

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

(11) N° de publication :
(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

2 534 293

(21) N° d'enregistrement national : **82 16885**

(51) Int Cl³ : E 02 D 29/06; C 02 F 1/04; F 03 G 7/04.

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

- (22) Date de dépôt : 8 octobre 1982.

(30) Priorité

(43) Date de la mise à disposition du public de la demande : BOPI « Brevets » n° 15 du 13 avril 1984.

(60) Références à d'autres documents nationaux appartenés :

(71) Demandeur(s) : ALEXANDROFF Jeanne-Marie, née DE BUCHERE, ALEXANDROFF Georges et LIEBARD Alain.
— FR.

(72) Inventeur(s) : Jeanne-Marie Alexandroff, née De Buchere, Georges Alexandroff et Alain Liebard.

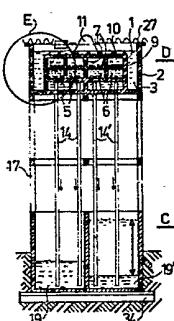
(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire(s) : Alain Liebard.

- 54 Perfectionnements aux installations de dessalement d'eau avec ou sans production conjointe d'énergie électrique à partir de sources d'eau chaude et froide présentant un faible ΔT mises en œuvre dans un cycle ouvert à pression subatmosphérique.

- 57**) L'invention se rapporte à des perfectionnements concernant le domaine des machines fonctionnant à pression subatmosphérique et destinées à produire du dessalement d'eau avec ou sans énergie électrique et/ou mécanique à partir de deux sources d'eau généralement saumâtres à des températures inférieures à 100 °C et présentant un faible ΔT entre elles.

L'invention concerne plus particulièrement des modes de réalisations en béton armé desdites machines. L'invention assure l'étanchéité absolue à l'air d'une enceinte multicellulaire 1 abritant le bouilleur 5 et le condenseur 6 par immersion dans de l'eau 3 à pression atmosphérique contenue dans un réservoir 2 supporté par une charpente 17, le tout reposant sur des bacs d'alimentation 18 et 19 fondés sur une semelle 34. L'ensemble est un château d'eau autoprodcteur de dessalement d'eau avec ou sans production conjointe d'énergie électrique et/ou mécanique.



ER 2 534 293 - A1

La présente invention concerne des perfectionnements aux installations de production d'énergie électrique et de dessalement à partir de sources chaude et froide saumâtres présentant un faible ΔT , mises en oeuvre dans un cycle ouvert.

On connaît à ce jour les procédés et matériels de dessallement utilisant l'évaporation "flash". On connaît également le procédé de production conjointe d'électricité et d'eau douce par cycle ouvert basse pression, utilisant des sources de chaleur à faible ΔT naturel ou artificiel. Par ailleurs il a été proposé d'abaisser le coût des enceintes volumineuses nécessaires dans ces procédés en les réalisant en béton armé (par exemple brevet français N° 981254 au nom du CNRS).

Les inventeurs eux-mêmes ont proposé (demande de brevet français N° 81 20506) des moyens destinés à assurer la circulation des fluides et à réaliser de façon économique les rotors et les enceintes nécessaires à ces installations.

Il est admis que des baisses de coût considérables sont nécessaires pour assurer la diffusion de ces types de matériels, mais sans compromettre pour autant leur fiabilité. Par exemple, les modes de réalisation en béton armé proposés à ce jour ne permettaient certainement pas d'assurer dans le temps une étanchéité à l'air sous pression du fait des fissures et capillaires du béton et du vieillissement des enduits.

D'autre part dans l'installation CNRS dont il est fait mention précédemment, il est fait appel à des pompes sur les canalisations d'arrivée et de départ de l'eau, sources d'infiltration d'air selon nous, au niveau des brides, des arbres et des commandes.

D'une façon générale, la plupart des installations proposées font appel à des enceintes à simple ou double courbure (cylindres tores, sphéroïdes) justifiées dans le cas de la réalisation en métal mais inadaptées à la construction courante en béton armé du fait du coût élevé de leurs coffrages et ferraillages. Plus généralement, ces formes entraînent un rapport trop élevé de volume clos sous vide par surface de plateaux d'évaporation et de condensation.

Enfin, aucun procédé satisfaisant n'a été proposé permettant de fabriquer des disques-turbine adaptés aux très basses pressions, légers et peu coûteux tout en demeurant résistants aux

grandes vitesses de rotation. Or, dans les types d'installations précités, vouées à des programmes où les contraintes de rentabilité sont drastiques, le coût des turbines conventionnelles pèse trop à lui seul sur le coût global tolérable.

