

①2 DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 02.11.16.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 04.05.18 Bulletin 18/18.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦1 Demandeur(s) : COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATO-
MIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES Etablis-
sment public — FR.

⑦2 Inventeur(s) : CHATAING THIERRY.

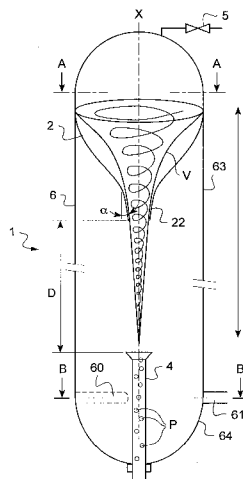
⑦3 Titulaire(s) : COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATO-
MIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES Etablis-
sment public.

⑦4 Mandataire(s) : CABINET NONY.

⑤4 DISPOSITIF DE PRECIPITATION ET SEPARATION DE PARTICULES SOLIDES DISSOUTES DANS UN
LIQUIDE COMPRENANT UN MOYEN DE CREATION ET DE MAINTIEN DE VORTEX, APPLICATION AU
DESSALEMENT DE L'EAU DE MER OU DE L'EAU SAUMATRE.

⑤7 Le dispositif de l'invention consiste en une combi-
naison des moyens suivants :

- un moyen de création et maintien d'un vortex par la mise en mouvement du liquide contenant des particules solides ou du mélange de liquides de densités différentes; la forme et/ou le rapport entre dimensions du moyen respectant le nombre d'or ϕ , la longueur du vortex créé permettant d'atteindre une pression suffisamment basse pour faire précipiter les particules solides;
- un réservoir tampon dans lequel le vortex est créé, dont la forme et/ou le rapport entre dimensions respectent le nombre d'or ϕ , ce qui permet de maintenir et le cas échéant de créer le vortex,
- un collecteur central selon l'axe du réservoir pour collecter les particules solides concentrées en bas du vortex.



**DISPOSITIF DE PRECIPITATION ET SEPARATION DE PARTICULES
SOLIDES DISSOUTES DANS UN LIQUIDE COMPRENANT UN MOYEN DE
CREATION ET DE MAINTIEN DE VORTEX, APPLICATION AU
DESSALEMENT DE L'EAU DE MER OU DE L'EAU SAUMÂTRE**

Domaine technique

La présente invention concerne le domaine de la précipitation et séparation de particules solides initialement sous forme dissoute dans un liquide.

Elle concerne plus particulièrement un dispositif de séparation mécanique qui utilise l'effet de la force centripète et met donc en œuvre un moyen de création et de maintien de vortex pour réaliser la précipitation et la séparation souhaitée de particules solides initialement sous forme dissoute dans un liquide.

Les applications principales visées sont le dessalement de l'eau de mer ou de l'eau saumâtre ou encore l'adoucissement de l'eau chargée en calcaire.

L'invention s'applique néanmoins à toute solution liquide dans laquelle sont présentes des espèces dissoutes qui une fois précipitées deviennent des particules solides qu'il est possible de séparer du liquide.

Art antérieur

L'une des caractéristiques importantes des eaux de mer est leur salinité, c'est-à-dire leur teneur globale en sels dissous (chlorures de sodium et de magnésium, sulfates, carbonates). La salinité moyenne des eaux des mers et océans est de 35 g par litre, dont le principal sel est le chlorure de sodium (NaCl) avec une concentration de 27,2 g par litre. Les autres sels sont le chlorure de magnésium ($MgCl_2$), le sulfate de magnésium ($MgSO_4$), le sulfate de calcium ($CaSO_4$), le sulfate de potassium (K_2SO_4) avec des concentrations respectives de l'ordre de 23,8 g/l, 1,7 g/l, 1,26 g/l et 0,86 g/l.

On appelle eau saumâtre une eau salée non potable de salinité inférieure à celle de l'eau de mer. La plupart des eaux saumâtres contiennent entre 1 et 10 g de sels par litre. Ce sont parfois des eaux de surface mais le plus souvent des eaux souterraines qui se sont chargées en sels en dissolvant certains sels présents dans les sols qu'elles ont traversés. Leur composition dépend donc de la nature des sols traversés et de la vitesse de circulation dans ces sols. Les principaux sels dissous sont le $CaCO_3$, le $CaSO_4$, le carbonate de magnésium ($MgCO_3$) et le NaCl.

Dans le domaine du dessalement d'eau de mer ou d'eau saumâtre, de nombreux systèmes ont atteint aujourd'hui le stade industriel. Les deux procédés les plus couramment utilisés sont la distillation et l'osmose inverse: [1]. Les autres techniques n'ont pas connu un essor important dans le domaine à cause de problèmes liés généralement à la consommation d'énergie et/ou à l'importance des investissements qu'ils requièrent.

La distillation consiste à évaporer l'eau de mer, soit en utilisant la chaleur des rayons solaires, soit en la chauffant dans une chaudière. Seules les molécules d'eau s'échappent, laissant en dépôt les sels dissous et toutes les autres substances contenues dans l'eau de mer. Il suffit alors de condenser la vapeur d'eau ainsi obtenue pour obtenir une eau douce consommable.

L'osmose inverse nécessite quant à elle de traiter au préalable l'eau de mer en la filtrant et en la désinfectant afin de la débarrasser des éléments en suspension et des micro-organismes qu'elle contient. Le procédé consiste ensuite à appliquer à cette eau salée une pression suffisante pour la faire passer à travers une membrane semi-perméable : seules les molécules d'eau traversent la membrane, fournissant ainsi une eau douce potable.

L'inconvénient majeur de ces systèmes est qu'ils sont très coûteux. Les installations sont peu rentables. En particulier, les quantités d'énergie nécessaires au chauffage ou à la compression de l'eau sont trop élevées, et les volumes d'eau produits trop faibles. L'utilisation de cette technique de production d'eau potable reste donc encore très marginale. Seuls certains pays ne disposant que de très faibles ressources en eau mais suffisamment riches, comme le Koweït et l'Arabie Saoudite, utilisent le dessalement de l'eau de mer pour produire l'eau douce destinée à la consommation humaine. Quoi qu'il en soit, cette question, dont l'enjeu est de taille, a déjà fait l'objet de nombreuses recherches qui se poursuivent.

Des évaporateurs dits "multiples effets" ont ainsi été développés qui visaient à limiter la dépense énergétique des systèmes précédents en utilisant la chaleur produite lors de la condensation de la vapeur d'eau pour évaporer l'eau de mer. Mais, techniquement très complexes, ces systèmes nécessitaient la présence d'un personnel très qualifié.

Le brevet US6635150B1 propose une amélioration aux évaporateurs à multiples effets qui permet de réduire encore les pertes énergétiques tout en gagnant en simplicité.

Quel que soit le procédé de séparation entre sels et eau réalisé à ce jour, toutes les installations de dessalement comportent quatre unités qui réalisent les étapes successives suivantes:

- une prise d'eau de mer avec une pompe et une filtration grossière,
- un prétraitement avec une filtration plus fine, l'addition de composés biocides et de produits antitartre,
- le procédé de dessalement lui-même,
- le post-traitement avec une éventuelle reminéralisation de l'eau produite.

