

(12) BREVET D'INVENTION

- (11) N° de publication : **MA 52673 A1**
- (51) Cl. internationale : **B01D 1/28; B01D 3/10; B01D 5/00; C02F 1/041; B01D 3/10; C02F 1/04**
- (43) Date de publication : **30.06.2021**

-
- (21) N° Dépôt : **52673**
- (22) Date de Dépôt : **24.07.2018**
- (30) Données de Priorité : **27.07.2017 BE BE2017/5530**
- (86) Données relatives à la demande internationale selon le PCT: **PCT/EP2018/070000 24.07.2018**
- (71) Demandeur(s) :
- **INDUSTRIAL ADVANCED SERVICES FZ, LLC, P.O Box 31291 Al-Jazeera Al-Hamra, Al Khaimah (SA)**
 - **FRANÇOIS-MATHIEU, Winandy, 60, Windsor Avenue, London, SW19 2RP (BE)**
- (72) Inventeur(s) : **FRANÇOIS-MATHIEU, Winandy**
- (74) Mandataire : **SABA & CO., TMP**

-
- (54) Titre : **UNITE DE DESSALEMENT D'EAU PAR COMPRESSION MECANIQUE DE VAPEUR**
- (57) Abrégé : L'unité comprend une enveloppe hermétique sous vide (1), un évaporateur-condenseur (8) et au moins un compresseur (12), dans laquelle l'évaporateur-condenseur (8) est agencé pour fonctionner à basse température, est en une matière plastique conductrice de chaleur et dont les surfaces d'échange (9) sont déterminées de façon à ce que l'énergie de transfert (Wt) de l'unité soit inférieure ou égale au double de l'énergie minimale de dessalement (Wm), afin de minimiser l'énergie totale de dessalement (W).

Abrégé

**Unité de dessalement d'eau par compression mécanique
de vapeur**

5

L'unité comprend une enveloppe hermétique sous vide (1), un évaporateur-condenseur (8) et au moins un compresseur (12), dans laquelle l'évaporateur-condenseur (8) est agencé pour fonctionner à basse température, est en une matière plastique conductrice de chaleur et dont les surfaces d'échange (9)

10 sont déterminées de façon à ce que l'énergie de transfert (W_t) de l'unité soit inférieure ou égale au double de l'énergie minimale de dessalement W_m , afin de minimiser l'énergie totale de dessalement W .

Fig. 1

Unité de dessalement d'eau par compression mécanique de vapeur

Le domaine de l'invention est le dessalement de l'eau, essentiellement de l'eau de mer ou de l'eau saumâtre, pour produire de l'eau potable ou déminéralisée, par le procédé de distillation thermique par compression mécanique de vapeur, communément désignée sous le nom de « compression mécanique de vapeur » (CMV).

On notera qu'un tel procédé de dessalement est en concurrence avec les procédés d'osmose inverse, de congélation, d'électrodialyse, d'échange ionique, etc.

L'énergie minimale de dessalement, commune à tous les procédés, pour parvenir au seuil de production de perméat (pression osmotique atteinte) ou de distillat (écart ébullioscopique atteint), étant W_m , et l'énergie de transfert, pour véritablement produire le perméat ou le distillat, étant W_t , énergie qui est inversement proportionnelle à la surface d'échange mise en œuvre dans le procédé, l'énergie totale W de dessalement est donnée par la formule :

$$W = \frac{W_m + W_t}{CE}$$

CE étant le rendement énergétique total des équipements utilisés pour le dessalement, notamment les pompes ou compresseurs et leurs moteurs.

Avec le procédé d'osmose inverse, on peut admettre :

$$W_t = W_m$$

Avec le procédé par compression mécanique de vapeur, W_t se trouve dans une plage de $7W_m$ à $15W_m$.

Ainsi, avec l'osmose inverse, l'énergie à consommer est de l'ordre de 2,5 à 5 kWh pour 1 m^3 de perméat. Avec le procédé par compression mécanique de

vapeur, il faut, pour produire 1 m³ de distillat, consommer au moins 8 kWh et même jusqu'à 18 kWh.

Le procédé par compression mécanique de vapeur, tel qu'il est mis en œuvre aujourd'hui, présente donc l'inconvénient d'une grande consommation énergétique. Mais il présente quand même des avantages. Il est très stable et d'un grand confort d'utilisation.

Une unité classique de dessalement par compression mécanique de vapeur comporte une enveloppe globale, généralement sous vide partiel afin de diminuer le point d'ébullition de l'eau à évaporer et à condenser, dans laquelle se trouve un bain d'eau, dont la surface assure l'évaporation, et un échangeur immergé dans le bain qui assure la condensation. Il s'agit souvent d'un évaporateur-condenseur (EC) de type à tubes ou à plaques. L'EC est réalisé en un matériau de transfert conducteur de chaleur dont une face assure l'évaporation et, l'autre face, la condensation.

L'unité est pourvue d'un système de transport et de compression de la vapeur et d'équipements auxiliaires dont un système d'alimentation en eau brute, un système de mise sous vide partiel et d'élimination des gaz non condensables, un système d'extraction du distillat et un système d'extraction du concentrat.

Alors que les unités actuellement construites mettent en œuvre des compresseurs dont les rendements sont inférieurs ou égaux à environ 70 %, de récents développements permettent maintenant de considérer l'usage de compresseurs présentant une efficacité nettement supérieure.