5 La présente invention est relative à des moyens destinés à perfectionner les installations du type précité en corrigeant les défauts ci-dessus énumérés ; elle concernerait la mise en oeuvre d'unités fiables accessibles aux entreprises de béton et de travaux publics.

10 Suivant une caractéristique de l'invention, l'enceinte ou les enceintes réalisées en béton armé et contenant les plateaux d'évaporation et de condensation à simple ou multiples étages est/sont isolées de l'air extérieur par de l'eau à pression atmosphérique. Cette disposition très favorable à la conservation 15 des bétons et enduits, est partiellement réalisée dans les installations flottantes [énergie des mers par exemple] ; mais à ce jour les installations terrestres sous vide n'utilisent pas de protection liquide générale, qui par ailleurs a fait ses preuves dans d'autres applications et à des pressions différentes [joints hydrauliques pressurisés] ; ils se contentent d'enduits, vernis, peinture, destinés à boucher les pores et microfissures du béton, particulièrement insuffisants face à de l'air sous pression. Dans le cas de la protection par eau, l'inévitable percolation 20 d'eau à travers les pores des enduits et du béton ne met pas en cause le niveau de vide dans les enceintes et l'apport d'eau demeure négligeable par rapport aux débits importants circulant dans ces installations.

25 Suivant l'invention, les enceintes à basse pression intérieure sont immergées au maximum, ou de préférence, en totalité, dans des réservoirs épousant plus ou moins étroitement leurs formes. Les dits réservoirs peuvent servir de chateau d'eau ou de réserve pour l'eau produite par l' installation.

30 Suivant une autre caractéristique de l'invention on donne de préférence aux enceintes à basse pression un volume aplati, 35 orthogonal et parallélépipédique, facile à réaliser en béton, et se prêtant à toutes sortes de rationalisations de chantier, telles que l'emploi de dalles préfabriquées formant coffrage perdu. La résistance à l'écrasement de ces caissons plats est obtenue par des murs ou cloisons verticales formant poutres

intérieures et divisant les portées de telle sorte que les efforts de flexion restent faibles. L'ensemble aurait la forme d'un plancher à caisson multicellulaire ; on pourrait bien entendu donner des profils permettant d'encaisser les efforts tranchants, tels que pans coupés, voutains, usuels dans la construction des radiers de fondation. Le caisson reposerait simplement sur des cales ou lambourdes disposés au fond du réservoir où il est immergé, ce qui laisserait libre le jeu des dilatations. Suivant ce mode de réalisation conforme à l'invention, on obtiendrait un rapport favorable de $0,5 \text{ m}^3$ par m^2 de surface utile, et les cloisons verticales permettraient de canaliser la vapeur et l'eau pour éviter les turbulences.

Suivant une autre caractéristique de l'invention, afin d'éviter l'interposition de pompes sur les canalisations d'arrivée et de départ d'eau, nuisibles à l'étanchéité à l'air extérieur, on organise la circulation dans l'enceinte ou les enceintes sous vide par simple effet de vases communicants entre des bacs inférieurs maintenus artificiellement à hauteurs variables différentes en fonction des conditions de fonctionnement optima (variable selon la pression atmosphérique et dans l'objectif de consommer une énergie minima de pompage) et les plateaux d'évaporation et de condensation situés en moyenne entre 7 et 10,50 m au-dessus du niveau des bacs inférieurs. Dans ce cas, les canalisations montantes et descendantes plongent simplement leurs extrémités dans l'eau des bacs, et l'on peut ainsi multiplier des canalisations de petit diamètre, chacune par exemple desservant une aéole du caisson. Cette disposition permet de régulariser les débits par l'action de clapets obturateurs en partie basse des colonnes montantes ; cette disposition assure par ailleurs des simplifications de construction, elle affaiblit moins la structure supérieure que les fortes sections de tuyau, elle permet l'utilisation de tubes industriels de diamètre courant, notamment des tubes PVC renforcés ou similaires, totalement imperméables et incorrodables.

Selon une autre caractéristique de l'invention, dans le cas où l'installation est destinée à la production d'énergie électrique et nécessite la mise en œuvre d'une turbo-machine, le rotor réalisé de façon conventionnelle par des ailettes assemblées sur un disque serait lourd et coûteux ; on propose suivant l'in-

vention de réaliser un type de disque-turbine simplifié adapté aux faibles pressions et températures mises en jeu. Suivant l'invention, on propose de réaliser le rotor en accolant deux disques métalliques dont les ailettes seraient venues de fabrication par 5 découpe et formage dans une tôle plane ; vrillées aux angles d'incidence désirables, ces ailettes s'encastrent au moyen d'encoches et produiraient par leur alternance un profil se rapprochant étroitement du profil idéal des ailettes préfabriquées [fraisage, alésage, micro-fusion] des turbines courantes.