Toutes ces étapes induisent une consommation d'énergie et une maintenance encore très importantes, ainsi qu'une conception et une réalisation compliquées.

Il existe donc un besoin d'améliorer les dispositifs de précipitation et de séparation de particules solides initialement sous forme dissoute dans un liquide, notamment en vue de s'affranchir des inconvénients précités systèmes connus de dessalement d'eau de mer ou d'eau saumâtre.

Le but de l'invention est de répondre au moins en partie à ce besoin.

Exposé de l'invention

Pour ce faire, l'invention concerne, sous l'un de ses aspects, un dispositif de séparation de particules solides en suspension dans un liquide et/ou de liquides de densités différentes comprenant :

- un réservoir tampon, de symétrie de révolution autour d'un axe vertical, le réservoir comprenant au moins un orifice d'injection en liquide chargé en particules solides ou en au moins deux liquides de densités différentes, et un orifice de sortie agencé en partie inférieure autour de l'axe de révolution du réservoir;
- au moins un moyen pour créer et maintenir un vortex générant un mouvement centripète du (des) liquide(s) allant de la périphérie du réservoir vers son centre sur au moins une partie de la hauteur de ce dernier; la forme et/ou le rapport entre dimensions du réservoir et/ou du moyen de création et de maintien du vortex est (sont) déterminé(s) à partir du nombre d'or ϕ , la longueur du vortex créé étant telle que la pression atteinte en bas du vortex est suffisamment faible de sorte qu'au moins une partie des particules dissoutes ne dépasse plus la limite de solubilité et devient ainsi solides par précipitation;

- un tube de collecte, agencé en dessous de l'orifice de sortie du réservoir, pour collecter par gravité au moins les particules solides précipitées et concentrées vers l'intérieur et en bas du vortex.

Ainsi, la solution selon l'invention consiste à utiliser le mouvement centripète pour tout d'abord séparer les particules en suspension puis faire précipiter les particules solides initialement sous forme dissoute dans le liquide, puis les concentrer vers l'intérieur et en bas du vortex.

La grande longueur du vortex est déterminée afin d'obtenir des caractéristiques physiques permettant d'atteindre une pression très basse de sorte que le critère de solubilité des solides initialement dissous dans le liquide n'est plus respecté. Ainsi, en bas de vortex, les particules solides sont expulsées du liquide et s'agglomèrent avant d'être évacués par le tube de collecte.

Par « mouvement centripète », il faut entendre ici et dans le cadre de l'invention, la définition donnée par l'auteur de la référence [2], à savoir un mouvement convergent, contractant, consolidant, créatif, favorable à l'intégration, constructif et réducteur de friction. Dans ce mouvement, le rayon de rotation diminue progressivement, engendrant une accélération qui intensifie le phénomène d'aspiration par succion et diminue la friction (accélération centripète).

Le dispositif de l'invention consiste en une combinaison des moyens suivants :

- un moyen de création et maintien d'un vortex par la mise en mouvement du liquide contenant des particules solides ou du mélange de liquides de densités différentes ; la forme et/ou le rapport entre dimensions du moyen respectant le nombre d'or ϕ , la longueur du vortex créé permettant d'atteindre une pression suffisamment basse pour faire précipiter les particules solides ;

- un réservoir tampon dans lequel le vortex est créé, dont la forme et/ou le rapport entre dimensions respectent le nombre d'or ϕ , ce qui permet de maintenir et le cas échéant de créer le vortex,

- un collecteur central selon l'axe du réservoir pour collecter les particules solides concentrées en bas du vortex.

De manière surprenante, l'inventeur a pensé mettre en œuvre une séparation centripète après lecture de la référence [2] pour faire précipiter et séparer des particules solides initialement sous forme dissoute dans un liquide.

Si certains ont déjà pensé à mettre en œuvre le principe de mouvement centripète, cela a été pour des problématiques différentes de la précipitation et la séparation de particules solides dissoutes dans un liquide.

En particulier, la demande de brevet CN103537211 concerne l'activation et la purification de l'eau contenant des molécules chimiques toxiques.

La demande de brevet CN103537220 divulgue quant à elle la génération d'émulsion homogène.

Dans la réalisation de l'invention, le respect du nombre d'or pour la forme et/ou le rapport des dimensions du réservoir vont contribuer à maintenir le mouvement centripète de manière optimale sur la hauteur du réservoir.

Dans le dispositif selon l'invention, la densité du liquide (le moins dense dans le cas de plusieurs liquides mélangés) fait que la vitesse de rotation du liquide va être proche de zéro au niveau de la paroi interne du réservoir tampon. Un courant en surface est créé qui pousse le liquide vers cette paroi interne.

Ce courant va continuer en descendant le long de la paroi. Puis, vers le fond du réservoir, c'est-à-dire à proximité de l'orifice de sortie, le courant retourne vers le centre et descend autour de l'axe central du réservoir. Ce courant entraîne ainsi les particules solides vers le centre en bas, c'est-à-dire vers l'orifice de sortie et donc vers l'intérieur du tube de collecte.

Comparativement aux dispositifs de dessalement d'eau de mer et d'eau saumâtre selon l'état de l'art, un séparateur selon l'invention présente une consommation d'énergie réduite, une maintenance réduite, une conception et une réalisation beaucoup plus simples qui permettent une réduction drastique des coûts d'investissement.

Ainsi, le réservoir tampon du dispositif selon l'invention peut avoir un diamètre de quelques dizaines de centimètres à quelques mètres et la hauteur totale du dispositif peut être comprise entre 1 et quelques dizaines de mètres.

La capacité du dispositif de séparation selon l'invention peut varier de quelques litres par heure, typiquement pour des applications domestiques, à plusieurs milliers de m³/h, typiquement pour des applications industrielles.

Selon une première variante avantageuse, la forme du réservoir est un ovoïde de dimensions déterminées à partir d'un pentagone régulier.

Selon une deuxième variante avantageuse, la forme du réservoir est une ellipsoïde de révolution, obtenue par rotation autour de l'axe vertical d'une ellipse, dite ellipse d'or, dont le rapport entre longueurs du grand axe et du petit axe est égal au nombre d'or.

Selon une troisième variante avantageuse, la forme du réservoir est une portion hémisphérique raccordée à une demi-ellipsoïde de révolution, l'ellipsoïde de révolution obtenue par rotation autour de l'axe vertical d'une ellipse, dite ellipse d'or, dont le rapport entre longueurs du grand axe et du petit axe est égal au nombre d'or.

Quatre alternatives distinctes peuvent être prévues pour la réalisation du moyen de création et de maintien du vortex. Ainsi, il peut s'agir d' :

- un moyen pour injecter le liquide chargé en particules dissoutes par un, de préférence deux orifices d'injection, de manière tangentielle au réservoir tampon;

- un cylindre monté fixe dans l'orifice d'injection, le cylindre comprenant une rainure enroulée en hélice circulaire ;

- un arbre monté rotatif à la verticale selon l'axe du réservoir, l'arbre ayant une forme extérieure d'hélice tronconique dont sa projection sur un plan orthogonal à l'axe vertical est une spirale logarithmique, dite spirale d'or, avec un facteur de croissance égal au nombre d'or ϕ . Dans cette alternative, l'extrémité libre de l'arbre rotatif est de préférence approximativement confondue avec le sommet inférieur du réservoir.

