d'hydratation générée par le béton lors de la fabrication desdits blocs.

5 Patentansprüche

1. Hydraulische Struktur (500), welche eine Schale (520) umfasst, die von ineinander verschachtelten Betonblöcken zur Blockschüttung gebildet wird, wobei die Betonblöcke (100, 200, 525_{4a}, 525_{4b}, 525_b, 525_m, 525_n) zur Blockschüttung einen zentralen Teil mit einem massiven Kern (12, 201) und Arme (14, 310, 210), welche von diesem zentralen Teil aus vorstehen, umfassen, wobei die Blöcke wenigstens einen Kanal (20, 30, 30', 610, 620, 630) umfassen, der sich vom Inneren des Kerns des zentralen Teils aus radial erstreckt und sich auf der Außenseite des Blocks öffnet, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schale eine heterogene Durchlässigkeit aufweist, wobei die Schale von ersten Blöcken (525_{4a}, 525_b) gebildet wird, die eine erste Porosität aufweisen, die durch eine erste Anzahl von Kanälen und/oder durch erste Kanalabmessungen, die für die ersten Blöcke gelten, definiert ist, und wenigstens von zweiten Blöcken (525_{4b}, 525_m), die eine zweite Porosität aufweisen, die von der ersten Porosität verschieden ist und durch eine zweite Anzahl von Kanälen und/oder durch zweite Kanalabmessungen, die für die zweiten Blöcke gelten, definiert ist, wobei die Anzahl von Kanälen der zweiten Blöcke von der Anzahl von Kanälen der ersten Blöcke verschieden ist und/oder die Abmessungen der Kanäle der zweiten Blöcke von den Abmessungen der Kanäle der ersten Blöcke verschieden sind.

2. Hydraulische Struktur (500), welche eine Schale (520) umfasst, nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** in einem gegebenen Längsabschnitt der Schale die Schale außerdem dritte Blöcke (525_n) umfasst, die eine dritte Porosität aufweisen, die durch eine dritte Anzahl von Kanälen und/oder durch dritte Kanalabmessungen, die für die dritten Blöcke gelten, definiert ist, wobei die ersten Blöcke (525_b), die zweiten Blöcke (525_m) und die dritten Blöcke (525_n) sich im unteren Teil (PB), im mittleren Teil (PM) bzw. im oberen Teil (PH) der Schale (520) befinden, wobei sich der mittlere Teil (PM) oberhalb des unteren Teils (PB) und unterhalb des oberen Teils (PH) befindet, wobei die ersten Blöcke (525_b) und die dritten Blöcke (525_n) höhere Porositäten als die zweiten Blöcke (525_m) aufweisen.

3. Hydraulische Struktur (500), welche eine Schale (520) umfasst, nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei einer gegebenen vertikalen Positionierung in der Schale die ersten Blöcke (525_{4a}) sich in einem ersten Längsabschnitt (504') der Struktur befinden und die zweiten Blöcke (525_{4b}) sich in

einem zweiten Längsabschnitt (504") der Struktur befinden, wobei die zweiten Blöcke (525_{4b}) eine höhere Porosität als die ersten Blöcke (525_{4a}) aufweisen.

4. Hydraulische Struktur (500) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kanal Teil eines Durchgangsweges (P, P') ist.

5. Hydraulische Struktur (500) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Blöcke jeweils mehrere Kanäle (20, 30, 30', 610, 620, 630) umfassen, darunter wenigstens einen Kanal (30'), der blind endet.

6. Hydraulische Struktur (500) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** für jeden Block:

- der Kern (201) im Wesentlichen würfelförmig ist und zwei einander gegenüberliegende Stirnseiten (110, 120) und zwei einander gegenüberliegende Seitenflächen (130, 140) aufweist;
- die Arme umfassen:

- zwei stirnseitige Arme (310), die jeweils senkrecht von den zwei Stirnseiten des Kerns vorstehen; und
- zwei seitliche Arme (210), die jeweils senkrecht von den zwei Seitenflächen vorstehen; und

dadurch, dass jeder Block wenigstens einen Kanal (610, 620) umfasst, welcher sich vom Inneren des Kerns aus radial erstreckt und sich zwischen einem stirnseitigen Arm und einem benachbarten seitlichen Arm zur Außenseite des Blocks hin öffnet.

7. Hydraulische Struktur (500) nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** jeder Block außerdem wenigstens einen Durchgangskanal (630) umfasst, welcher den Kern durchquert und welcher an Enden der stirnseitigen Arme (310) mündet.