Quel que soit le procédé de dessalement considéré, W_m est une constante de la salinité de l'eau. Le dessalement visant à séparer une solution saline (solution 0 ou eau brute) en deux solutions de salinités différentes, l'une supérieure (solution 1 ou concentrat) et l'autre inférieure (solution 2, ou distillat dans le cas des procédés thermiques, ou perméat dans le cas de l'osmose inverse), W_m représente l'énergie qui est équivalente à la différence des potentiels énergétiques entre les deux solutions 1 et 2.

De ce qui précède, on comprend que W_m correspond à l'énergie d'un système de dessalement à l'équilibre à production nulle, fonction de la différence de salinité entre les solutions 1 et 2, et que tout ajout d'énergie supplémentaire engendrera un début de production d'eau dessalée.

W_t est l'énergie, complémentaire de W_m , pour assurer une quantité de production d'eau dessalée. W_t sert à vaincre les pertes d'énergie dans les différents systèmes d'échanges mis en œuvre. Ainsi, dans une unité d'osmose inverse, W_t correspond principalement aux pertes de charges hydrauliques du perméat qui traverse les membranes et, dans une unité de distillation, W_t correspond sensiblement au différentiel thermique nécessaire au transfert de l'énergie latente de condensation au travers de l'échangeur.

W_t est donc directement proportionnelle au débit de production requis, à la résistance des échangeurs (pertes de charges des membranes d'osmose inverse ou résistivité thermique du matériau de l'évapo-condenseur), et inversement proportionnelle à la surface d'échangeur mise en œuvre.

Le problème à l'origine de l'invention de la présente demande est donc de diminuer la consommation d'énergie électrique d'une unité de dessalement, ou de déminéralisation, d'eau par compression mécanique de vapeur et de rendre l'unité au moins aussi attractive qu'une unité mettant en œuvre le procédé d'osmose inverse.

À cet effet, l'invention de la présente demande concerne une unité, de dessalement d'eau par distillation thermique par compression mécanique de vapeur comprenant :

- une enveloppe hermétique sous vide, avec, à l'intérieur,
- un espace de réception d'eau à dessaler,
- un évaporateur-condenseur dans ledit espace de réception présentant des surfaces d'échange d'évaporation et de condensation,

- au moins un compresseur avec un moteur et des moyens de transport vers le compresseur de vapeur d'évaporation et, du compresseur, de vapeur compressée à condenser,

l'enveloppe comportant une entrée d'alimentation d'eau salée, des moyens de chauffage de l'eau à dessaler et des sorties d'extraction de distillat, de concen-
5 trat et de gaz non condensables ainsi que des moyens de mise sous vide de l'enveloppe,

caractérisée par le fait que l'évaporateur-condenseur est agencé pour fonc-
tionner à basse température, est en une matière plastique conductrice de cha-
leur et ses surfaces d'échange sont déterminées de façon que l'énergie de
10 transfert (W_t) de l'unité est inférieure ou égale au double de l'énergie mini-
male de dessalement W_m , afin de minimiser l'énergie totale de dessalement W .

15 La solution de l'invention est donc née avec l'apparition sur le marché i) de compresseurs ayant d'excellents rendements, autorisant des températures de fonctionnement basses, ainsi que ii) de polymères conducteurs de chaleur (comportant un certain pourcentage de nano-carbones) qu'on peut donc utili-
ser du fait du fonctionnement à basse température.

20

C'est la conjonction de toutes ces considérations qui justifie l'activité inventive de l'invention.

Auparavant, étant donné le faible rendement des compresseurs disponibles sur
25 le marché, personne n'avait osé concevoir une unité avec des surfaces d'échange largement excessives, visant à diminuer significativement la consommation énergétique. En effet, il aurait fallu, afin de réduire significative-
ment cette consommation, construire des unités avec des surfaces d'échange tellement excessives que le coût de ces unités aurait été prohibitif.

30

Grâce au rendement des compresseurs aujourd'hui disponibles, qui peut dépasser 80 %, voire 90 %, le demandeur a osé vouloir augmenter considé-
rablement les surfaces d'échange des évaporateurs-condenseurs mais, grâce
aux polymères conducteurs de chaleur, à un coût restant raisonnable.

Le vide régnant à l'intérieur de l'enveloppe hermétique est en réalité un vide partiel, qui ne vise qu'à diminuer le point d'ébullition de l'eau à évaporer et à condenser.

5

Il faut entendre par basse température, dans le cadre de la présente invention, une température de vapeur de l'ordre de 20 à 60°C.

De préférence, le compresseur ou les compresseurs de l'unité de l'invention ont un rendement supérieur à 78 % et les surfaces d'échange sont déterminées de façon à ce que l'énergie de transfert de dessalement soit supérieure ou égale à l'énergie de transfert minimale W_{tm} .

