

A2

**DEMANDE
DE CERTIFICAT D'ADDITION**

⑫

N° 81 07767

Se référant : au brevet d'invention n° 79 20330 du 8 août 1979.

⑤④ Procédé de stockage calorifugé de grandes quantités d'eau chaude, et moyens pour sa mise en œuvre.

⑤① Classification internationale (Int. Cl. 3). B 65 D 90/06, 88/16; F 16 L 59/00.

②② Date de dépôt..... 17 avril 1981.

③③ ③② ③① Priorité revendiquée :

④① Date de la mise à la disposition du public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 42 du 22-10-1982.

⑦① Déposant : COSTE Jean, résidant en France.

⑦② Invention de : Jean Coste.

⑦③ Titulaire : *Idem* ⑦①

⑦④ Mandataire : Cabinet Brot, 83, rue d'Amsterdam, 75008 Paris.

Certificat(s) d'addition antérieur(s) :

-1-

La présente addition concerne des perfectionnements apportés à l'enceinte calorifugée faisant l'objet du brevet principal, en vue du stockage sur une longue durée de calories d'origine solaire ou industrielle, à une température modérée, inférieure à 60°C.

On rappelle que le procédé selon le brevet principal consiste à enfermer le volume d'eau à isoler thermiquement dans une enceinte étanche, thermiquement isolante, l'enceinte étant complètement ou partiellement immergée dans une eau sensiblement à la température ambiante.

Selon une forme de réalisation particulière décrite dans le brevet principal, ladite enceinte est constituée par une enveloppe parallélépipédique à double parois, qui contient des blocs de matière isolante, la paroi inférieure de l'enceinte étant lestée par une dalle de béton dont la masse compense la poussée d'Archimède qui s'exerce sur ladite paroi inférieure. Cependant, sur les parois verticales de l'enceinte s'exercent de fortes contraintes mécaniques non compensées dues aux poussées d'Archimède sur lesdites parois verticales.

La présente addition a pour but de remédier à cet inconvénient et, à cet effet, elle a pour objet une enceinte de stockage d'eau chaude qui se caractérise en ce qu'elle comprend, d'une part, une structure fermée thermiquement isolante, de forme cylindrique, immergée dans l'eau d'un bassin à la température ambiante et dont l'espace intérieur, entièrement rempli d'eau, est en communication avec l'eau du bassin à travers un passage de faible section situé à la base de la structure isolante, mais est isolé de l'air ambiant se trouvant au-dessus du bassin et, d'autre part, un sac étanche entièrement rempli d'eau et immergé dans l'eau intérieure à la structure isolante, un circuit thermique, relié à une source extérieure de chaleur, étant prévu pour réchauffer l'eau contenue dans le sac.

Etant donné que l'intérieur de l'enceinte est rempli d'eau et est en communication avec l'eau extérieure, les contraintes mécaniques s'exerçant sur les parois verticales de l'enceinte sont compensées. D'autre part, 5 l'eau contenue dans le sac est à l'abri de l'air et de la lumière, de sorte que la pollution biologique peut être bloquée à un niveau acceptable.

Pour permettre à ladite eau de se dilater librement, par suite des variations saisonnières de la température 10 ambiante, le sac est réalisé en une matière souple ou semi-rigide à parois non tendues, par exemple en toile enduite. Le sac n'est pas nécessairement isolant. Il en résulte que l'eau intérieure à la structure isolante est sensiblement à la même température que celle contenue 15 à l'intérieur du sac. La fuite de calories vers l'extérieur est contrôlée par le pouvoir isolant des parois de l'enceinte.

Selon l'invention, les différentes parois de la structure isolante sont réalisées avec les matériaux 20 isolants les plus appropriés pour supporter les contraintes mécaniques qui s'exercent sur elles, en fonction de leur niveau d'immersion et selon qu'elles sont ou non le siège d'un transfert de chaleur par convection.

Dans un mode de réalisation de l'invention, la 25 structure isolante comprend une paroi inférieure constituée par une cloche dans laquelle est emprisonnée une couche d'air et qui est arrimée au fond du bassin par des moyens appropriés, une paroi cylindrique épaisse en matériau isolant capable de supporter la pression 30 hydrostatique de l'eau ambiante et lestée de manière à avoir une densité moyenne égale à celle de l'eau, et une paroi supérieure en un matériau isolant à faible tenue mécanique, du type polystyrène expansé.