8. Hydraulische Struktur (500) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** jeder Block außerdem einen inneren Hohlraum (C_{av}) umfasst, der sich im zentralen Teil (PC) befindet und in welchen der Kanal mündet.

9. Hydraulische Struktur (500) nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Durchgangsweg (P') eine ansteigende Ausrichtung aufweist, so dass die Strömung eines Fluids durch Konvektion durch den Block hindurch, in welchem er enthalten ist, erleichtert wird, wenn der Block auf dem Boden ruht.

10. Hydraulische Struktur (500) nach einem der vorher-

gehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Blöcke außerdem jeweils zusätzliche Kanäle (40, 40', 640) jeweils in den Armen umfassen, um die Strömung eines Fluids in dem betreffenden Arm zu ermöglichen, um die Ableitung von Hydrationswärme zu begünstigen, die von dem Beton bei der Herstellung der Blöcke erzeugt wird.

11. Hydraulische Struktur (500) nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kanäle eine Strömung eines Fluids im Kern ermöglichen, um die Ableitung von Hydrationswärme zu begünstigen, die von dem Beton bei der Herstellung der Blöcke erzeugt wird.

Claims

1. A hydraulic structure (500) comprising a shell (520) formed of interlocking concrete riprap blocks, wherein the concrete riprap blocks (100, 200, 525_{4a}, 525_{4b}, 525_b, 525_m, 525_h) comprise a central portion with a solid core (12, 201) and legs (14, 310, 210) projecting from this central portion, wherein the blocks comprise at least one duct (20, 30, 30', 610, 620, 630) extending radially from the interior of the core of the central portion and opening to the exterior of the block, **characterized in that** the shell has a heterogeneous permeability, the shell being formed of first blocks (525_{4a}, 525_b) having a first porosity, defined by a first number of ducts and/or by first duct dimensions specific to the first blocks, and at least second blocks (525_{4b}, 525_m) having a second porosity, different from the first porosity and defined by a second number of ducts and/or by second duct dimensions specific to the second blocks, the number of ducts of the second blocks being different from the number of ducts of the first blocks and/or the dimensions of the ducts of the second blocks being different from the dimensions of the ducts of the first blocks.

2. The hydraulic structure (500) comprising a shell (520) according to claim 1, **characterized in that**, in a given longitudinal portion of the shell, the shell further comprises third blocks (525_h) having a third porosity, defined by a third number of ducts and/or by third duct dimensions specific to the third blocks, the first blocks (525_b), the second blocks (525_m) and the third blocks (525_h) being located respectively in a bottom portion (PB), in a middle portion (PM) and in a top portion (PH) of the shell (520), the middle portion (PM) being located above the bottom portion (PB) and below the top portion (PH), the first blocks (525_b) and the third blocks (525_h) having higher porosities than the second blocks (525_m)

3. The hydraulic structure (500) comprising a shell (520) according to claim 1, **characterized in that**,

at a given vertical positioning in the shell, the first blocks (525_{4a}) are located in a first longitudinal portion (504') of the structure and the second blocks (525_{4b}) are located in a second longitudinal portion (504'') of the structure, the second blocks (525_{4b}) having a higher porosity than the first blocks (525_{4a}).

4. The hydraulic structure (500) according to any of the preceding claims 1 to 3, **characterized in that** said duct is part of a through passage (P, P').
5. The hydraulic structure (500) according to any of the preceding claims 1 to 3, **characterized in that** said blocks each comprise a plurality of ducts (20, 30, 30', 610, 620, 630) with at least one duct (30') terminating in a dead end.
6. The hydraulic structure (500) according to any of the preceding claims, **characterized in that**, for each block:
 - the core (201) is substantially cubic in shape and comprises two opposite front faces (110, 120) and two opposite side faces (130, 140) ;
 - the legs comprise :
 - two front legs (310) projecting respectively perpendicularly from the two front faces of the core ; and
 - two lateral legs (210) projecting respectively perpendicularly from the two lateral faces ; and
- in that** each block includes at least one duct (610, 620) that extends radially from the interior of the core and opens outwardly from the block between a front leg and an adjacent side leg.
7. The hydraulic structure (500) of claim 6, **characterized in that** each block further comprises at least one through duct (630) that passes through the core and opens at ends of the front legs (310).
8. The hydraulic structure (500) according to any of the preceding claims, **characterized in that** each block further comprises an internal cavity (Cav) located in the central portion (PC) and into which the duct opens.
9. The hydraulic structure (500) according to claim 4, **characterized in that** said through passage (P') has an upward orientation, so as to facilitate the circulation of a fluid by convection through the block in which it is comprised when the block rests on the ground.
10. The hydraulic structure (500) according to any one of the preceding claims, **characterized in that** the blocks each further comprise additional ducts (40,

40', 640) respectively in the legs, to allow the circulation of a fluid in the corresponding leg in order to promote the evacuation of hydration heat generated by the concrete during the manufacture of said blocks.