L'énergie totale de dessalement minimale ($W_m + W_{tm}$) est l'énergie dont le compresseur a besoin afin de vaincre l'écart ébullioscopique de la solution à sa salinité maximale, à savoir celle du concentrat. Si cette limite basse W_{tm} n'était pas respectée, la partie de l'évaporateur-condenseur, en contact avec une solution dont l'écart ébullioscopique est supérieur à l'écart qui définit la limite W_{tm} , ne serait pas opérationnelle et le taux de conversion τ de l'unité ne serait pas atteint. Par taux de conversion, il faut entendre le rapport entre le débit de distillat et le débit d'eau brute, faisant intervenir la notion de renouvellement d'eau en continu. Le procédé de l'invention, tout comme d'ailleurs le procédé par osmose inverse, met en œuvre des réservoirs dont l'eau est renouvelée pour éviter un accroissement infini de salinité du concentrat. On notera que l'écart ébullioscopique est la différence entre la température d'ébullition de l'eau pure et la température d'ébullition d'une solution saline, toutes autres conditions restant égales. Pour une eau salée de salinité de 35 g/l et une pression égale à la pression atmosphérique, cet écart est de 0,54°C. L'écart ébullioscopique varie également avec la température d'ébullition. Ainsi, sous une pression de 0.1barA, soit une température d'ébullition de l'eau pure de environ 46°C, l'écart ébullioscopique avec une solution d'eau salée de salinité de 35 g/l sera de environ 0,37°C.

L'invention sera mieux comprise à l'aide de la description suivante de plusieurs unités de dessalement d'eau par CMV et du procédé de dessalement qui y est mis en œuvre, en référence au dessin en annexe sur lequel

- la figure 1 est une représentation schématique de la forme de réalisation préférée de l'unité de l'invention et
- la figure 2 est une représentation encore plus schématique d'une unité de l'invention à plusieurs effets.

Le schéma de l'unité de la figure 1 est celui d'une forme de réalisation préférée, mais qui ne doit pas être considérée comme limitative de l'invention. D'autres formes de réalisation sont parfaitement envisageables et on pourra donc avantageusement se référer à celles présentées dans le document WO 2015/014840.

En référence donc à la figure 1, l'unité comporte une enveloppe hermétique 1 sous vide partiel comportant deux compartiments 2 et 3. Le premier compartiment 2 comporte une enceinte 4 dans laquelle est disposé un serpentin d'échange 5 traversé par des gaz non condensables provenant du deuxième compartiment 3, s'échappant hors de l'enceinte 4 et du compartiment 2, et réchauffant l'eau à dessaler entrante provenant d'une source d'alimentation 6. L'eau à dessaler et réchauffée ressort de l'enceinte 4 et du compartiment 2 par une tubulure 7.

Le deuxième compartiment 3, dans lequel règne le vide partiel, ménage un espace de réception de l'eau à dessaler dans lequel est disposé un évaporateur-condenseur 8 comportant ici une pluralité de tubes d'évaporation 9 et formant deux à deux des conduits de condensation 10 débouchant dans le premier compartiment 2. L'entrée des tubes de condensations de l'évaporateur-condenseur se prolongent, du côté opposé au premier compartiment 2, par une tuyère 11 de réception d'un compresseur 12 et, en partie, d'une enceinte 13 dans laquelle sont disposés le moteur 14 d'entraînement du compresseur et un serpentin d'échange 15. Le serpentin 15, parcouru par l'eau à dessaler comme exposé ci-après, est raccordé ici à une rampe 16

d'arrosage de l'eau à dessaler sur l'évaporateur-condenseur 8, l'arrosage s'effectuant par des pommes 17.

5 Les deux compartiments 2, 3 sont séparés par une cloison 18 traversée par les conduits de condensation 10. Le deuxième compartiment 3, qui est le compartiment de dessalement, comporte une cloison 19 de retenue d'une eau de plus grande salinité, ici d'un concentrat 20, alors que l'eau dessalée, c'est-à-dire le distillat 21 provenant des conduits de condensation 10, est retenue dans le premier compartiment 2.

10

Ne sont pas représentés sur la figure, car parfaitement connus de l'homme du métier, l'équipement d'alimentation en eau à dessaler du compartiment 2 et de l'enceinte 4, les pompes d'extraction du distillat 21 et du concentrat 20, ni les moyens de mise sous vide du compartiment de dessalement 3.

15

On notera encore ici que l'unité de l'invention pourrait comporter plusieurs compresseurs.

20 En fonctionnement, l'eau à dessaler s'écoulant par la tubulure 7 traverse d'abord deux échangeurs 22, 23 où elle est réchauffée grâce à deux serpents 24, 25 parcourus respectivement par le distillat 21 et le concentrat 20, les deux courants issus des deux échangeurs 22, 23 étant réunis pour traverser un troisième échangeur 26 alimenté par un liquide de chauffage d'un équipement de chauffage 27.

25

À la sortie de ce troisième échangeur 26, extérieur, comme les deux premiers 22, 23, à l'enceinte, l'eau à dessaler, par une tubulure 28, pénètre dans l'échangeur 13, intérieur à l'enceinte.

30

Dans l'exemple illustré sur la figure, l'eau à dessaler parvient donc sur l'évaporateur-condenseur par un film tombant des pommes d'arrosage 17 qui répartissent l'eau sur la surface d'échange de tous les tubes d'évaporation 9. La tuyère 11 est ici conformée pour transporter la vapeur évaporée des tubes

9 vers le compresseur 12 et la vapeur compressée à condenser dans les conduits 10.

Le compresseur 12 est encore, ici, un compresseur à flux axial, d'un excellent
5 rendement, en l'espèce, ici, supérieur à 78 %. Les tubes d'évaporation-
condensation 9 sont en un polymère conducteur de chaleur, l'unité fonction-
nant à basse température.