10 L'ensemble des disques soudés l'un à l'autre pourrait être rigidifié par estampage. Des disques de ce type seraient plus légers que les disques habituels, ce qui permettrait l'utilisation de paliers en téflon auto-lubrifiés, supprimant la nécessité des roulements à billes.

15 Une des applications préférentielles de l'invention concer-nerait la réalisation d'une unité compacte comportant une sta-tion de pompage intégrée, un ensemble de bacs formant fondations, un château d'eau situé à une hauteur de 10 m environ au-dessus de ces bacs, porté par des voiles ou une ossature, et contenant 20 un caisson immergé abritant les organes de condensation et éva-poration et associé à une turbo-machine ; l'ensemble étant auto-nome énergétiquement et fournissant de l'eau douce à partir d'un ensemble de bassins solaires d'eau salée réalisant la source chaude et la source froide.

25 L'invention et la mise en œuvre apparaîtront plus claire-ment à l'aide de la description détaillée qui va suivre faite en référence aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 montre une coupe verticale selon AA d'un mode de réalisation d'une machine conforme à l'invention ;
- 30 - la figure 2 montre une coupe verticale selon BB d'un mode de réalisation d'une machine conforme à l'invention ;
- la figure 3 montre une vue en plan selon CC ;
- la figure 4 montre une vue en plan selon DD ;
- la figure 5 montre un détail à grande échelle d'un mode de 35 réalisation conforme à l'invention selon E ;
- la figure 6 montre un exemple d'un mode de réalisation d'un rotor de turbine adapté aux basses températures et basses pressions conçu selon l'invention.

Comme on le voit particulièrement aux figures 1 et 2 l'en-

ceinte générale 1 est réalisée en béton armé et contient les cellules évaporateur 5 et condenseur 6 elles-mêmes réalisées en sub-divisant le volume général 1 par des refends et cloisons intérieures 7 en béton armé.

5 Selon une des caractéristiques principales de l'invention, l'enceinte générale 1, à l'intérieur de laquelle règne des pressions sub-atmosphériques réalisées en V_1 et V_2 , est isolée de l'air extérieur par de l'eau 3 à pression atmosphérique contenue dans au moins un réservoir 2.

10 Chaque cellule évaporateur ou condenseur enclot elle-même un volume 8 de dégazage, un plateau médian 9 de support des pipes 27 d'admission et de répartition des eaux, un volume 10 de production de vapeur. Sur le trajet de la vapeur depuis sa production au bouilleur 5 vers le condenseur 6 peut être interposée une 15 turbo-machine 11. Le bouilleur 5 et le condenseur 6 sont respectivement alimentés en eau chaude et froide par la famille de tuyauteries 13, 13'... L'alimentation en eau 3 du bac supérieur 2, et servant à l'étanchéité à l'air de l'enceinte multicellulaire 1, se fait par la tuyauterie 15 et un niveau minima 12 est 20 respecté en fonctionnement de manière à ce que la plus grande partie de l'enceinte 1 soit immergée.

Un réservoir additionnel 16 peut constituer une réserve d'eau douce supplémentaire et augmenter le volume du château d'eau. L'ensemble de ces réservoirs 1, 2, 16 est supporté par 25 une charpente béton ou métallique 17 et situé en ce qui concerne l'enceinte sous vide 1 entre 7,5 et 10 m du sol de manière à faire "cloche barométrique" grâce aux familles de tuyauteries 13 et 14 trempant dans les bacs inférieurs 18 et 19 situés sensiblement au niveau du sol.

30 Les bacs inférieurs peuvent être au nombre de cinq. L'alimentation en eau chaude se fait grâce à la pompe 21 qui permet de choisir le niveau d'eau optima 22 dans le bac 18 en fonction des conditions de débit désirées et de la pression atmosphérique du moment. La sortie d'eau chaude refroidie se fait par le bac 35 19 ; le niveau de ce bac devant permettre l'extraction naturelle de l'eau est donc choisi de façon à obtenir un niveau correct en 23. Le phénomène est identique du côté froid grâce à la pompe 24, aux bacs 18' et 19'. Toutefois, afin de ne pas polluer l'eau douce obtenue après condensation de la vapeur, un échan-

geur 25 peut être adjoint sur le circuit froid et immergé dans un bac 20 dans lequel circule l'eau froide saumâtre grâce à la pompe 26.