- un arbre fixé à la verticale selon l'axe du réservoir, l'arbre ayant une forme intérieure d'hélice tronconique dont sa projection sur un plan orthogonal à l'axe vertical est une spirale logarithmique, dite spirale d'or, avec un facteur de croissance égal au nombre d'or ϕ , l'orifice d'injection étant la plus grande section de l'hélice tronconique.

Selon une caractéristique avantageuse, l'orifice de sortie est conformé en tronc de cône dont convergent du haut vers le bas. De préférence, le demi-angle d'ouverture (α) du cône est compris entre 6 et 10°.

Selon une variante avantageuse, la distance entre l'extrémité supérieure du tube de collecte et l'orifice de sortie du réservoir est réglable de sorte à pouvoir modifier le taux de collecte des particules solides.

Avantageusement, le dispositif comprend au moins un évent en partie supérieure du réservoir tampon pour évacuer les gaz présents.

Selon un mode de réalisation avantageux, le dispositif comprend une enveloppe de confinement agencée autour de l'orifice de sortie et du tube de collecte, définissant un volume intérieur dans lequel le liquide est confiné, en vue d'être évacué.

Pour une application dans laquelle le liquide est chargé initialement de particules déjà sous forme solides, on peut mettre en œuvre un système avec un dispositif selon l'invention en aval et en amont, un dispositif de séparation avec vortex dont la longueur ne permet pas de précipiter les particules dissoutes.

Le dispositif amont permet ainsi de collecter et d'évacuer les particules initialement sous forme solides, tandis que le dispositif aval selon l'invention permet de précipiter et collecter les particules solides initialement sous forme dissoute.

Par exemple, pour une application de dessalement de l'eau de mer, le dispositif amont permet d'enlever les solides en suspension (algues, déchets plastiques ou autres), tandis que le dispositif aval selon l'invention permet d'extraire les sels dissous, notamment le chlorure de sodium NaCl.

Ainsi, l'invention a également pour objet un système de séparation comprenant:

- un dispositif tel que décrit précédemment, constituant le dispositif aval
- un dispositif de séparation, constituant le dispositif amont, comprenant :
 - un réservoir tampon, de symétrie de révolution autour d'un axe vertical (X), le réservoir comprenant au moins un orifice d'injection en liquide chargé en particules solides, et un orifice de sortie, agencé en partie inférieure autour de l'axe de révolution du réservoir ;
 - au moins un moyen pour créer et maintenir un vortex générant un mouvement centripète du (des) liquide(s) allant de la périphérie du réservoir vers son centre sur au moins une partie de la hauteur de ce dernier; la forme et/ou le rapport entre dimensions du réservoir et/ou du moyen de création et de maintien du vortex est (sont) déterminé(s) à partir du nombre d'or φ ;
 - un tube de collecte, agencé en dessous de l'orifice de sortie du réservoir, pour collecter par gravité au moins les particules solides précipitées et concentrées vers l'intérieur et en bas du vortex.

Dans ce système, le dispositif amont comprend au moins un orifice d'évacuation agencé en partie inférieure de son enveloppe de confinement, formant un piquage relié à l'orifice d'injection du réservoir tampon du dispositif aval.

De préférence, l'enveloppe de confinement de l'un et/ou l'autre des deux dispositifs étant constituée d'un cylindre raccordé sur la périphérie du réservoir entre l'orifice d'injection et l'orifice de sortie, et d'un fond en forme d'hémisphère raccordé au cylindre.

Selon un mode de réalisation avantageux, le système comprend au moins une vanne de régulation de débit entre le piquage du dispositif amont et l'orifice d'injection du dispositif aval.

Avantageusement, l'un et/ou l'autre des deux dispositifs peu(ven)t comprendre au moins une vanne de purge sur le tube de collecte pour évacuer les particules solides collectées.

Avantageusement encore, le dispositif aval comprend au moins un orifice de purge, agencé en partie inférieure de son enveloppe de confinement, pour évacuer le liquide dépourvu des particules solides. De préférence, une vanne d'isolement est prévue en aval de l'orifice de purge, pour isoler l'enveloppe de confinement du dispositif aval.

L'invention a enfin pour objet l'utilisation d'un dispositif ou du système décrits précédemment, pour réaliser le dessalement de l'eau de mer ou de l'eau saumâtre ou pour réaliser l'adoucissement de l'eau chargée en calcaire.

Description détaillée

D'autres avantages et caractéristiques de l'invention ressortiront mieux à la lecture de la description détaillée d'exemples de mise en œuvre de l'invention faite à titre illustratif et non limitatif en référence aux figures suivantes parmi lesquelles :

- la figure 1 est une vue schématique en coupe longitudinale d'un premier exemple dispositif de séparation solides-liquide selon l'invention ;
- les figures 1A et 1B sont des vues en coupe transversales selon A-A et B-B de la figure 1 ;
- les figures 2 et 2A sont respectivement une vue en coupe longitudinale montrant un premier mode de réalisation d'une partie du dispositif de précipitation et séparation selon l'invention qui permet la création et le maintien d'un vortex, et une vue en coupe transversale selon A-A;

- la figure 3 est une vue en coupe longitudinale montrant un deuxième mode de réalisation d'une partie du dispositif de précipitation de séparation selon l'invention qui permet la création et le maintien d'un vortex;

- la figure 3A est une vue de côté montrant le moyen de création et de maintien du vortex selon le mode de la figure 3;

- la figure 4 est une vue en coupe longitudinale montrant un quatrième mode de réalisation d'une partie du dispositif de précipitation et séparation selon l'invention qui permet la création et le maintien d'un vortex;

- la figure 5 est une vue en coupe longitudinale montrant une variante du réservoir et son orifice de sortie avec un moyen de création et de maintien du vortex selon la figure 4 ;

- la figure 6 est une vue schématique montrant un système de séparation comprenant un dispositif de séparation solides-liquide, en amont d'un dispositif de précipitation et séparation selon l'invention.

On précise que les différents éléments selon l'invention sont représentés uniquement par souci de clarté et qu'ils ne sont pas à l'échelle.

Les termes « supérieur », « inférieur », « dessus » et « dessous », « haut » et « bas » sont à considérer en relation avec le réservoir tampon du dispositif de séparation selon l'invention, en configuration avec l'orifice d'entrée du mélange solides-liquide en haut et le tube de collecte en bas.

Les termes « amont » et « aval » sont à considérer en relation avec la circulation du liquide dans un dispositif et un système selon l'invention.

Un dispositif 1 de précipitation et séparation de particules solides initialement sous forme dissoute dans un liquide est illustré en figure 1.

Il comprend tout d'abord un réservoir tampon 2 de symétrie de révolution autour d'un axe vertical X. Dans le mode de réalisation illustré en figure 1, la forme du réservoir 2 est un ovoïde de dimensions déterminées à partir d'un pentagone régulier.

Le réservoir 2 est percé de deux orifices d'injection 20, 21, par lesquels le liquide chargé en particules solides peut être injecté, et d'un orifice de sortie 22 agencé en partie inférieure autour de l'axe de révolution X.

Dans les modes de réalisation illustrés, l'orifice de sortie 22 est conformé en tronc de cône dont convergent du haut vers le bas. De préférence, le demi-angle d'ouverture α du cône est compris entre 6 et 10°, typiquement égal à environ 8°.