La surface d'échange totale des tubes 9 est très grande et telle que l'énergie
10 de transfert W_t de l'unité soit inférieure, éventuellement égale, au double de
l'énergie minimale de dessalement W_m et telle que, dans l'exemple considéré,
cette énergie de transfert W_t soit comprise entre l'énergie de transfert mini-
male W_{tm} et le double $2 W_m$ de l'énergie minimale de dessalement.

15 On notera que l'équipement de chauffage alimentant l'échangeur 27 peut être
une résistance électrique, une pompe à chaleur ou un échangeur alimenté en
énergie thermique auxiliaire par de la vapeur ou de l'eau chaude. Le liquide de
chauffage de cet échangeur 27 réchauffe l'eau à dessaler qui va pénétrer dans
l'enveloppe 1 par la tubulure 28, alors que dans les échangeurs 22, 23, l'eau à
20 dessaler est réchauffée par récupération de l'énergie calorifique des flux sor-
tants du distillat et du concentrat.

L'unité représentée à la figure comporte des tubes d'évaporation. Une autre
unité de dessalement d'eau par CMV pourrait être équipée, non pas de tubes,
25 mais de plaques, dans le même matériau que les tubes.

L'équipement d'alimentation de l'unité en eau à dessaler comporte générale-
ment des réservoirs dont l'eau est renouvelée afin d'éviter un accroissement
de salinité infini du concentrat. Ce renouvellement d'eau caractérise le taux de
30 conversion τ de l'unité.

À salinité d'eau brute constante, plus le taux de conversion est élevé, plus la
salinité moyenne du concentrat est élevée et donc plus W_m est élevée. W_m

dépend donc de la salinité de l'eau brute et du taux de conversion appliqué à l'unité de dessalement.

Exemple de calcul des paramètres d'une unité de dessalement d'eau par CMV :

5 Soit une unité opérant sur une eau brute d'une salinité égale à 35 g/l, avec un évaporateur-condenseur sous vide partiel opérant à une température de vapeur de 50°C, un taux de conversion τ de 33 %, ici un seul compresseur d'un rendement de 90 % et celui de son moteur de 95 %, et une définition de la surface d'échange telle que $W_t = 2.W_m$.

10

Calcul de W_m

	τ	: 33 %
	T°	: 50°C (323°K)
	Salinité maximale du concentrat	: $35/(1-0,33) = 52,2\text{g/kg}$
15	Salinité moyenne du concentrat	: 43,6g/kg
	Pression de vapeur du concentrat P1	: 12,058kPa
	Salinité du distillat	: 0g/kg (approximation théorique)
	Pression de vapeur du distillat P2	: 12,350kPa
	P2/P1	: 1,024
20	W_m	: $R.T.\ln(P2/P1) = 17,85 \cdot 10^{-6}\text{kWh/mole}$ ou $0,99\text{kWh/m}^3$ (m^3 de distillat), \ln étant le logarithme népérien.

Calcul de W_{tm}

25	Salinité maximale du concentrat	: $35/(1-0,33) = 52,2\text{g/kg}$
	Pression de vapeur P_c ($\neq P_1$) du concentrat	: 11,991kPa
	Salinité du distillat	: 0g/kg (approximation théorique)
	Pression de vapeur du distillat P2	: 12,350kPa
30	P2/ P_c	: 1,030
	Résultat#1	: $R.T.\ln(P2/P_c) = 22,05 \cdot 10^{-6}\text{kWh/mole}$ ou $1,23\text{kWh/m}^3$ (m^3 de distillat)
	W_{tm}	: Résultat#1- $W_m = 0,24\text{kWh/m}^3$

Calcul de Wt

Wt	: $2.Wm = 1,98 \text{ kWh/m}^3$
CE	: $0,9 \cdot 0,95 = 0,855$
W	: $(Wm+Wt)/CE = 3,49 \text{ kWh/m}^3$

5

Calcul de la surface d'échange de l'échangeur

P3 est la pression de fonctionnement de l'unité de dessalement

$$P3/P1 : e((Wm+Wt)/(R.T)) = 1,074$$

T° vapeur avant le compresseur (Tin) : 50°C

10 T° ébullition (Tevap) : 50,48°C

T° condensation (Tcond) : 51,45°C

dT de l'évaporateur-condenseur : 0,97°C

Hec : $6 \text{ kW}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$

15 Hec est le coefficient d'échange de chaleur de l'évaporateur-condenseur, déterminé de manière empirique et fixé, ici, arbitrairement

Chaleur latente (approximation) : 635 kWh/Tonne

Surface de l'échangeur S : $635/(6 \cdot 0,97) = 109,1 \text{ m}^2/\text{Tonne.h}$
(Tonne/h de distillat)

20 Selon les mêmes hypothèses que dans l'exemple ci-dessus, en faisant maintenant varier Wt sur l'intervalle [Wtm, 2.Wm], on obtient les résultats suivants :

Wm	Wt	CE	W	P2/P1	P3/P1	Tin	Tevap	Tcond	dT	HEC	S
[kWh/Tonne]	[kWh/Tonne]		[kWh/Tonne]			[°C]	[°C] Moyen	[°C]	[°C]	kW/m ² ·°C	m ² /Tonne .h
0,99	0,240	0,855	1,439	1,024	1,030	50	50,48	50,60	0,12	6	878
0,99	0,495	0,855	1,737	1,024	1,036	50	50,48	50,72	0,25	6	432
0,99	0,990	0,855	2,316	1,024	1,049	50	50,48	50,97	0,49	6	217
0,99	1,485	0,855	2,895	1,024	1,062	50	50,48	51,21	0,73	6	145
0,99	1,980	0,855	3,474	1,024	1,074	50	50,48	51,45	0,97	6	109