Un détail de réalisation de l'enceinte multicellulaire 1 immergée dans l'eau 3 contenue dans un réservoir 2 est représenté figure 5. Après la mise en oeuvre de prédalles 28 formant coffrage perdu sur des cales ou lambourdes béton armé 29, une étanchéité 30 bitumineuse, plastique, silicone ou autre est mise en oeuvre. Le caisson multicellulaire 1 est alors réalisé à l'aide de coffrages verticaux pour les refends 7 et les parois extérieures. Les plateaux intermédiaires 9 comportant en scellement les pipes d'admission 27 sont alors posés et correctement rejointoyés. Des prédalles supérieures 31 sont placées de façon à pouvoir couler la face supérieure de l'enceinte 1. Des joints de dilatation 32 sont ménagés. L'étanchéité 30 est alors reprise de façon à enrober la totalité de l'extérieur du caisson 1. Lorsque la pression subatmosphérique règnera dans le caisson, l'étanchéité 30 se plaquera et même pénétrera les pores du béton de façon à obstruer quasi totalement les micro-fuites. L'immersion annule complètement la perméabilité à l'air et est très favorable au vieillissement du béton et des enduits d'étanchéité.

Une toiture générale 33 par exemple en amiante ciment peut être posée de façon à protéger l'eau 3 et l'ensemble du château d'eau autoproducteur, des salissures et des agents atmosphériques en général.

A titre explicatif et non limitativement, une réalisation de 10 Kw de puissance électrique installée produit également 20 T/jour d'eau dessalée. L'enceinte multicellulaire 1 a des dimensions extérieures de 4.00 x 4.00 x 1.00 et est immergée dans l'eau 3 contenue dans le réservoir 2 dont les dimensions sont de 5.00 x 5.00 x 2.00 m. L'ensemble est placé sur une charpente béton 17 à une hauteur de 8 à 10 m du sol. Les bacs 18, 19, 20 au sol ont des dimensions extérieures également de 5.00 x 5.00, servent de fondation à l'ensemble et s'appuient sur une semelle générale 34. Les plateaux d'évaporation 5 et de condensation 6 ont des surfaces de 8 m² chaque, le rotor de la turbine 11 un diamètre de 0.60 m.

L'ensemble ainsi réalisé forme un château d'eau autoproducteur d'eau douce avec ou sans production conjointe d'électricité.

L'adaptation des puissances est aisée par simple augmentation des surfaces et des débits mis en oeuvre, et la gamme de puissance préférentiellement visée est de 10 à 200 Kw.

Différents dispositifs peuvent être retenus en vue d'améliorer l'étanchéité du caisson multicellulaire 1. D'abord au coulage du béton une âme métallique générale peut y être insérée dans l'épaisseur même du banché. Elle servirait d'armature principale et d'étanchéité. On peut également mettre des additifs dans l'eau 3 dans le cas où celle-ci ne serait pas potable, tels cendres, pouzzolane ou tout solvant chimique tendant à colmater les pores du béton. Dans le même objectif une feuille plastique générale soudée et collée sur les parois de béton peut envelopper le caisson 1 et tendrait à se plaquer lorsque la dépression y est réalisée.

Toujours selon l'invention, le rotor de la turbine 11 peut être réalisé à partir d'un mode nouveau particulièrement adapté aux conditions de basses températures et basses pressions. Le dit rotor est obtenu par assemblage de deux disques métalliques résistants 34 et 35 par exemple en acier inoxydable fournissant par découpe chacun la moitié des aubages 36 du rotor. Les aubages 36 sont obtenus par découpe 37 et une encoche 38 est ménagée au pied de chaque ailette 36 en vue de l'emboîtement des deux disques. Ce pied 39 de l'aubage 36, après découpe de l'encoche 37, a par exemple une demie largeur du dit aubage et est axé sur celui-ci. Une torsion est alors réalisée sur chaque pied 39 d'aillettes 36, puis le corps même de l'aillette 36 est formé par matriçage. Les bords 40 des aubages 36 sont usinés, arrondis aux bord d'attaque et laminaires aux bords de fuites. Les deux disques 34 et 35 sont alors estampés puis assemblés entre eux par tous moyens connus. Le disque rotor obtenu est alors léger, résistant et d'un mode de fabrication beaucoup moins onéreux que fabriqué par les procédés habituels.