Selon l'invention, un moyen 3 de création et maintien d'un vortex V génère un mouvement centripète du (des) liquide(s) allant de la périphérie du réservoir 2 vers son centre sur au moins une partie de la hauteur de ce dernier.

Selon l'invention également, on conçoit le moyen 3 tel que sa forme et/ou le rapport entre ses dimensions est (sont) déterminé(s) à partir du nombre d'or ϕ .

Selon l'invention enfin, la longueur L du vortex créé est telle que la pression atteinte en bas du vortex est suffisamment faible de sorte qu'au moins une partie des particules dissoutes ne dépasse plus la limite de solubilité et devient ainsi solides par précipitation.

Autrement dit, les particules précipitées sont collectées au centre et en bas de vortex.

Plusieurs modes de réalisation différents peuvent être envisagés pour la réalisation de ce moyen de création et de maintien du vortex V.

Dans le mode illustré en figures 2 et 2A, le moyen 3 est un moyen d'injection du liquide chargé en particules solides initialement et sous forme dissoute de manière tangentielle en partie supérieure du réservoir tampon 2.

Les orifices d'injection 20, 21 sont à cet effet réalisés sur l'un des diamètres supérieurs du réservoir et le vortex est généré tangentiellement à ce diamètre comme symbolisé par les flèches sur ces figures 2 et 2A.

Dans le mode illustré en figures 3 et 3A, le moyen est un cylindre 31 monté fixe dans l'orifice d'injection 20 selon l'axe de révolution X. Le cylindre 31 comprend une rainure 310 enroulée en hélice circulaire. Ainsi, ce cylindre 31 constitue en quelque sorte un injecteur qui permet la mise en rotation du liquide jusqu'à générer le vortex souhaité V.

Au lieu de solutions hydrauliques comme dans les modes précités, on peut envisager une solution mécanique pour créer et maintenir le vortex V.

Ainsi, dans le mode illustré en figures 4 et 5, le moyen est un arbre 32 monté rotatif à la verticale selon l'axe X du réservoir 2.

L'arbre 32 a une forme extérieure d'hélice tronconique dont sa projection sur un plan orthogonal à l'axe vertical est une spirale logarithmique, dite spirale d'or, avec un facteur de croissance égal au nombre d'or ϕ .

De préférence, l'extrémité libre 33 de l'arbre rotatif 32 est approximativement confondue avec le sommet inférieur du réservoir.

Deux exemples de dimensionnement d'un arbre rotatif 32 sont donnés dans le tableau ci-dessous.

On précise que dans ce tableau, les valeurs des dimensions des différentes sections sont données du haut de l'arbre 32 vers le bas, selon la hauteur de son hélice H.

La position indique à quelle côte en hauteur est considérée chaque section.

La position de valeur nulle indiquant le sommet de l'hélice de l'arbre rotatif.

On précise également que la hauteur de l'hélice est environ égale à 435,5 mm pour l'exemple 1, tandis qu'elle est de l'ordre de 609,6mm pour l'exemple 2.

TABLEAU

Exemples de dimensionnement de l'arbre rotatif 32	Longueur (mm)	Largeur (mm)	Position (mm)
Exemple 1	15,00	9,27	0
	9,27	5,73	166,3
	5,73	3,54	269,1
	3,54	2,19	332,6
	2,19	1,35	371,9
	1,35	0,84	396,2
	0,84	0,52	411,2
Exemple 2	21,00	13,00	0
	13,00	8,00	232,9
	8,00	5,00	376,9
	5,00	3,00	465,7
	3,00	1,85	520,7
	1,85	1,15	554,7
	1,15	0,71	575,7

La longueur L du vortex est une fonction du nombre d'or qui dépend du taux de solides dissous résiduel souhaité. Pour l'exemple 1, la longueur L souhaitée pour que la pression atteinte en bas du vortex soit suffisamment faible pour précipiter les particules sous forme solides est égale à 1844 mm.

En sortie de vortex, un tube de collecte 4 est agencé en dessous de l'orifice de sortie 22 du réservoir 2 pour collecter par gravité les particules solides concentrés vers l'intérieur du vortex.

Avantageusement, la distance D entre l'extrémité supérieure du tube de collecte 4 et l'orifice de sortie 22 du réservoir est prévue pour être réglable. Cela permet de pouvoir modifier le taux de collecte des particules solides. Pour obtenir une telle distance variable, on peut prévoir un tube 4 de hauteur variable et/ou une hauteur variable du volume inférieur entre l'orifice 22 et le tube 4.

De préférence, un évent avec une vanne d'isolement 5 est prévu en partie supérieure du réservoir tampon 2 pour évacuer les gaz présents. Cela peut permettre notamment d'évacuer les gaz présents initialement dans le liquide chargé en particules solides sous forme dissoute.

Le dispositif de précipitation et séparation selon l'invention comprend enfin une enveloppe de confinement 6 agencée autour de l'orifice de sortie 22 et du tube de collecte 4. Cette enveloppe 6 définit ainsi un volume intérieur dans lequel le liquide initialement chargé en particules dissoutes est confiné en vue d'être évacué par le tube de collecte 4.

Ainsi, comme montré en figure 1, l'enveloppe 6 comprend un ou des orifices d'évacuation 60, 61, agencé(s) en partie inférieure. Le liquide restant, chargé éventuellement de particules encore sous forme dissoute peut être ainsi évacué en continu de l'enveloppe 6.

A des fins de simplicité de réalisation, l'enveloppe de confinement 6 peut être constituée d'un cylindre 63 raccordé sur la périphérie du réservoir 2, entre l'orifice d'injection 20, 21 et l'orifice de sortie 22, et d'un fond 64 en forme d'hémisphère raccordé au cylindre 63.

Dans une application où le liquide est chargé de particules déjà sous forme solides, on peut avantageusement envisager de réaliser un système avec en série au moins un dispositif de séparation comme décrit mais sans qu'il soit nécessaire d'avoir une longueur importante de vortex, et en aval un dispositif de précipitation et de séparation qui

vient d'être décrit, avec une longueur de vortex suffisante pour faire précipiter les particules dissoutes.

Un tel système avec deux dispositifs 1.1, 1.2 selon l'invention, en série est illustré en figure 6.

Dans ce système, les deux orifices d'évacuation 60, 61 du dispositif amont 1.1 qui permettent d'évacuer le liquide chargé en particules solides sous forme dissoute et qui sont agencés en partie inférieure de l'enveloppe de confinement 6, forment des piquages reliés chacun à un des orifices d'injection 20, 21 du réservoir tampon 2 du dispositif aval 1.2.

Sur chaque ligne reliant un piquage 60, 61 du dispositif amont 1.1 à un orifice d'injection 20, 21 du dispositif aval, est agencée une vanne de régulation de débit 7.

Deux vannes de purge 8, 9 formant un sas étanche sont agencées sur le tube de collecte 4 du dispositif amont 1.1 pour évacuer les particules solides collectées les plus denses.

Le dispositif aval 1.2 comprend quant à lui au moins un orifice de purge 10 agencé en partie inférieure de son enveloppe de confinement 6, pour évacuer le liquide dépourvu des particules solides.