La cloche peut être réalisée en toute matière 35 résistante et légère appropriée, par exemple en tôle métallique mince et de préférence en une toile enduite, armée par un réseau rectangulaire de câbles métalliques

arrimés, par des points régulièrement répartis sur la surface de la cloche et au moyen de câbles en nylon, à au moins une dalle en béton reposant sur le fond du bassin et dont le poids compense la poussée d'Archimède sur la cloche.

La paroi cylindrique comprend une enveloppe étanche à double parois, réalisée en un matériau souple ou semi-rigide, l'espace entre les parois étant rempli de blocs sensiblement parallélépipédiques en isolant à cellules fermées, et résistant à la pression hydrostatique ambiante, par exemple en polyuréthane, lestés chacun avec au moins une dalle de béton ou analogue noyée dans l'isolant de façon à donner au bloc une densité moyenne voisine de celle de l'eau.

Les parois intérieure et extérieure de ladite enveloppe sont soudées à un flotteur annulaire en cloche qui maintient la partie supérieure de la paroi cylindrique au-dessus du niveau de l'eau du bassin.

Avantageusement, les blocs sont jointifs mais non soudés entre eux, et sont immergés, à l'intérieur de l'enveloppe, dans un liquide visqueux destiné à diminuer l'amplitude de la convection dans le gradient de température horizontal.

La dilatation thermique de l'eau au cours de l'année fait prévoir une variation de l'ordre de 8‰ de la poussée d'Archimède, variation à tenir par l'armature en câbles métalliques des parois extérieure et intérieure de l'enveloppe.

La cloche remplit l'espace intérieur à la paroi cylindrique, sa périphérie étant sensiblement au contact avec cette paroi. Il subsiste entre la cloche et la paroi un interstice de faible épaisseur, mettant en contact l'eau du bassin et l'eau à l'intérieur de la paroi. Ceci permet l'équilibrage des pressions hydrostatiques de part et d'autre de la paroi de l'enceinte. Les échanges thermiques (essentiellement conductifs) à travers l'interstice sont relativement peu importants, eu égard

-4-

à la grande surface horizontale de l'installation.

La paroi supérieure de l'enceinte isolante est constituée par un plancher flottant remplissant l'espace situé à l'intérieur du flotteur de la paroi cylindrique.

5 Ce plancher est formé d'un ensemble de blocs jointifs en isolant du type polystyrène expansé. La cohésion des blocs ainsi que la possibilité de dilatation thermique, sont assurées par un ou plusieurs coussins d'air comprimé disposés à la périphérie entre le plancher flottant et
10 la paroi cylindrique. La surface de chaque bloc doit être assez grande pour que le rapport de l'épaisseur des interstices à la dimension linéaire du bloc soit très faible.

Du fait que les blocs d'isolant flottent à la
15 surface de l'eau, il peut y avoir condensation de vapeur d'eau sur la paroi froide supérieure, (plancher du capteur) dans les interstices entre les blocs. Pour éviter la perte de chaleur qui peut en résulter à travers lesdits interstices, on fait flotter à la surface de l'eau un
20 liquide non miscible à l'eau et ayant une faible tension de vapeur.

Dans le cas du stockage de calories solaires, on montera un capteur d'énergie solaire sur le plancher flottant. Une circulation en circuit fermé et à débit
25 réglable pourra être établie entre le sac et le capteur, au moyen d'une pompe.

S'il s'agit de stocker des calories d'origine industrielle, on disposera à l'intérieur même du sac ou sur la cloche un échangeur thermique dans
30 lequel les calories de la source de chaleur sont cédées à l'eau du sac.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre faite en regard des dessins annexés dans lesquels :

35 La figure 1 est une vue en coupe schématique d'ensemble de l'enceinte de stockage selon un mode de réalisation préféré de l'invention ;

-5-

La figure 2 est une vue en perspective d'un bloc servant à la construction de la paroi verticale de l'enceinte ;

La figure 3 est une vue en perspective partielle
5 du mode d'arrimage de la cloche ; et

La figure 4 est une vue en plan du plancher flottant supérieur de l'enceinte.

La description qui va suivre sera faite à propos du stockage de calories d'origine solaire, mais elle est
10 valable, à quelques modifications près qui seront signalées par la suite, au cas du stockage de calories industrielles.

Avec référence à la figure 1, l'enceinte comprend d'une part, une structure isolante, creuse et fermée
15 10 de forme cylindrique, qui flotte dans un bassin d'eau 12 à la température ambiante, dont l'eau communique avec l'espace intérieur 14 de la structure et le remplit entièrement et, d'autre part, un sac 16 en matière souple ou semi-rigide rempli d'eau 18, ledit sac étant
20 immergé dans l'eau contenue dans l'espace intérieur 14.