REVENDICATIONS

1. Mode de réalisation d'une machine, composée d'enceintes en béton armé 1, maintenues à pression subatmosphérique, dans lesquelles circulent des sources d'eau chaude et froide présentant un faible ΔT naturel ou artificiel, destinée à produire du dessalement d'eau avec ou sans production conjointe d'électricité, et caractérisé en ce que les enceintes béton 1 sont réalisées sous forme de caissons multicellulaires 5 et 6 sensiblement orthogonaux, immersés partiellement ou totalement dans un volume d'eau 3 à pression atmosphérique contenu dans un réservoir en béton 2, lui-même sensiblement orthogonal .

2. Dispositif selon la revendication 1 caractérisé en ce que la résistance à l'écrasement dû à la pression atmosphérique s'exerçant sur les parois extérieures des caissons en béton armé 1 est obtenue par la mise en oeuvre de poteaux, refends et cloisons intérieures en béton armé 7 plans ou courbes, les dits cloisons, refends et poteaux servant également à canaliser les fluides qu'ils soient en phase liquide ou en phase vapeur, et servant également à empêcher les turbulences, et l'ensemble formant ainsi un caisson multicellulaire résistant 1.

20 3. Dispositif selon la revendication 1 ou 2 caractérisé en ce que le volume général du caisson multicellulaire 1 est sensiblement parallèpipédique aplati dans le sens horizontal, et que le rapport de surface horizontale des plateaux bouilleur et condenseur 9 au volume enclos, est sensiblement de $0,5 \text{ m}^3$ pour 1 m^3 , les dits plateaux étant réalisés dans un même plan horizontal et l'ensemble étant enclos par deux dalles horizontales béton armé, et par des cloisons extérieures et refends intérieurs 7 sensiblement parallèles et verticaux et espacés d'environ 1,00 m.

4. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes caractérisé en ce que les étanchéités à l'air et à l'eau du caisson multicellulaire béton armé 1 est amélioré par enduction extérieure d'un produit 30 du type bitumineux, silicone ou enduit plastique sur le béton lui-même, le dit béton étant soumis à une dépression intérieure, ou encore par la mise en oeuvre d'une âme métallique continue, au moment du coulage du béton, à l'intérieur même des parois et servant d'armatures et assurant l'étanchéité.

5. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes caractérisé en ce que les étanchéités à l'air et à l'eau

du caisson multicellulaire 1 en dépression dans l'eau 3 à pression atmosphérique, sont améliorées par ajout dans la dite eau de particules très fines en suspension telles pouzzolane, cendres ; les dites particules colmatent progressivement et avantageusement les pores ouverts du béton ou les micro-fissures.

6. Mode de réalisation d'une machine selon l'une quelconque des revendications précédentes caractérisé en ce que l'étanchéité du caisson multicellulaire 1 est améliorée par la mise en oeuvre de feuilles plastique collées entre elles et sur le béton, et aspirées et plaquées contre le dit béton grâce à la dépression interne.

7. Machine selon l'une quelconque des revendications de 1 à 6 caractérisée en ce que le caisson multicellulaire maintenu à pression subatmosphérique est destiné à réaliser des installations de dessalement par évaporation "flash" d'eau salée avec ou sans production conjointe d'électricité.

8. Mode de réalisation d'une machine selon l'une quelconque des revendications de 1 à 7 caractérisé en ce que le réservoir extérieur 2 contenant l'eau d'étanchéité 3 de l'enceinte multicellulaire 1 en dépression sert également de chateau d'eau, et l'eau 3 contenue est douce et consommable et produite par dessallement dans la dite enceinte 1 cellulaire.

9. Machine selon l'une quelconque des revendications précédentes caractérisée en ce que les bacs 18 et 19 au sol permettant l'alimentation et le retour des eaux, forment socle et fondation 34 d'une structure 17 portant le chateau d'eau 2, et sont d'une surface projetée au sol sensiblement égale à celle du dit chateau d'eau contenant lui-même le caisson multicellulaire immergé 1 et le tout formant un ensemble cloisonné, rigide, résistant et compact.

10. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 9 caractérisé en ce que chaque sous enceinte 5 et 6 obtenue par division du caisson multicellulaire 1 dispose de ses propres canalisations montantes et descendantes 13 et 14, l'alimentation globale et le retour global des eaux chaudes et froides étant ainsi réalisés par une pluralité de tuyauteries de faible section, les dites familles de canalisations 13 et 14 pouvant être réalisées en matière plastique courante.