De préférence, une vanne d'isolement 11 est prévue en aval de l'orifice de purge 10 pour isoler l'enveloppe de confinement 6 du dispositif aval 1.2.

Ainsi, on peut collecter les particules solides déjà sous cette forme initialement dans le tube de collecte 4 du dispositif amont 1.1 et les particules initialement sous forme dissoute dans le tube 4 du dispositif aval 1.2.

Le système est particulièrement adapté à une application de dessalement d'eau de mer ou d'eau saumâtre: le dispositif amont 1.1 permet de collecter les algues, déchets plastiques ou autres présents sous cette forme dans l'eau puis le dispositif aval 1.2 permet de collecter les particules solides de sels, notamment le NaCl, ou le CaCO_3 initialement dissoutes dans l'eau.

D'autres variantes et améliorations peuvent être apportées sans pour autant sortir du cadre de l'invention.

Différents types de matériaux peuvent être utilisés pour la réalisation du réservoir 2, des moyens de création et maintien de vortex 31, 32, et de l'enveloppe de confinement 6. Avantageusement, en particulier pour les composants le plus proche du

vortex, ceux-ci peuvent être réalisés en cuivre ou en acier inoxydable, de préférence revêtue d'une ou plusieurs couches minces à base de cuivre et/ou d'argent.

L'invention n'est pas limitée aux exemples qui viennent d'être décrits ; on peut notamment combiner entre elles des caractéristiques des exemples illustrés au sein de variantes non illustrées.

Références citées

- [1]: Patrick Danis, « *Dessalement de l'eau de mer* », Techniques de l'Ingénieur, J 2700. Juin 2003.
- [2]: Alick Bartholomew, « *Le génie de Viktor Schauberger : et si la pénurie d'eau et d'énergie était un faux problème ?* », éditions Trédaniel / Le courrier du livre, 2014 (1^{re} éd. 2008 (ISBN 2-7029-0542-0)).

REVENDEICATIONS

1. Dispositif (1) de préparation et séparation de particules solides sous forme dissoute dans un liquide, comprenant :

- un réservoir tampon (2), de symétrie de révolution autour d'un axe vertical (X), le réservoir comprenant au moins un orifice d'injection (20, 21) en liquide chargé en particules solides sous forme dissoute, et un orifice de sortie (22) agencé en partie inférieure autour de l'axe de révolution du réservoir ;

- au moins un moyen (3) pour créer et maintenir un vortex générant un mouvement centripète du (des) liquide(s) allant de la périphérie du réservoir vers son centre sur au moins une partie de la hauteur de ce dernier; la forme et/ou le rapport entre dimensions du réservoir et/ou du moyen de création et de maintien du vortex est (sont) déterminé(s) à partir du nombre d'or ϕ ; la longueur (L) du vortex créé étant telle que la pression atteinte en bas du vortex est suffisamment faible de sorte qu'au moins une partie des particules dissoutes ne dépasse plus la limite de solubilité et devient ainsi solides par précipitation;

- un tube de collecte (4), agencé en dessous de l'orifice de sortie du réservoir, pour collecter par gravité au moins les particules solides précipitées et concentrées vers l'intérieur et en bas du vortex.

2. Dispositif (1) selon la revendication 1, la forme du réservoir étant un ovoïde de dimensions déterminées à partir d'un pentagone régulier.

3. Dispositif (1) selon la revendication 1, la forme du réservoir étant une ellipsoïde de révolution, obtenue par rotation autour de l'axe vertical d'une ellipse, dite ellipse d'or, dont le rapport entre longueurs du grand axe et du petit axe est égal au nombre d'or.

4. Dispositif (1) selon la revendication 1, la forme du réservoir étant une portion hémisphérique raccordée à une demi-ellipsoïde de révolution, l'ellipsoïde de révolution obtenue par rotation autour de l'axe vertical d'une ellipse, dite ellipse d'or, dont le rapport entre longueurs du grand axe et du petit axe est égal au nombre d'or.

5. Dispositif (1) selon l'une des revendications 1 à 4, le moyen de création et de maintien du vortex étant un moyen (30) pour injecter le liquide chargé en particules dissoutes par un, de préférence deux orifices d'injection, de manière tangentielle au réservoir tampon.

6. Dispositif (1) selon l'une des revendications 1 à 4, le moyen de création et de maintien du vortex étant un cylindre (31) monté fixe dans l'orifice d'injection (20) le cylindre comprenant une rainure (310) enroulée en hélice circulaire.

7. Dispositif (1) selon la revendication 1 à 4, le moyen de création et de maintien du vortex étant un arbre (32) monté rotatif à la verticale selon l'axe du réservoir, l'arbre ayant une forme extérieure d'hélice tronconique dont sa projection sur un plan orthogonal à l'axe vertical est une spirale logarithmique, dite spirale d'or, avec un facteur de croissance égal au nombre d'or ϕ .

8. Dispositif (1) selon la revendication 7, l'extrémité libre (33) de l'arbre rotatif étant approximativement confondue avec le sommet inférieur du réservoir.

9. Dispositif (1) selon la revendication 1 à 4, le moyen de création et de maintien du vortex étant un arbre fixé à la verticale selon l'axe du réservoir, l'arbre ayant une forme intérieure d'hélice tronconique dont sa projection sur un plan orthogonal à l'axe vertical est une spirale logarithmique, dite spirale d'or, avec un facteur de croissance égal au nombre d'or ϕ , l'orifice d'injection étant la plus grande section de l'hélice tronconique.

10. Dispositif (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, l'orifice de sortie (22) étant conformé en tronc de cône dont convergent du haut vers le bas.

11. Dispositif selon la revendication 10, le demi-angle d'ouverture (α) du cône étant compris entre 6 et 10°.

12. Dispositif (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, la distance entre l'extrémité supérieure du tube de collecte (4) et l'orifice de sortie (22) du réservoir étant réglable de sorte à pouvoir modifier le taux de collecte des particules solides.

13. Dispositif (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant au moins un évent (5) en partie supérieure du réservoir tampon pour évacuer les gaz présents.

14. Dispositif (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant une enveloppe de confinement (6) agencée autour de l'orifice de sortie et du tube de collecte, définissant un volume intérieur dans lequel le liquide est confiné, en vue d'être évacué.

15. Système (8) de séparation comprenant :

- un dispositif (1.2) selon la revendication 14, constituant le dispositif aval
- un dispositif de séparation (1.1), constituant le dispositif amont, comprenant :

- un réservoir tampon (2), de symétrie de révolution autour d'un axe vertical (X), le réservoir comprenant au moins un orifice d'injection (20, 21) en liquide chargé en particules solides, et un orifice de sortie (22) agencé en partie inférieure autour de l'axe de révolution du réservoir ;

- au moins un moyen (3) pour créer et maintenir un vortex générant un mouvement centripète du (des) liquide(s) allant de la périphérie du réservoir vers son centre sur au moins une partie de la hauteur de ce dernier; la forme et/ou le rapport entre dimensions du réservoir et/ou du moyen de création et de maintien du vortex est (sont) déterminé(s) à partir du nombre d'or ϕ ;

- un tube de collecte (4), agencé en dessous de l'orifice de sortie du réservoir, pour collecter par gravité au moins les particules solides précipitées et concentrées vers l'intérieur et en bas du vortex.

système dans lequel le dispositif amont (1.1) comprend au moins un orifice d'évacuation (60, 61) agencé en partie inférieure de son enveloppe de confinement, formant un piquage relié à l'orifice d'injection du réservoir tampon du dispositif aval (1.2).