25 Ces résultats démontrent que la combinaison des caractéristiques de l'invention est nécessaire à la conception d'une unité de dessalement par CMV

qui offre des consommations en énergie électrique compétitives avec le dessalement par osmose inverse. En effet, l'application d'un rendement CE usuel, avec 70 % pour le rendement du compresseur et 95 % pour celui de son moteur, engendrerait soit des consommations en énergie électrique trop élevées
5 pour concurrencer le procédé par osmose inverse, soit des surfaces d'échanges d'une ampleur telle que le coût de l'unité serait également non concurrentiel.

On notera enfin que l'unité de dessalement peut comporter plusieurs effets
10 d'évaporation-condensation 31, 32, 33. Dans ce cas, et de façon parfaitement connue de l'homme du métier, la vapeur 34 créée sur la surface d'évaporation 35 du premier effet 31 est canalisée vers la surface de condensation 36 de l'effet suivant 32 et ainsi de suite jusqu'au dernier effet 33 où la vapeur 37 est alors transportée et compressée dans le compresseur 38 à nouveau avant
15 d'être recyclée en tête du premier effet 31.

Les températures de vapeur respectives dans les compartiments des trois effets 31, 32, 33 sont différentes et baissent de quelques degrés d'un compartiment à l'autre, ici, avec des températures respectives de 50°C, 49°C et
20 48°C.

Les concentrats et distillats issus des trois compartiments 31, 32, 33 sont regroupés respectivement par deux tubulures 39, 40. Quant à l'eau à dessaler, elle parvient dans les compartiments des trois effets 31, 32, 33 par une tubu-
25 lure 41 et trois groupes de pommes d'arrosoir 42-44.

REVENDEICATIONS

1. Unité, de dessalement d'eau par distillation thermique par compression mécanique de vapeur comprenant :

- 5 - une enveloppe hermétique sous vide (1), avec, à l'intérieur,
- un espace (3) de réception d'eau à dessaler,
- un évaporateur-condenseur (8) dans ledit espace de réception (3) présentant des surfaces d'échange (9) d'évaporation et de condensation,
- au moins un compresseur (12) avec un moteur (14) et des moyens (11)
- 10 de transport vers le compresseur de vapeur d'évaporation et, du compresseur, de vapeur compressée à condenser,

l'enveloppe (1) comportant une entrée d'alimentation d'eau salée (4), des moyens (27, 4, 22, 23, 13) de chauffage de l'eau à dessaler et des sorties d'extraction de distillat (22), de concentrat (23) et de gaz non condensables

15 (4) ainsi que des moyens de mise sous vide de l'enveloppe, caractérisée par le fait que l'évaporateur-condenseur (8) est agencé pour fonctionner à basse température, est en une matière plastique conductrice de chaleur et ses surfaces d'échange (9) sont déterminées de façon que l'énergie de transfert (W_t) de l'unité est inférieure ou égale au double de l'énergie minimale de dessalement W_m , afin de minimiser l'énergie totale de dessalement

20 W .

2. Unité selon la revendication 1, dans laquelle l'espace de réception d'eau à dessaler comporte un premier compartiment (2) comportant une enceinte (4)

25 de réchauffement de l'eau à dessaler entrante par les gaz non condensables.

3. Unité selon l'une des revendications 1 et 2, dans laquelle l'espace de réception d'eau à dessaler comporte un deuxième compartiment (3) sous vide dans lequel est disposé l'évaporateur-condenseur (8) comportant des conduits de

30 condensation (10) débouchant dans le premier compartiment (2).

4. Unité selon la revendication 3, dans lequel il est prévu, dans le deuxième compartiment (3), une rampe (16) d'arrosage d'eau à dessaler.

5. Unité selon l'une des revendications 3 et 4, dans laquelle la sortie (22) d'extraction du distillat est ménagée dans le premier compartiment (2) et, la sortie (23) d'extraction du concentrat, dans le deuxième compartiment (3).
- 5 6. Unité selon l'une des revendications 1 à 5, comportant plusieurs effets d'évaporation-condensation (31, 32, 33).
7. Unité selon l'une des revendications 1 à 6, dans laquelle le compresseur (12) a un rendement supérieur à 78 %.
- 10 8. Unité selon l'une des revendications 1 à 7, dans laquelle les surfaces d'échange (9) sont déterminées de façon à ce que l'énergie de transfert W_t soit égale ou supérieure à l'énergie de transfert minimale W_{tm} .