11. Mode de réalisation d'une machine selon la revendication

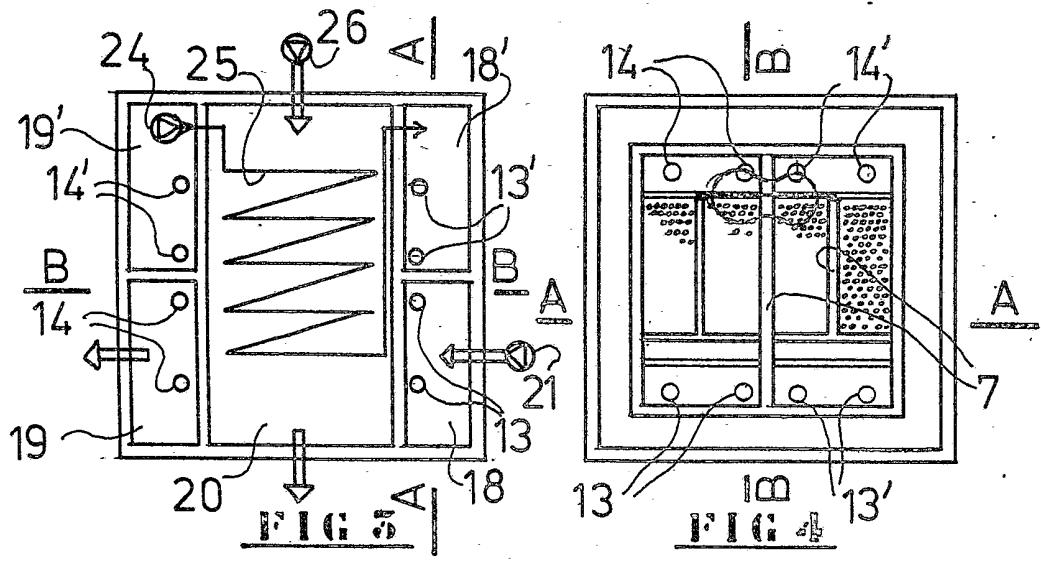
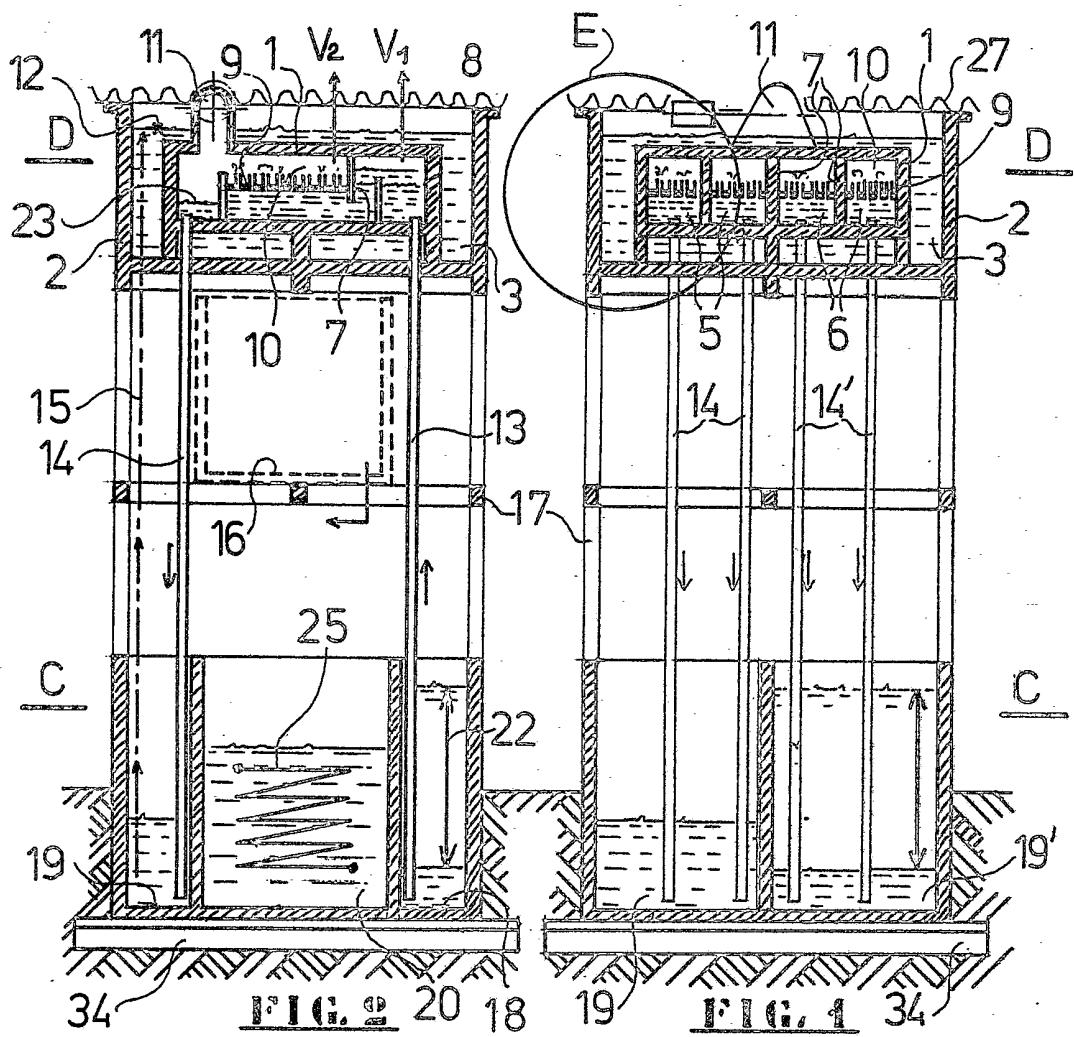
10 caractérisé en ce que la circulation et la régulation du débit des eaux introduites et soutirées dans un caisson béton armé 5 ou 6 à pression subatmosphérique se fait sans pompe de circulation, par effet de vases communicants à partir de bacs 5 18 ou 19 situés sensiblement au niveau du sol . mais présentant une différence de niveau 22,et à travers le dit caisson 5 ou 6 situé à une hauteur sensiblement égale à 10 m [colonne d'eau atmosphérique], le caisson 5 ou 6 et le bac 18 ou 19 étant reliés entre eux par les tuyauteries 13 ou 14 montantes et descendantes dont les extrémités basses sont immergées sous le niveau 10 des eaux contenues dans les bacs 18 ou 19.