16. Système de séparation selon la revendication 15, l'enveloppe de confinement de l'un et/ou l'autre des deux dispositifs étant constituée d'un cylindre (63) raccordé sur la périphérie du réservoir (2) entre l'orifice d'injection (20, 21) et l'orifice de sortie (22), et d'un fond (64) en forme d'hémisphère raccordé au cylindre.

17. Système de séparation selon la revendication 15 ou 16, comprenant au moins une vanne de régulation de débit (7) entre le piquage du dispositif amont et l'orifice d'injection du dispositif aval.

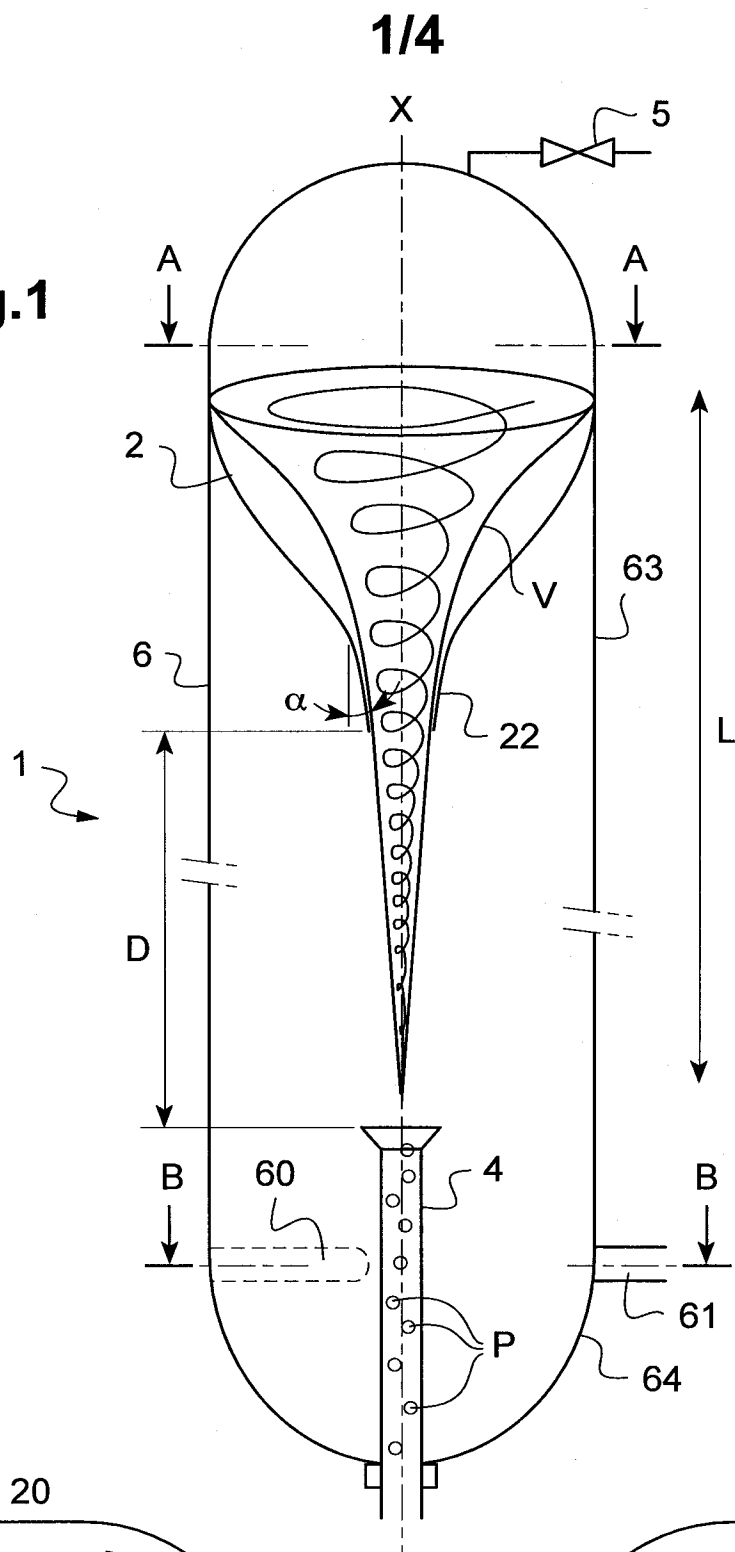
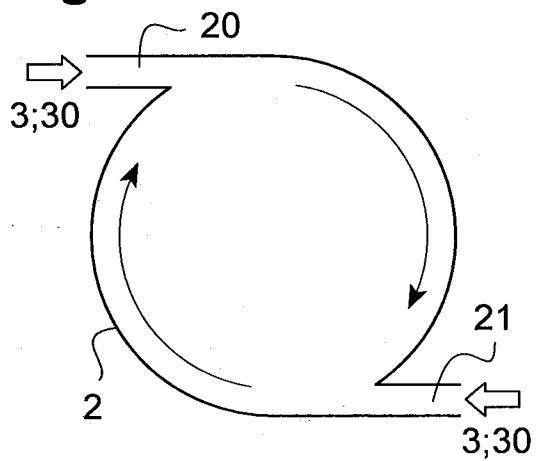
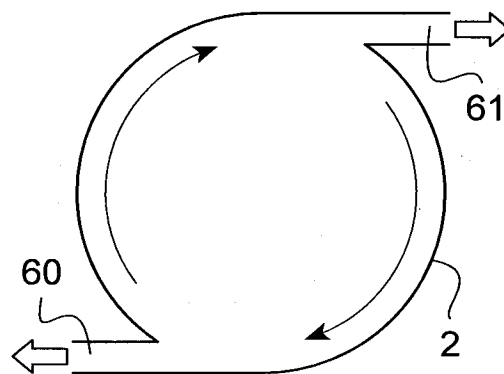
18. Système de séparation selon l'une des revendications 15 à 17, l'un et/ou l'autre des deux dispositifs comprenant au moins une vanne de purge (8, 9) sur le tube de collecte pour évacuer les particules solides collectées.

19. Système selon l'une des revendications 15 à 18, le dispositif aval comprenant au moins un orifice de purge (10) agencé en partie inférieure de son enveloppe de confinement, pour évacuer le liquide dépourvu des particules solides.