11. The hydraulic structure (500) according to any one of the preceding claims 1 to 9, **characterized in that** the ducts allow a circulation of a fluid in the core in order to promote the evacuation of hydration heat generated by the concrete during the manufacture of said blocks.

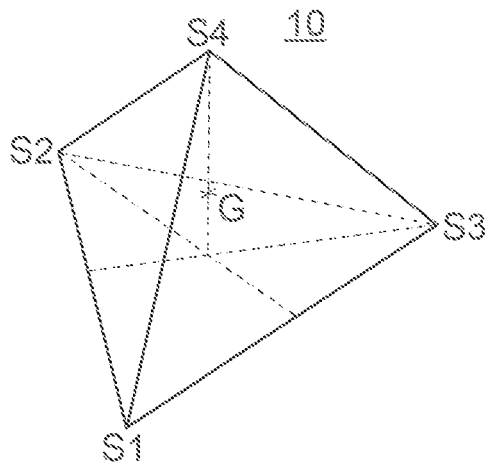


Fig. 1A

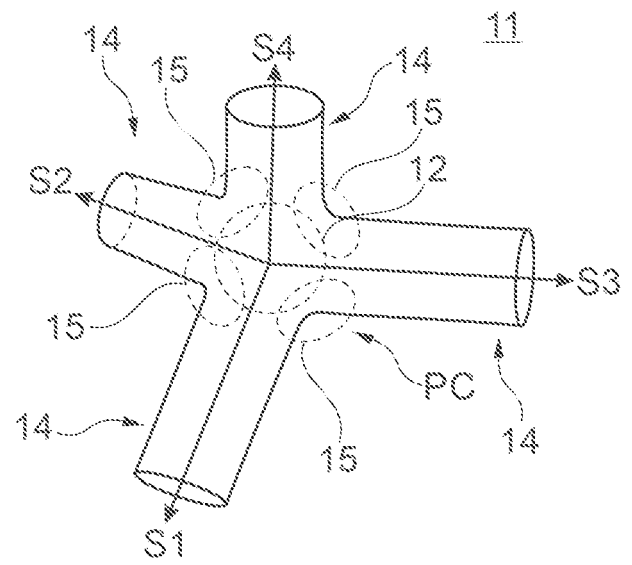


Fig. 1B

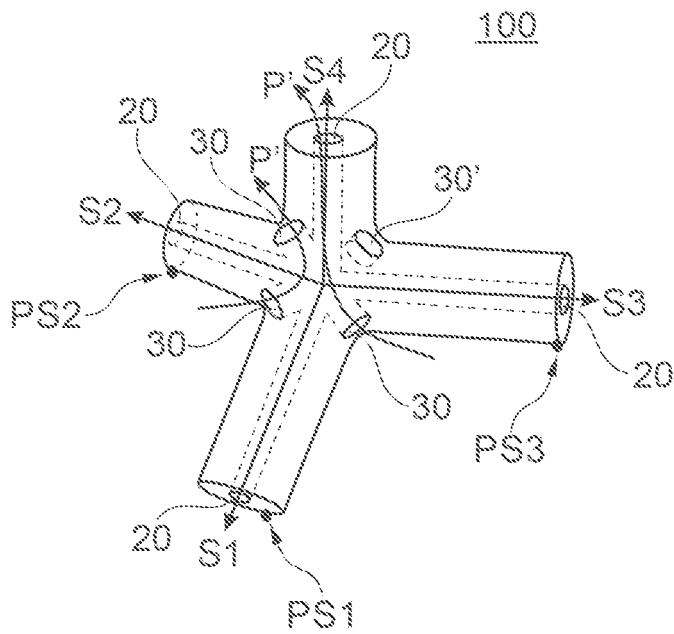


Fig. 1C

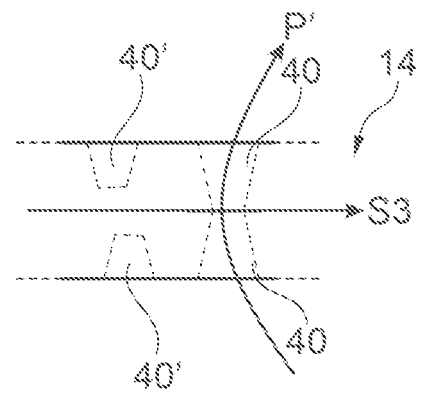
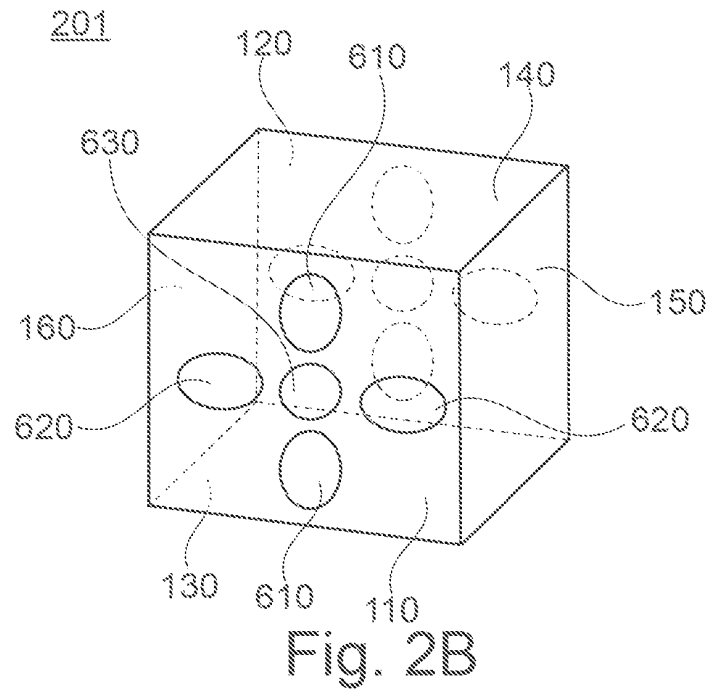
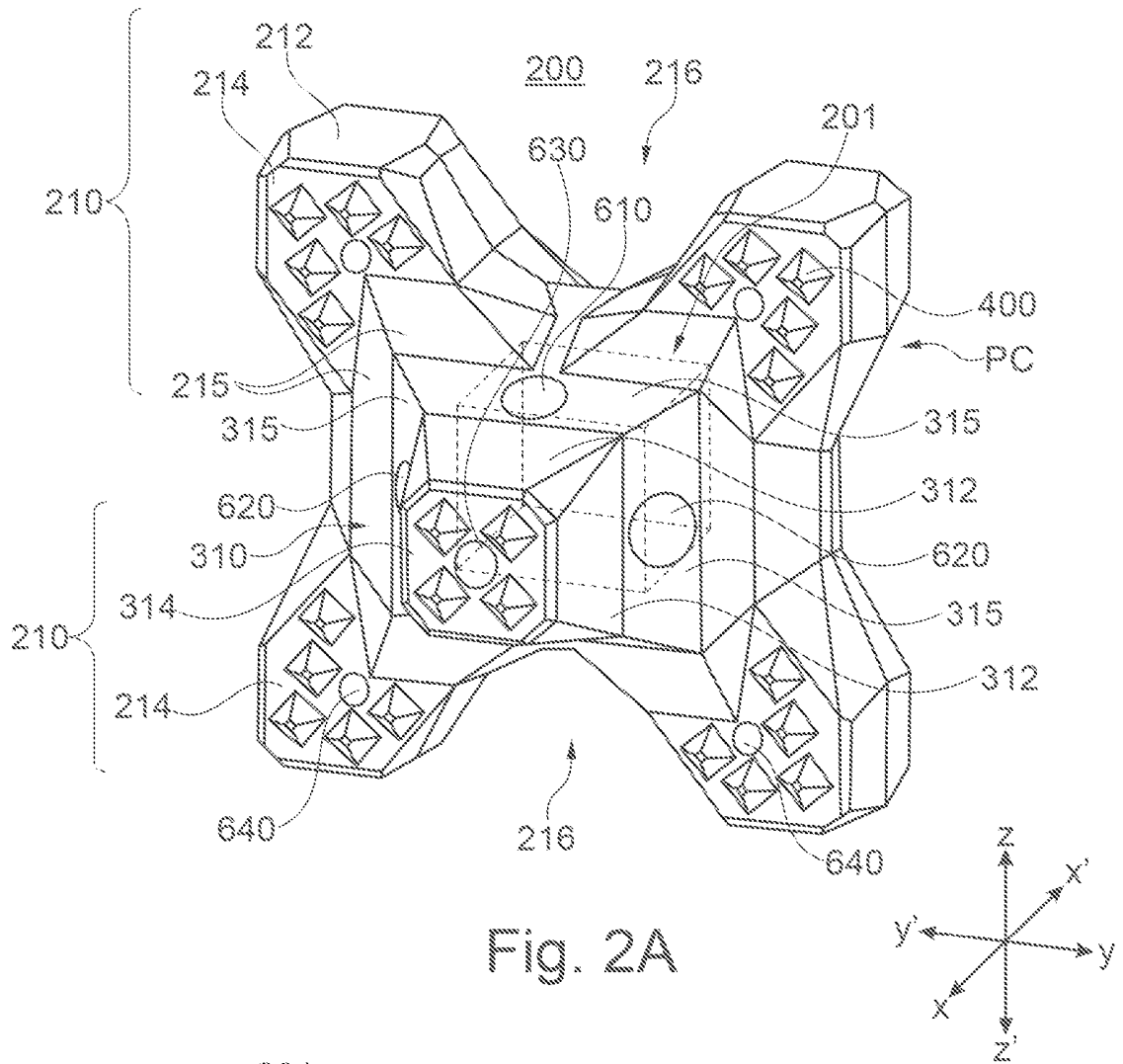