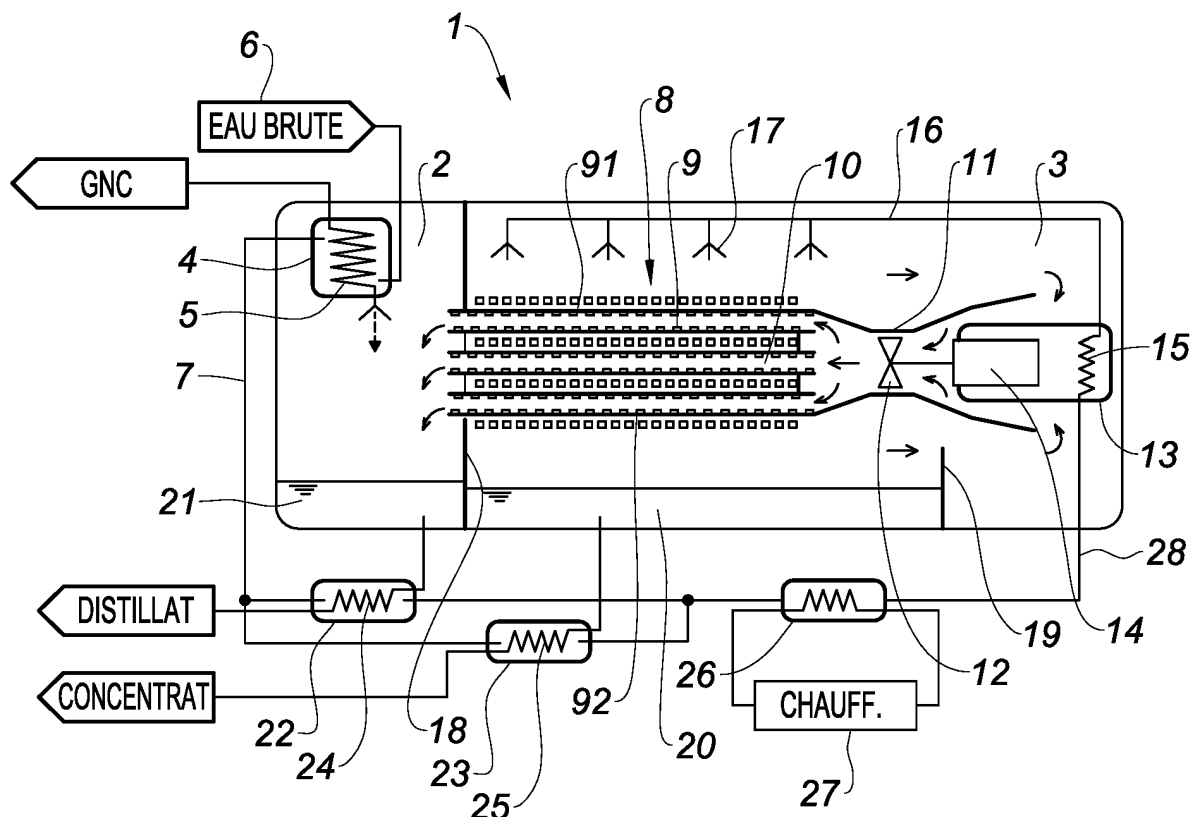


Fig. 1

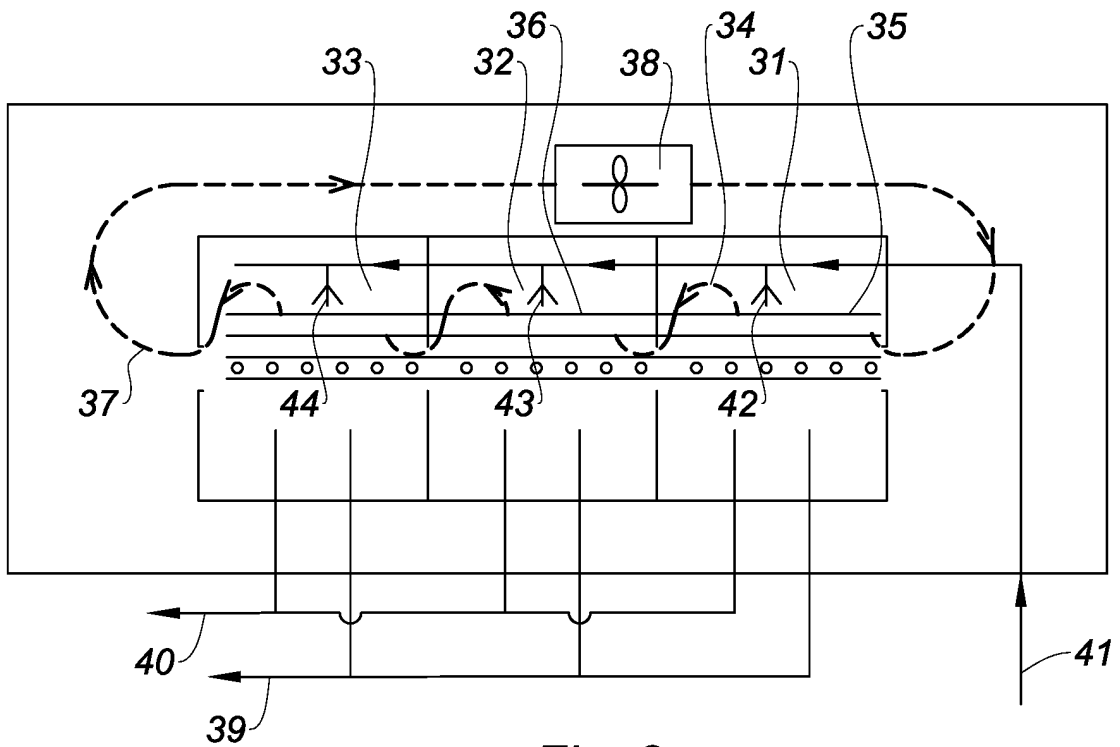


Fig. 2

**RAPPORT DE RECHERCHE
AVEC OPINION SUR LA BREVETABILITE**
(Conformément aux articles 43 et 43.2 de la loi 17-97 relative à la
protection de la propriété industrielle telle que modifiée et complétée
par la loi 23-13)