La structure isolante 10 comprend une paroi latérale épaisse 20, que l'on supposera cylindrique dans le mode de réalisation décrit, une paroi inférieure 22 et une paroi supérieure 24 qui remplissent l'espace
25 compris entre les faces internes de la paroi cylindrique 20. La paroi cylindrique 20 est complètement immergée, excepté à sa partie supérieure. La paroi inférieure 22 est également complètement immergée, tandis que la paroi supérieure 24 flotte à la surface de l'eau de
30 l'enceinte 14.

Compte tenu des dimensions importantes de la structure isolante (son diamètre pouvant être supérieur à 150 mètres et sa hauteur de l'ordre de 10 à 20 mètres), on comprend que ses différentes parois ne supportent
35 pas les mêmes pressions. D'autre part, le gradient de température est dirigé vers le bas pour la paroi supérieure donnant lieu à une situation convective classique.

Il est horizontal dans le cas des parois verticales, ce qui se traduirait par une convection importante si la paroi verticale n'était pas isolante. Par contre, la paroi inférieure 22 n'est pas le siège d'une convection.

5 Selon l'invention, on choisit pour construire chacune des dites parois, le matériau qui présente les caractéristiques optimum compatibles avec les contraintes de pression et thermiques auxquelles la paroi est soumise.

Ainsi, la paroi inférieure qui est le siège d'un
10 transfert de chaleur uniquement par conduction et qui subit une pression hydraulique importante est constituée par une couche d'air 26 emprisonnée à l'intérieur d'une cloche 28. Celle-ci peut être réalisée en toile enduite
15 30 (figure 3), armée d'un réseau rectangulaire ou carré de câbles métalliques 32 permettant de répartir la poussée d'Archimède globale en poussées locales beaucoup plus faibles sur chaque élément de toile enduite limité par une maille du réseau. La cloche présente un fond 34
20 sensiblement plat et horizontal et une jupe 36 verticale descendant avec un faible jeu le long de la face interne de la paroi cylindrique 20. Les points de croisement des câbles métalliques sont arrimés par des câbles en nylon 38 à une dalle en béton 40 posée sur le fond du bassin et dont le poids compense la poussée d'Archimède
25 s'exerçant sur la cloche.

La paroi cylindrique 20 est le siège d'un transfert par convection et de pressions hydrauliques importantes. Elle devra donc être réalisée en un isolant à bonne tenue mécanique. Dans le mode de réalisation de la
30 figure 1, la paroi cylindrique 20 est constituée d'une enveloppe étanche à double parois 42, 43, réalisée par exemple en toile enduite armée d'un réseau rectangulaire de câbles métalliques destinés à soutenir le poids des parois. Celles-ci sont en effet en flottabilité négative,
35 et leur poids effectif augmente au cours de l'année lorsque la température de l'eau ambiante croît (diminution de la poussée d'Archimède). Les parois interne et

externe 42, 43 de l'enveloppe sont soudées à un flotteur annulaire en cloche 44, et sont reliées à leur extrémité inférieure par une plaque annulaire rigide isolante 46. Le volume annulaire formé entre les parois 42, 43, et la plaque 46 est rempli de blocs parallélépipédiques 48 en isolant à cellules fermées, du type polyuréthane, résistant à une pression de 2 bars, et lestés, tandis que l'intérieur du flotteur est rempli de blocs d'isolant léger 50.

10 Comme le montre la figure 2, le lestage est constitué par deux dalles en béton 52 noyées dans le polyuréthane, de manière à lui donner une densité moyenne voisine de celle de l'eau.

15 Les blocs 48 sont jointifs et non soudés et sont immergés à l'intérieur de l'enveloppe dans un liquide visqueux destiné à diminuer l'amplitude de la convection dans le gradient de température horizontal.

20 Le flotteur 44 est réalisé en tôle et présente sur ses parois verticales externe et interne des interruptions de paroi occupées par des anneaux 54, 56 thermiquement isolants destinés à s'opposer à une fuite excessive de calories par convection le long de la paroi cylindrique.