Fig. 1D



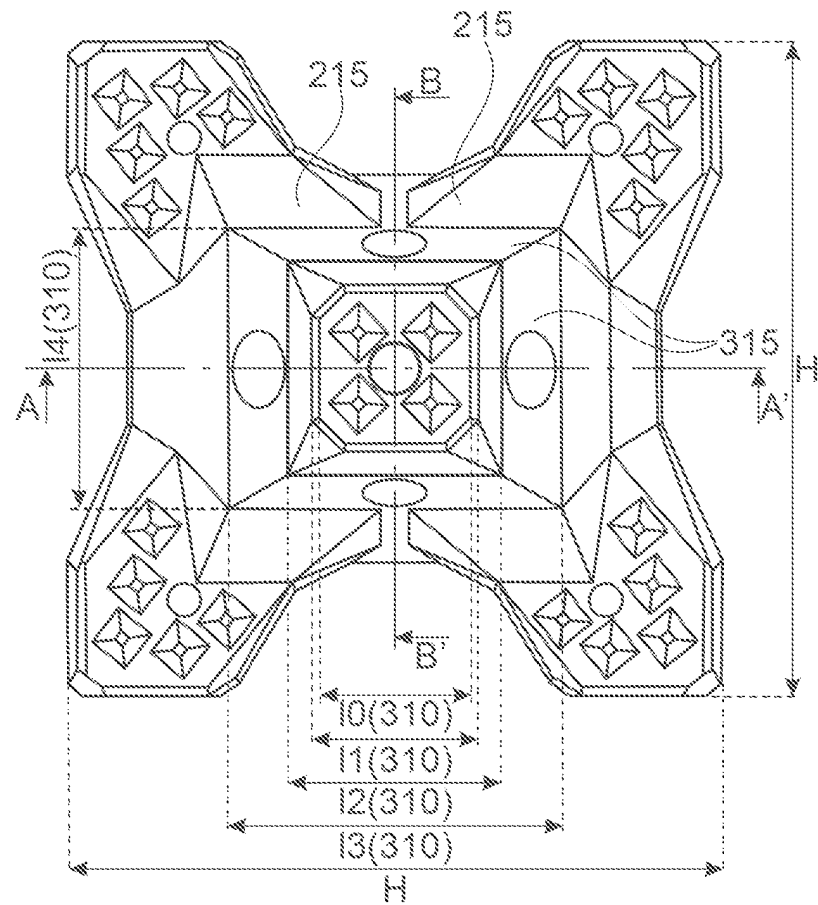


Fig. 3A

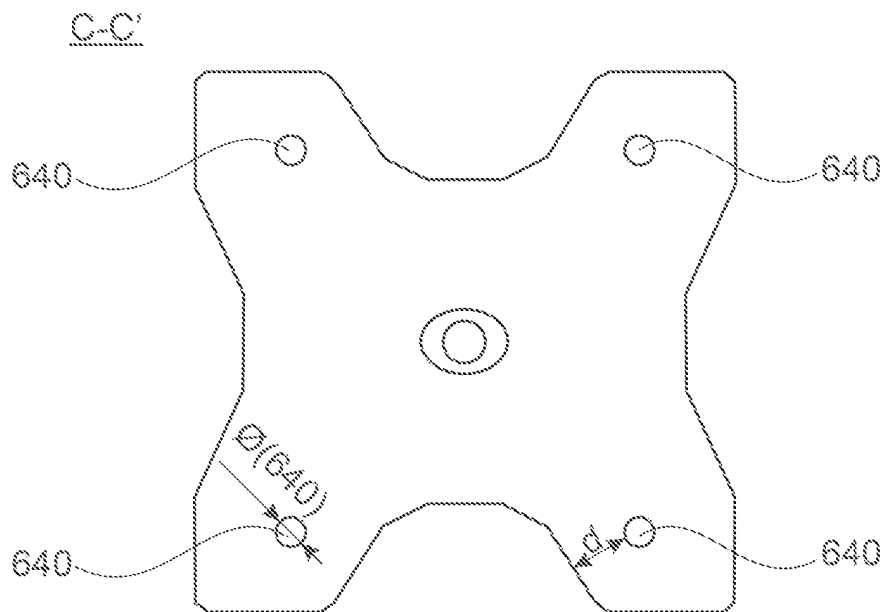


Fig. 3B

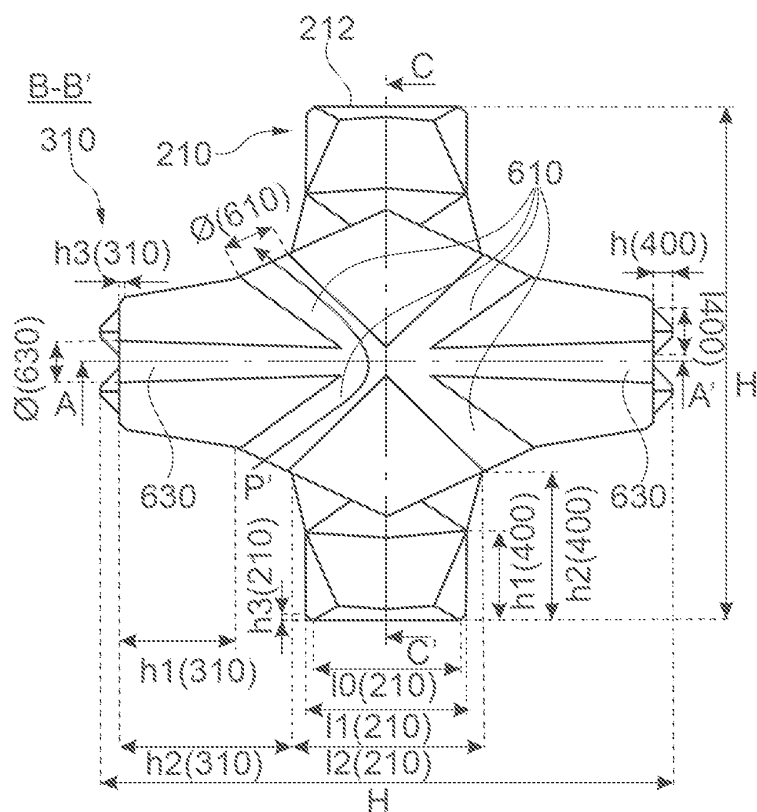


Fig. 4A

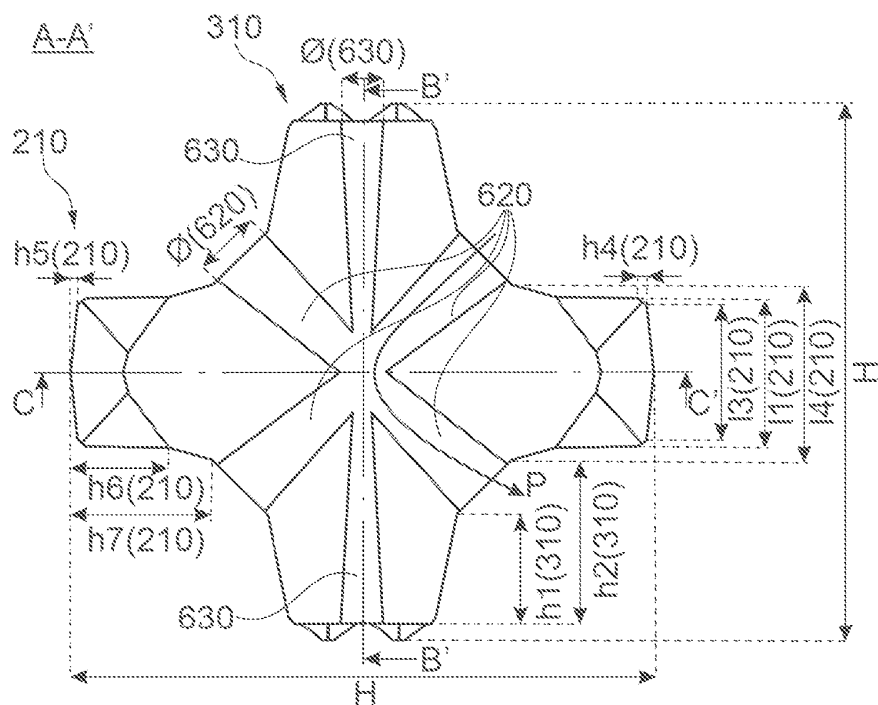