Renseignements relatifs à la demande	
N° de la demande : 52673	Date de dépôt : 24/07/2018
Déposant : INDUSTRIAL ADVANCED SERVICES FZ, LLC & FRANÇOIS-MATHIEU, Winandy	Date d'entrée en phase nationale : 26/02/2021
	Date de priorité: 27/07/2017
Intitulé de l'invention : UNITE DE DESSALEMENT D'EAU PAR COMPRESSION MECANIQUE DE VAPEUR	
Le présent document est le rapport de recherche avec opinion sur la brevetabilité établi par l'OMPIC conformément aux articles 43 et 43.2, et notifié au déposant conformément à l'article 43.1 de la loi 17-97 relative à la protection de la propriété industrielle telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.	
Les documents brevets cités dans le rapport de recherche sont téléchargeables à partir du site http://worldwide.espacenet.com , et les documents non brevets sont joints au présent document, s'il y en a lieu.	
Le présent rapport contient des indications relatives aux éléments suivants :	
Partie 1 : Considérations générales	
<input checked="" type="checkbox"/> Cadre 1 : Base du présent rapport	
<input type="checkbox"/> Cadre 2 : Priorité	
<input type="checkbox"/> Cadre 3 : Titre et/ou Abrégé tel qu'ils sont définitivement arrêtés	
Partie 2 : Rapport de recherche	
Partie 3 : Opinion sur la brevetabilité	
<input type="checkbox"/> Cadre 4 : Remarques de forme et de clarté	
<input type="checkbox"/> Cadre 5 : Défaut d'unité d'invention	
<input type="checkbox"/> Cadre 6 : Observations à propos de certaines revendications exclues de la brevetabilité	
<input checked="" type="checkbox"/> Cadre 7 : Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application Industrielle	
Examineur: Abdelfettah EL KADIRI	Date d'établissement du rapport : 28/04/2021
Téléphone: 212 5 22 58 64 14/00	

Partie 1 : Considérations générales**Cadre 1 : base du présent rapport**

Les pièces suivantes de la demande servent de base à l'établissement du présent rapport :

- Description
11 Pages
- Revendications
8
- Planches de dessin
1 Page

Partie 2 : Rapport de recherche

Classement de l'objet de la demande :

CIB : B 01D 1/28(2006.01), B 01D 3/10(2006.01), B 01D 5/00(2006.01), C 02F 1/04(2006.01)
CPC : B01D 1/2887, B01D 3/10, B01D 5/006, C02F 1/041, Y02A 20/124

Plateformes et bases de données électroniques de recherche :

EPOQUENET, WPI, ScienceDirect, IEEE, ORBIT

Catégorie*	Documents cités avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	N° des revendications visées
X	WO 2008058242 A2 (HYDROLOGIC IND INC [US]; BURKE FRANCIS P [US]; HORNE KENNETH J [US]; T) 15 mai 2008 (2008-05-15)	1, 2, 6, 7
Y	abrégé; figures; page 10, alinéas 47,48	1-8
Y	WO 2015014387 A1 (WINANDY FRANCOIS-MATHIEU [GB]) 05 février 2015 (2015-02-05)	1-8
	abrégé; figures ; page 2, ligne 11 - page 3, ligne 14	
A	EP 1798202 A1 (AQUASYSTEMS INC [JP]) 20 juin 2007 (2007-06-20)	1-8
	abrégé; figures ; colonne 12, alinéas 80, 81, 82 ; colonne 13, alinéa 87	
A	WO 0196244 A1 (THIRD MILLENIUM WATER COMPANY [FR]; DOMEN JEAN PAUL [FR]) 20 décembre 2001 (2001-12-20)	1-8
	abrégé; figures ; page 14, ligne 34 - ligne 41 ; page 15, ligne 12 ; page 15, ligne 25 - ligne 34	

***Catégories spéciales de documents cités :**

-« X » document particulièrement pertinent ; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
-« Y » document particulièrement pertinent ; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
-« A » document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
-« P » documents intercalaires ; Les documents dont la date de publication est située entre la date de dépôt de la demande examinée et la date de priorité revendiquée ou la priorité la plus ancienne s'il y en a plusieurs
-« E » Éventuelles demandes de brevet interférentes. Tout document de brevet ayant une date de dépôt ou de priorité antérieure à la date de dépôt de la demande faisant l'objet de la recherche (et non à la date de priorité), mais publié postérieurement à cette date et dont le contenu constituerait un état de la technique pertinent pour la nouveauté

Partie 3 : Opinion sur la brevetabilité**Cadre 4 : Remarques de forme et de clarté***- Remarques de clarté*