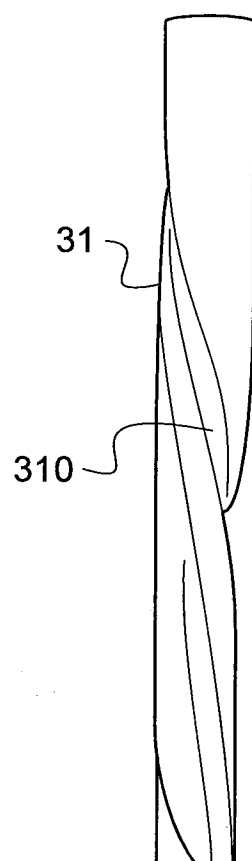
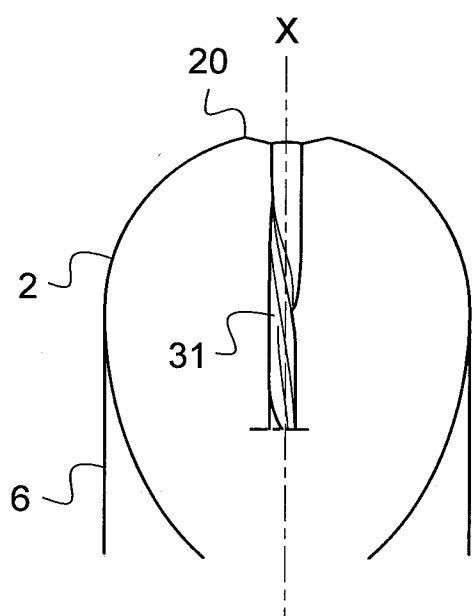
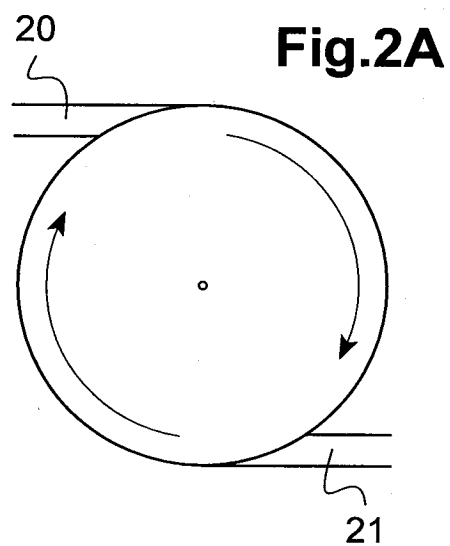
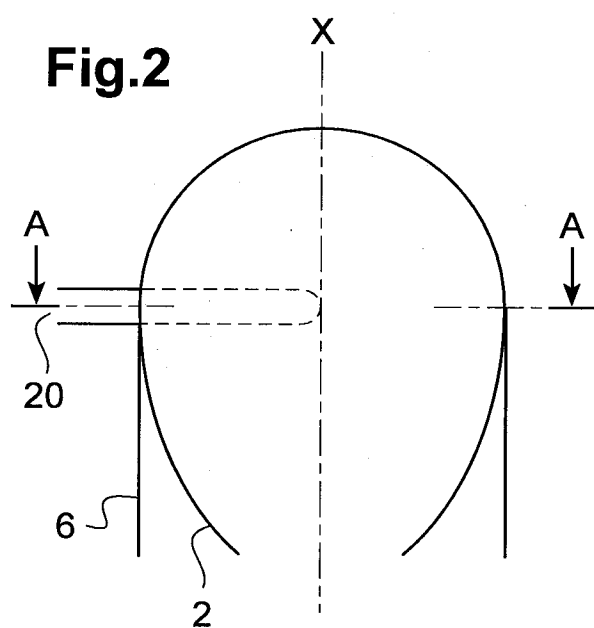
20. Système selon la revendication 19, comprenant une vanne d'isolement (11) en aval de l'orifice de purge (10) pour isoler l'enveloppe de confinement du dispositif aval.

21. Utilisation d'un dispositif selon l'une des revendications 1 à 14 ou du système selon l'une des revendications 15 à 20, pour réaliser le dessalement de l'eau de mer ou de l'eau saumâtre.

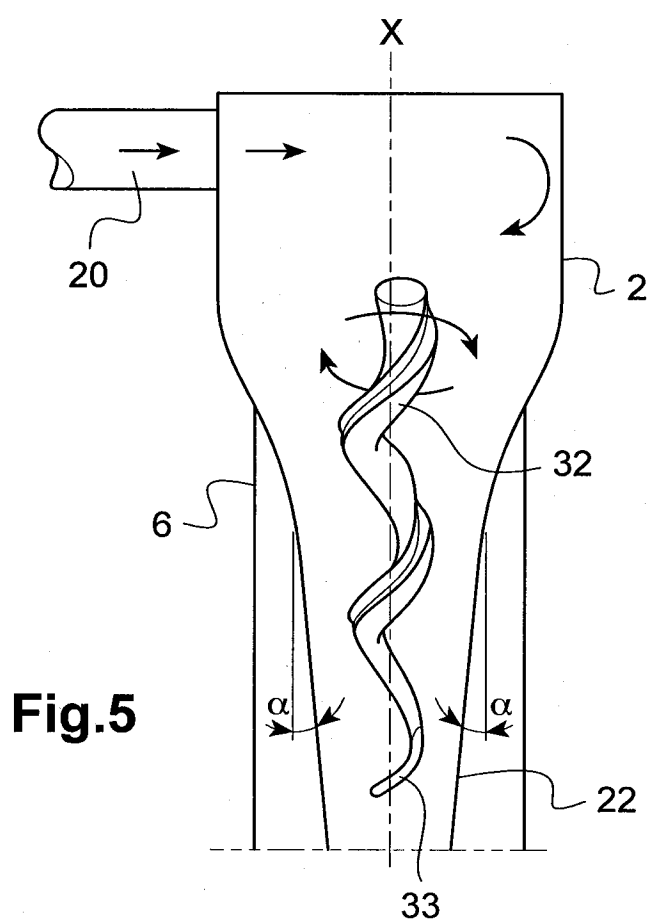
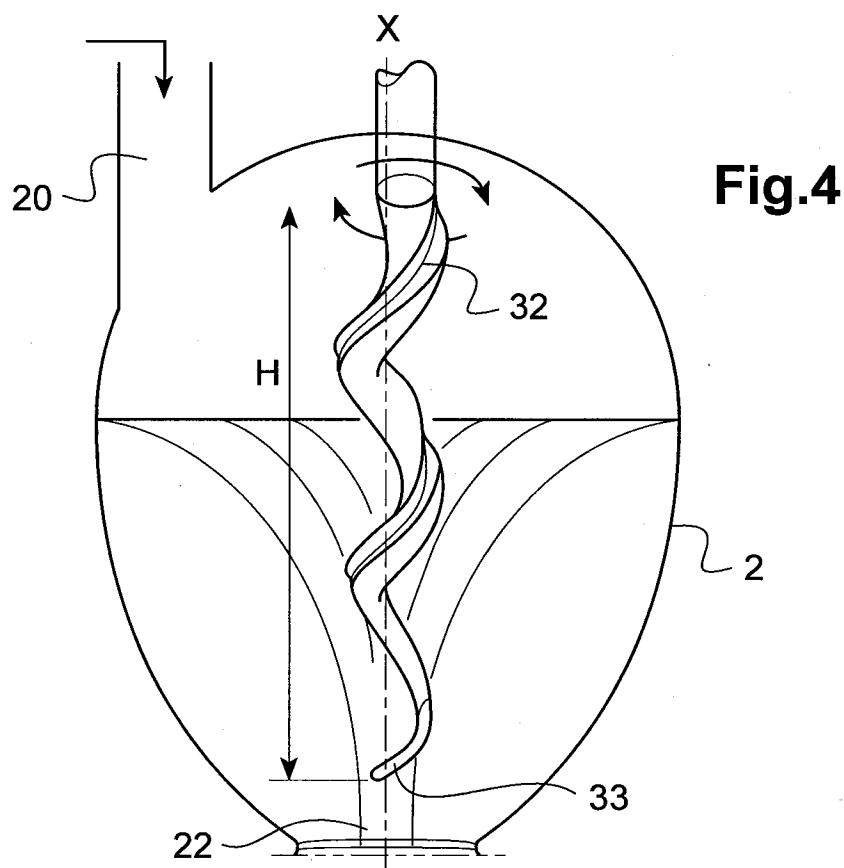
22. Utilisation d'un dispositif selon l'une des revendications 1 à 14 ou du système selon l'une des revendications 15 à 20, pour réaliser l'adoucissement de l'eau chargée en calcaire.