Fig. 4B

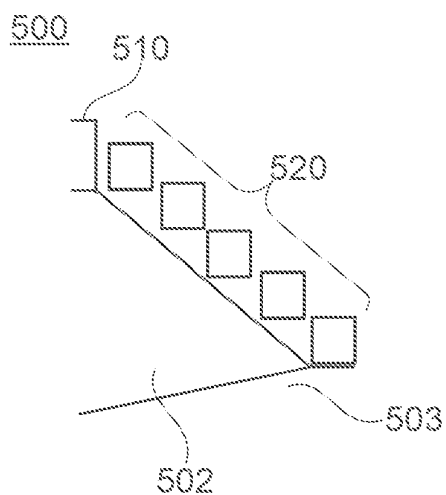


Fig. 5A1

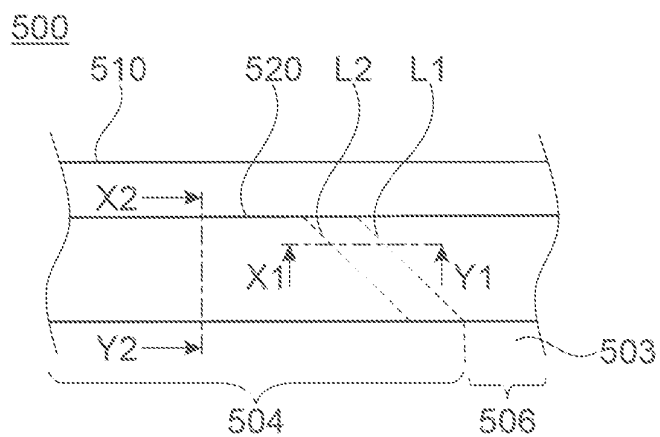


Fig. 5A2

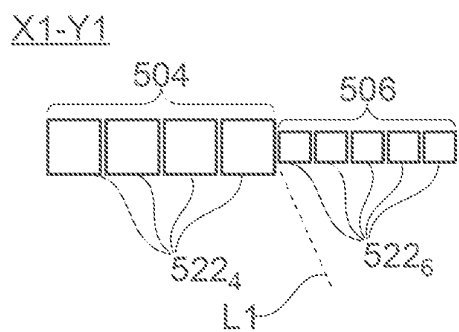


Fig. 5B1