- La revendication 1 ne satisfait pas à l'exigence de clarté (art 35 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13), car l'objet de la protection demandée n'est pas clairement défini. La revendication tente de définir l'objet par le résultat recherché à travers les caractéristiques "le fait que l'évaporateur-condenseur (8) est agencé pour fonctionner à basse température" et "ses surfaces d'échange (9) sont déterminées de façon que l'énergie de transfert (Wt) de l'unité est inférieure ou égale au double de l'énergie minimale de dessalement Wm, afin de minimiser l'énergie totale de dessalement W". Cela revient simplement à énoncer le problème sous-jacent, sans indiquer les caractéristiques techniques nécessaires pour parvenir à ce résultat.
- La revendication 8 ne satisfait pas à l'exigence de clarté (art 35 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13), car l'objet de la protection demandée n'est pas clairement défini. La revendication tente de définir l'objet par le résultat recherché par la caractéristique "dans laquelle les surfaces d'échange (9) sont déterminées de façon à ce que l'énergie de transfert Wt soit égale ou supérieure à l'énergie de transfert minimale Wtm ". Cela revient simplement à énoncer le problème sous-jacent, sans indiquer les caractéristiques techniques nécessaires pour parvenir à ce résultat.

Cadre 7 : Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application Industrielle

Nouveauté	Revendications 3-8	Oui
	Revendications 1-2	Non
Activité inventive	Revendications aucune	Oui
	Revendications 1-8	Non
Application Industrielle	Revendications 1-8	Oui
	Revendications aucune	Non

Il est fait référence aux documents suivants. Les numéros d'ordre qui leur sont attribués ci-après seront utilisés dans toute la suite de la procédure

D1 : WO 2008058242 A2
 D2 : WO 2015014387 A1
 D3 : EP 1798202 A1
 D4 : WO 0196244 A1

- Nouveauté & Activité Inventive

Le document D1 décrit une unité, de dessalement d'eau (200) par distillation thermique par compression mécanique de vapeur comprenant :

- une enveloppe hermétique sous vide (204), avec, à l'intérieur,
- un espace (implicite) de réception d'eau à dessaler,
- un évaporateur-condenseur (228) dans ledit espace de réception présentant des surfaces d'échange (228) d'évaporation et de condensation,

- au moins un compresseur (240) avec un moteur et des moyens (242) de transport vers le compresseur de vapeur d'évaporation et, du compresseur, de vapeur compressée à condenser,

l'enveloppe comportant une entrée d'alimentation d'eau salée (282), des moyens (260) de chauffage de l'eau à dessaler et des sorties d'extraction de distillât (275), de concentrât (277) et de gaz non condensables (1300) ainsi que des moyens de mise sous vide de l'enveloppe (1300), caractérisée par le fait que l'évaporateur-condenseur (voir §47 à la page 10) est en une matière plastique conductrice de chaleur.

Par conséquent l'objet de la revendication 1 n'est pas nouveau par rapport à D1, conformément à l'article 26 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

Le document D2 décrit une unité, de dessalement d'eau (01) par distillation thermique par compression mécanique de vapeur comprenant :

- une enveloppe hermétique sous vide (01), avec, à l'intérieur,
- un espace (implicite) de réception d'eau à dessaler,
- un évaporateur-condenseur (02, 05, 07) dans ledit espace de réception présentant des surfaces d'échange (02, 05) d'évaporation et de condensation,
- au moins un compresseur (04) avec un moteur et des moyens (03) de transport vers le compresseur de vapeur d'évaporation et, du compresseur, de vapeur compressée à condenser, l'enveloppe comportant une entrée d'alimentation d'eau salée (feed water), des moyens de chauffage de l'eau à dessaler et des sorties d'extraction de distillât (distillate), de concentrât (brine) et de gaz non condensables (ngc-vax) ainsi que des moyens de mise sous vide de l'enveloppe (ngc-vac)

L'objet de la revendication diffère en ce que l'évaporateur-condenseur est en une matière plastique conductrice de chaleur.

Les documents D1 ou D3 décrivent l'emploi de matière plastique pour la fabrication des surfaces d'échanges.

Par conséquent l'objet de la revendication 1 n'est pas inventif par rapport au document D2 en combinaison avec D1 ou D3, conformément à l'article 28 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

Concernant les revendications dépendantes:

le document D1 décrit un espace de réception d'eau à dessaler qui comporte un premier compartiment comportant une enceinte de réchauffement de l'eau à dessaler entrante par les gaz non condensables.

La revendication 2 n'est pas nouvelle par rapport à D1, conformément à l'article 26 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

Le document D2 décrit que l'espace de réception d'eau à dessaler qui comporte un deuxième compartiment sous vide dans lequel est disposé l'évaporateur-condenseur comportant des conduits de condensation débouchant dans le premier compartiment. L'objet

de la revendication 3 n'est pas inventif par rapport à D2.

Le document D2 décrit une rampe d'arrosage d'eau. La revendication 4 n'est pas inventive par rapport à D2.

Le document D2 décrit que la sortie (distillate) d'extraction du distillât est ménagée dans le premier compartiment et, la sortie (brine) d'extraction du concentrât, dans le deuxième compartiment. L'objet de la revendication 5 n'est pas inventif par rapport à D2.

L'objet des revendications 6 et 7 est bien connu de l'homme de l'art. Par conséquent l'objet de ces revendications n'est pas considéré comme étant inventif par rapport à D1 ou D2.

L'objet des revendications 3-8 manque d'activité inventive conformément à l'article 28 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

- **Application industrielle**

L'objet de la présente invention est susceptible d'application industrielle au sens de l'article 29 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13, parce qu'il présente une utilité déterminée, probante et crédible.