12. Mode de réalisation d'une machine selon les revendications 10 ou 11 caractérisé en ce que la régulation du débit est obtenue par au moins une pompe 21 côté chaud et une pompe 24 côté froid 15 non situées sur les canalisations principales d'arrivée 13 et de dépôt 14 des eaux, mais permettant de maintenir à volonté une différence de niveau 22 déterminé dans le bac 18 d'alimentation modifiant ainsi l'intensité du vase communiquant.

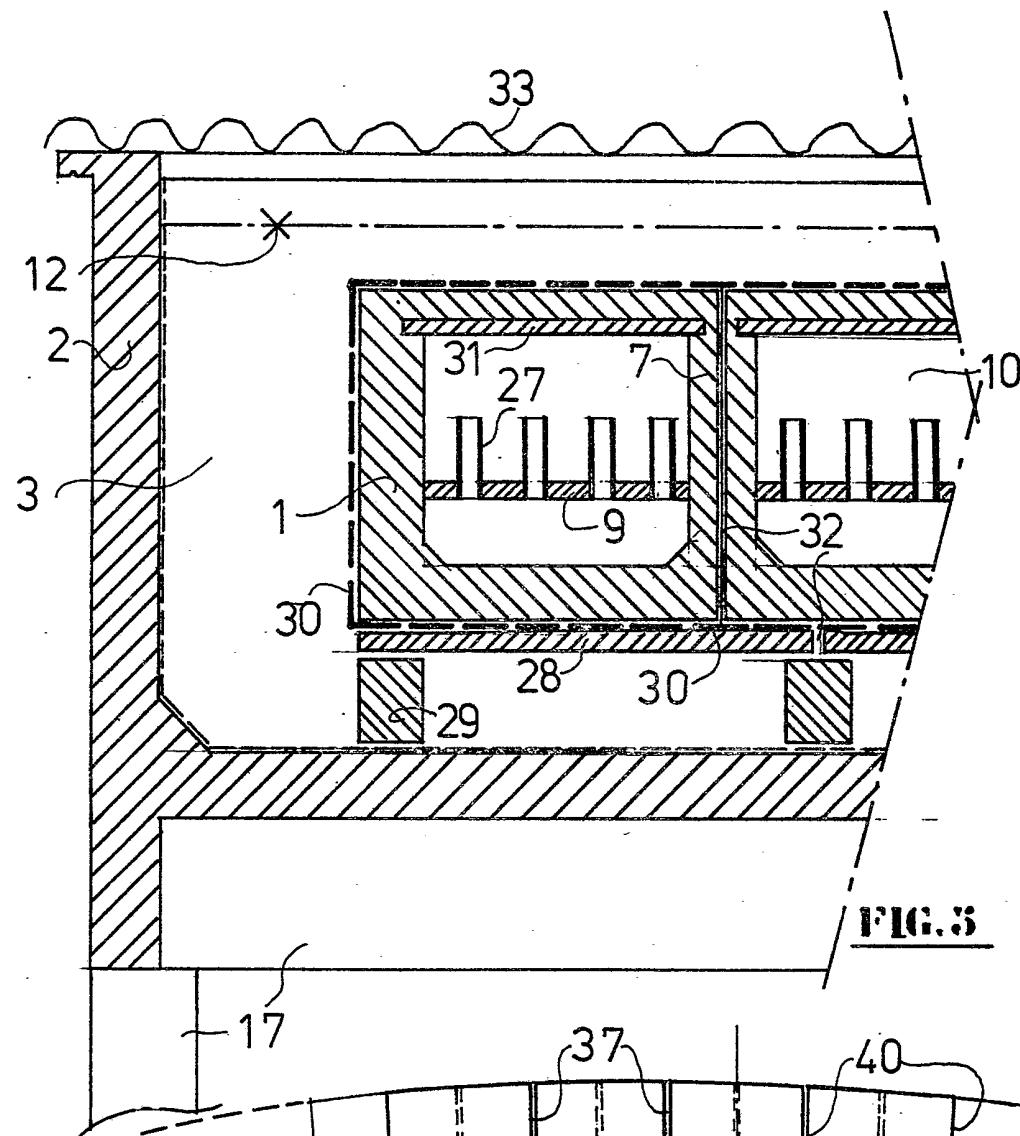
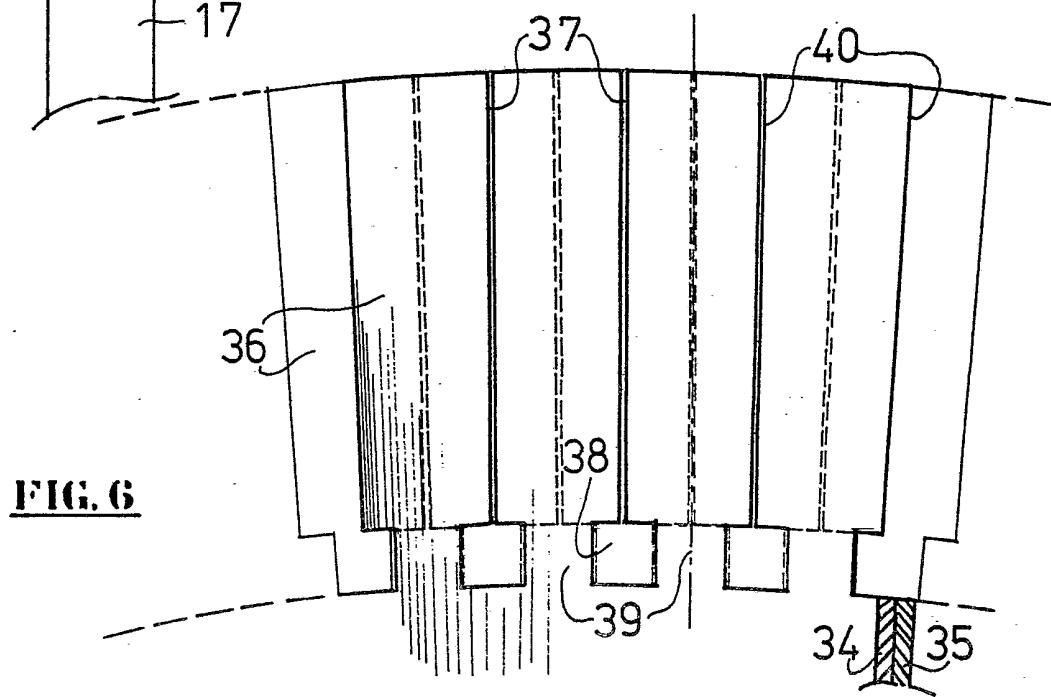
13. Mode de réalisation d'une machine selon l'une quelconque 20 des revendications précédentes caractérisé en ce que son nettoyage interne et détartrage est réalisé par circulation en circuit fermé d'un produit bactéricide, polyphosphate, solvant ou autres, la dite circulation étant réalisée et contrôlée depuis les bacs inférieurs 18,19, et par effet de vase communiquant à travers 25 les enceintes béton 5,6.

14. Mode de réalisation d'une machine selon la revendication 1 caractérisé en ce que le rotor de la turbine 11 utilisé pour la production d'énergie mécanique et/ou électrique est du type particulièrement adapté aux basses températures et basses pressions, 30 tel celui dont les aubages ou ailettes sont venues de fabrication par formage de deux disques métalliques plans, circulaires et minces, de quelques mm d'épaisseur, chaque disque permettant la réalisation de la moitié des aubages, les deux disques étant assemblés entre eux par soudure, rivetage, collage ou autres.

1/2



2/2

FIG. 3FIG. 6