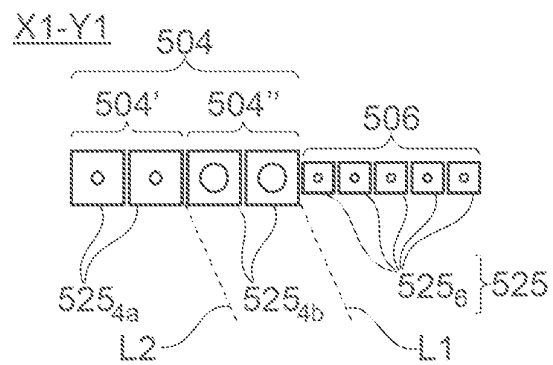


Fig. 5B2

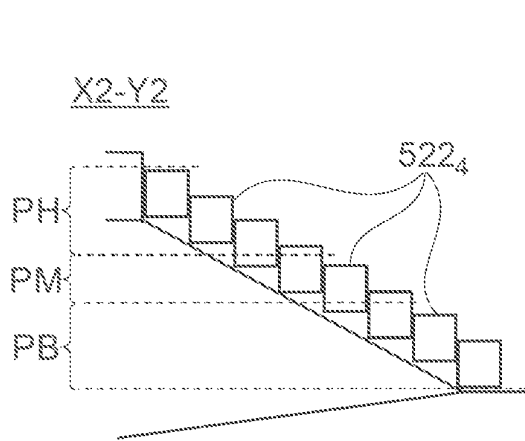


Fig. 5C1

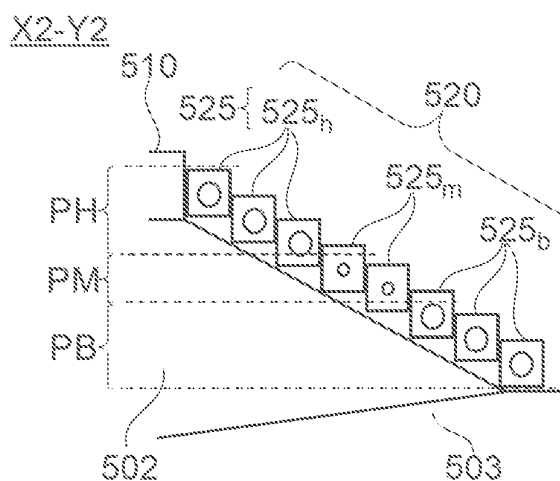


Fig. 5C2

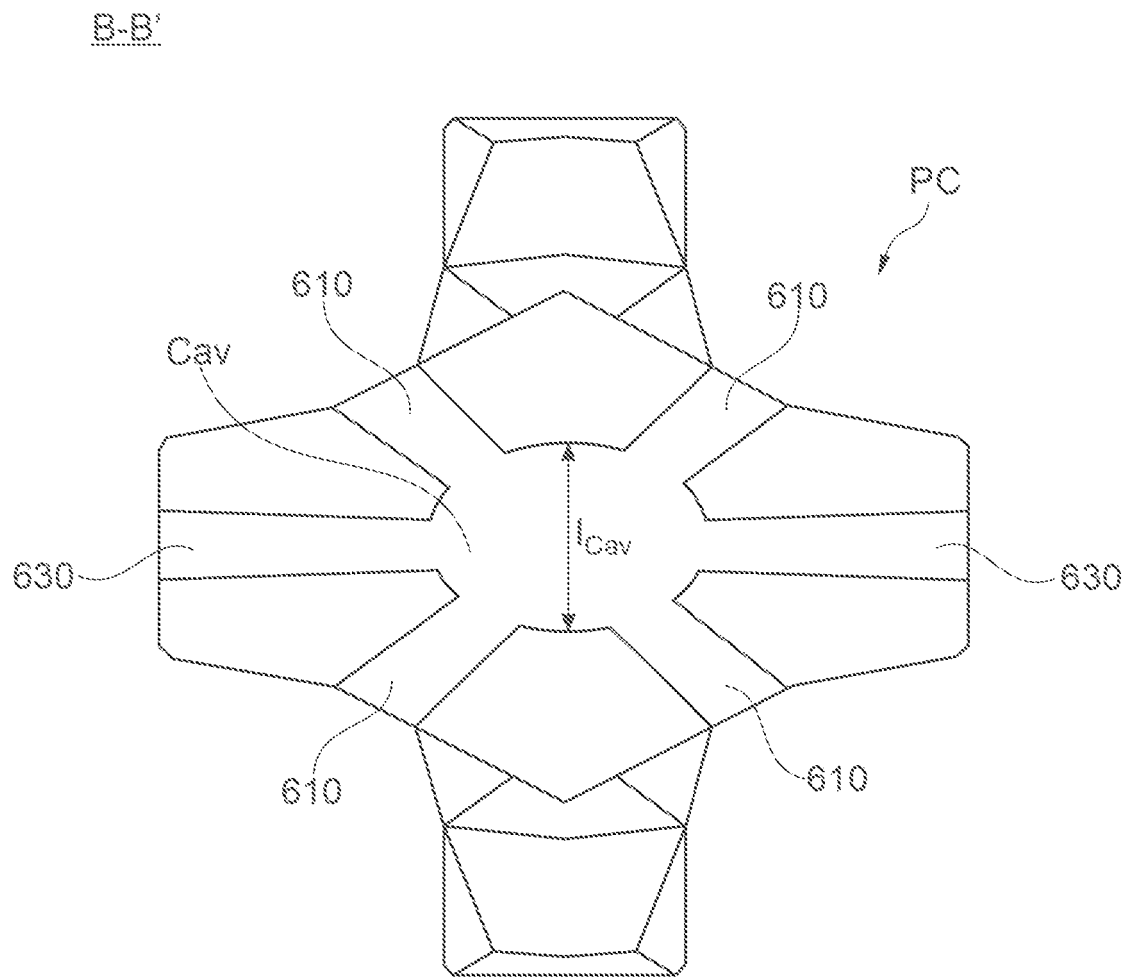


Fig. 6

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- US 2766592 A [0002] [0040]
- US 5441362 A [0002]
- FR 2791370 [0002] [0070]
- JP S58178707 B [0007]
- US 3091087 A [0009]
- US 20150050086 A [0100]