Fig.1**Fig.1A****Fig.1B**

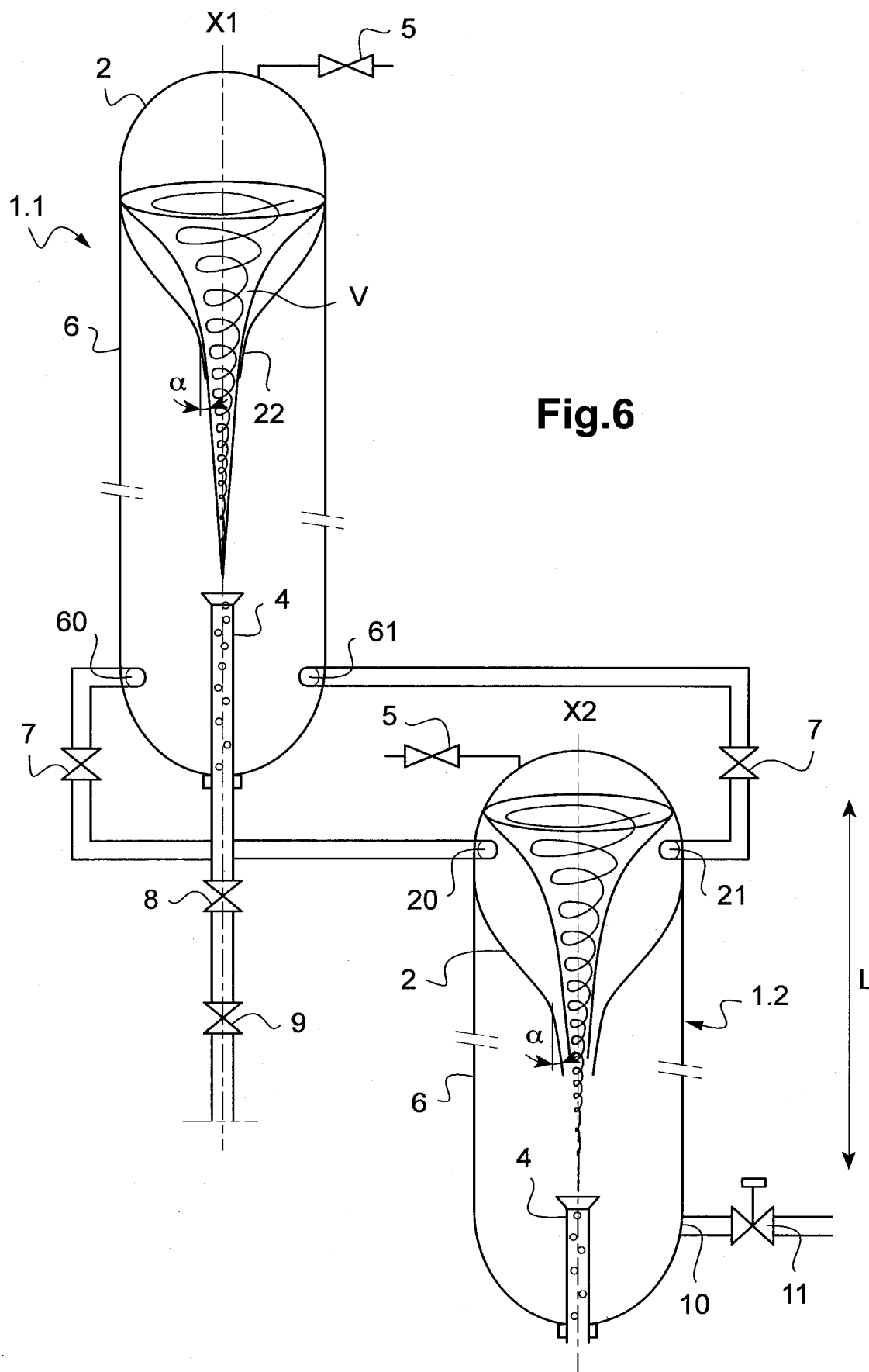
2/4



3/4



4/4





RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 839537
FR 1660595

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	DE 196 12 059 A1 (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG [DE]) 2 octobre 1997 (1997-10-02)	1,2,5, 10,11, 13,14, 21,22	B04C3/00 C02F1/38 C02F5/00 B01D9/00
A	* page 2, ligne 3 - ligne 4 * * page 2, ligne 49 - page 3, ligne 22 * * page 3, ligne 40 - page 4, ligne 16 * * page 4, ligne 28 - ligne 40 * * page 4, ligne 65 - ligne 67 * * figures 1,3,10a,10b *	3,4,6-9, 12,15-20	
X	EP 2 990 123 A1 (SHIZUOKA PLANT CO LTD [JP]) 2 mars 2016 (2016-03-02) * abrégé * * figure 8 *	1,21,22	
A	US 2009/314161 A1 (AL-ALUSI THAMIR R [US] ET AL) 24 décembre 2009 (2009-12-24) * abrégé * * figures 2-4 *	1,15,21, 22	
A	EP 1 461 134 B1 (SHELL INT RESEARCH [NL]) 21 mars 2007 (2007-03-21) * figures 1-6 *	1,15	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) B04C
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
10 octobre 2017		Redelsperger, C	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1660595 FA 839537**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **10-10-2017**

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
DE 19612059	A1	02-10-1997	AUCUN	

EP 2990123	A1	02-03-2016	CN 105142794 A	09-12-2015
			EP 2990123 A1	02-03-2016
			JP 5727108 B2	03-06-2015
			JP 2015142923 A	06-08-2015
			JP W02014175083 A1	23-02-2017
			KR 20150121263 A	28-10-2015
			US 2016051994 A1	25-02-2016
			WO 2014175083 A1	30-10-2014

US 2009314161	A1	24-12-2009	AUCUN	

EP 1461134	B1	21-03-2007	AR 038670 A1	26-01-2005
			AT 357283 T	15-04-2007
			AU 2002364401 A1	15-07-2003
			BR 0215333 A	16-11-2004
			CA 2470689 A1	10-07-2003
			CN 1610574 A	27-04-2005
			DE 60219074 T2	12-07-2007
			DK 1461134 T3	30-07-2007
			EA 200400891 A1	24-02-2005
			EG 24493 A	16-08-2009
			EP 1461134 A1	29-09-2004
			KR 20040070294 A	06-08-2004
			MX PA04006342 A	27-09-2004
			MY 134342 A	31-12-2007
			NO 330236 B1	14-03-2011
			PE 07822003 A1	28-10-2003
			UA 79958 C2	10-08-2007
			US 2005115273 A1	02-06-2005
			WO 03055575 A1	10-07-2003
			ZA 200404613 B	26-10-2005