25 Comme on l'a déjà précisé, la jupe 36 s'adapte avec un faible jeu sur la paroi interne 42 de l'enveloppe. A travers l'intervalle formé entre la jupe 36 et la paroi 42, l'eau ambiante 12 du bassin s'infiltré à l'intérieur de la structure isolante 10, de sorte qu'il s'établit un équilibre des pressions hydrostatiques sur 30 les parois de la structure. Cependant, du fait que le gradient de température est dirigé vers le haut et que l'interstice est très étroit comparé à la surface de la cloche 28, on peut considérer que les fuites de chaleur à travers cet intervalle sont négligeables.

35 Au niveau de la paroi supérieure 24 il y a convection, mais la pression supportée est faible (poids du capteur solaire éventuel). Cette paroi pourra donc

être réalisée à l'aide de blocs d'isolant à cellules fermées 60 (figures 1 et 4), à faible tenue mécanique, du type polystyrène expansé. Les blocs sont jointifs et forment un plancher flottant remplissant l'espace
5 intérieur au flotteur 44. Des coussins d'air comprimé 62 répartis à la périphérie entre le plancher flottant et la paroi cylindrique 20, maintiennent la cohésion des blocs, en même temps qu'ils permettent la dilatation thermique de ces derniers.

10 De faibles interstices 64 subsistent entre les blocs 60, mais, compte tenu de leur petitesse vis-à-vis de la surface des blocs, on peut rendre les pertes thermiques au niveau des interstices assez faibles. D'autre part, on fait flotter à la surface de l'eau
15 14 contenue dans la structure un liquide 66, non miscible avec l'eau et à faible tension de vapeur afin d'éviter le transport de calories par condensation de la vapeur d'eau sur la paroi froide supérieure.

Sur le plancher non immergé 24 repose une batterie
20 de capteurs d'énergie solaire 68. Les capteurs pourront comporter notamment une première plaque métallique posée sur le plancher et une seconde plaque métallique noircie disposée au-dessus d'elle. Une pompe, non représentée, établit une circulation de l'eau chaude 18 entre le
25 sac et le capteur 68, le long d'un circuit fermé comprenant le passage défini entre lesdites plaques. L'eau 18 se réchauffe progressivement au contact de la plaque noircie.

Le sac a pour rôle de protéger l'eau 18 contre la
30 pollution biologique. Il est réalisé en une matière souple ou semi-rigide, étanche à l'eau et à la lumière, par exemple en toile enduite, aux parois non tendues. Bien entendu, les canalisations qui sont reliées au circuit thermique extérieur se raccordent au sac avec étanchéité.

35 Dans le cas du stockage de calories d'origine industrielle, la structure isolante 10 pourrait être complètement immergée. Un échangeur thermique traversé

par un fluide caloporteur sera monté à l'intérieur du sac ou même à l'extérieur, par exemple posé sur la cloche. Le sac n'étant pas thermiquement isolant, il s'établit un équilibre thermique entre l'eau 14
5 extérieure au sac et l'eau 18 contenue dans le sac. C'est donc tout le volume d'eau contenu à l'intérieur de la structure isolante qui est isolé thermiquement et qui stocke les calories. Dans le cas du stockage de calories solaires, c'est seulement l'eau 18 qui est mise en
10 circulation, car du fait qu'elle est biologiquement stable elle ne risque pas d'encrasser la pompe et les canalisations.

REVENDEICATIONS

1.- Enceinte selon l'une des revendications 2 et 3 du brevet principal, caractérisée en ce qu'elle comprend, d'une part, une structure fermée 10 thermiquement isolante, de forme cylindrique, immergée dans l'eau 12 d'un bassin à la température ambiante et dont l'espace intérieur, entièrement rempli d'eau 14, est en communication avec l'eau du bassin à travers un passage 58 de faible section situé à la base de la structure isolante, mais est isolé de l'air ambiant se trouvant au-dessus du bassin et, d'autre part, un sac étanche 16 entièrement rempli d'eau 18 et immergé dans l'eau 14 intérieure à la structure isolante, un circuit thermique, relié à une source extérieure de chaleur, étant prévu pour réchauffer l'eau contenue dans le sac.

2.- Enceinte selon la revendication 1, caractérisée en ce que le sac 16 est réalisé en une matière souple ou semi-rigide à parois non tendues, par exemple en toile enduite.

3.- Enceinte selon la revendication 1, caractérisée en ce que les différentes parois de la structure isolante sont réalisées avec les matériaux isolants les plus appropriés pour supporter les contraintes mécaniques qui s'exercent sur elles, en fonction de leur niveau d'immersion et selon qu'elles sont ou non le siège d'un transfert de chaleur par convection.

4.- Enceinte selon la revendication 3, caractérisée en ce que la structure isolante comprend une paroi inférieure constituée par une cloche 28 dans laquelle est emprisonnée une couche d'air 26 et qui est arrimée au fond du bassin par des moyens appropriés 38, une paroi cylindrique épaisse 20 en matériau isolant capable de supporter la pression hydrostatique de l'eau ambiante et lesté de manière à avoir une densité moyenne égale à celle de l'eau, et une paroi supérieure 24 en un matériau isolant à faible tenue mécanique, du type polystyrène expansé.

-11-

5.- Enceinte selon la revendication 4, caractérisée en ce que la cloche 28 est réalisée en toute matière résistante et légère appropriée, par exemple en tôle métallique mince et de préférence en une toile enduite
5 30, armée par un réseau rectangulaire de câbles métalliques 32 arrimés, par des points régulièrement répartis sur la surface de la cloche et au moyen de câbles en nylon 38, à au moins une dalle en béton 40 reposant sur le fond du bassin et dont le poids compense
10 la poussée d'Archimède sur la cloche.

6.- Enceinte selon la revendication 4, caractérisée en ce que la paroi cylindrique comprend une enveloppe étanche à double parois 42, 43, réalisée en un matériau souple ou semi-rigide, l'espace entre les parois étant
15 rempli de blocs 48 sensiblement parallélépipédiques en isolant à cellules fermées et résistant à la pression hydrostatique ambiante, par exemple en polyuréthane, lestés chacun avec au moins une dalle de béton 52 ou analogue noyée dans l'isolant de façon à donner au bloc
20 une densité moyenne voisine de celle de l'eau.

7.- Enceinte selon la revendication 6, caractérisée en ce que les parois intérieure 42 et extérieure 43 de ladite enveloppe sont soudées à un flotteur annulaire 44 en cloche qui maintient la partie supérieure de la paroi
25 cylindrique au-dessus du niveau de l'eau du bassin.

8.- Enceinte selon la revendication 7, caractérisée en ce que le flotteur 44 est réalisé en tôle et présente sur ses parois verticales externe et interne des interruptions de paroi occupées par des anneaux 54, 56
30 thermiquement isolants destinés à s'opposer à toute fuite de calories par convection le long de la paroi cylindrique.

9.- Enceinte selon la revendication 6, caractérisée en ce que les blocs 48 sont jointifs mais non soudés
35 entre eux, et sont immergés, à l'intérieur de l'enveloppe dans un liquide visqueux destiné à diminuer l'amplitude de la convection dans le gradient de température horizontal.

-12-

10.- Enceinte selon l'une des revendications 5 et 6, caractérisée en ce que la cloche 28 remplit l'espace intérieur à la paroi cylindrique 20, sa périphérie étant sensiblement au contact de cette paroi.

5 11.- Enceinte selon la revendication 4, caractérisée en ce que la paroi supérieure 24 de l'enceinte isolante est constituée par un plancher flottant remplissant l'espace situé à l'intérieur du flotteur de la paroi cylindrique.

10 12.- Enceinte selon la revendication 11, caractérisée en ce que ledit plancher est formé d'un ensemble de blocs jointifs 60 en isolant à cellules fermées du type polystyrène expansé, la cohésion des blocs ainsi que la possibilité de dilatation thermique étant assurées par
15 un ou plusieurs coussins d'air comprimé 62 disposés à la périphérie entre le plancher flottant et la paroi cylindrique, la surface des blocs étant assez grande pour que le rapport de l'épaisseur des interstices à la dimension linéaire des blocs soit très faible.

20 13.- Enceinte selon l'une des revendications 11 et 12, caractérisée en ce que pour éviter les pertes de chaleur sur la paroi froide des blocs 60 à travers les interstices 64, on fait flotter à la surface de l'eau un liquide 66 non miscible à l'eau et ayant une faible
25 tension de vapeur.

14.- Enceinte selon l'une des revendications précédentes, appliquée au cas du stockage de calories solaires, caractérisée en ce qu'un capteur d'énergie solaire 68 est monté sur ledit plancher flottant 24, et
30 en ce qu'une circulation en circuit fermé et à débit réglable est établie entre le sac 15 et le capteur 68, au moyen d'une pompe.

15.- Enceinte selon l'une des revendications 1 à 13, appliquée au cas du stockage de calories industrielles, caractérisée en ce qu'un échangeur thermique,
35 relié avec un circuit thermique extérieur, est monté à l'intérieur du sac 15 ou à l'extérieur, sur la cloche 28.

