

Titre : Echangeur thermique avec extracteurs de vapeur

Domaine d'application

La présente invention se rapporte au domaine du traitement d'eau aux fins de production d'eau potable et/ou d'eau à usage industriel.

- 5 Par exemple, comme eau à usage industriel, on peut citer l'eau déminéralisée, les eaux de procédés ou l'eau de service ; dans le cas de l'eau potable, on parle principalement de celle produite par les sociétés d'utilités afin d'approvisionner les réseaux de distributions publics ou communautaires.

- 10 Plus particulièrement, l'invention se rapporte aux procédés de dessalement d'eau, en particulier aux procédés de distillation mettant en œuvre un ou plusieurs échangeurs thermiques.

Par échangeur thermique, on entend au sens de la présente invention, un évapo-condenseur, un échangeur évaporateur condenseur ou encore un échangeur de chaleurs latentes.

Etat de l'art

- 15 Dans l'état de la technique, des procédés de dessalement d'eau, tels que les procédés mettant en œuvre la distillation par multiples effets (communément désigné par l'acronyme français DEM ou anglais MED pour « multi-effect distillation ») ou encore par compression mécanique de vapeur (communément désigné par l'acronyme français CMV ou anglais MVC pour « mechanical vapor compression ») sont actuellement connus et utilisés.
- 20 De tels procédés notamment permettent de produire une eau potable et/ou une eau à usage industriel d'eau par dessalement en mettant en œuvre un procédé de distillation d'un liquide à traiter sur au moins un échangeur thermique qui assure par transferts thermiques, d'une part, l'évaporation et, d'autre part, la condensation.

- 25 Par exemple, comme liquide à traiter, on peut citer l'eau de mer ou les eaux saumâtres. On entend par eau de mer, toute eau prélevée dans le milieu marin dont la concentration en sel est typiquement supérieure ou environ égale à 30 g/L. Notons que les eaux saumâtres couvrent les eaux brutes dont la salinité est comprise entre environ 1 g/L et la salinité de l'eau de mer. Par ailleurs, les eaux saumâtres sont généralement des eaux extraites de nappes aquifères dites eaux de forage, ou de mélanges entre eaux de forage et eaux de mer.

Comme liquide à traiter, on peut également considérer les eaux usées industrielles ou les eaux usées domestiques. Le produit du traitement de ces eaux est généralement soit utilisé comme eau à usage industriel, soit réinjecté dans le milieu naturel, soit, si la qualité le permet, utilisé dans des réseaux d'irrigation ou directement dilué dans des réseaux d'eau potable.

- 5 Dans l'état de l'art, les échangeurs thermiques utilisés dans de tels procédés sont typiquement construits en monobloc et comprennent une partie supérieure à l'aide de laquelle le liquide à traiter y est introduit et une partie inférieure à l'aide de laquelle on extrait au moins un produit issu du liquide traité après traitement du liquide à traiter. Généralement, les échangeurs thermiques sont caractérisés entre autres par un coefficient de transfert thermique global, une
- 10 configuration d'assemblage de couches, une surface d'échange et un encombrement ou volume.

- Il est à noter par ailleurs que les échangeurs thermiques actuellement utilisés sont typiquement installés dans une enceinte qui sert d'abord de moyen collecteur de la vapeur primaire. L'enceinte permet également la mise en œuvre du procédé d'évaporation
- 15 condensation à une pression différente de la pression atmosphérique, et dans ce cas les échangeurs thermiques travaillent à une température d'équilibre, ou température de vapeur, différente de 100°C. En particulier, le plus souvent et notamment dans les configurations qui visent à diminuer la consommation en énergie du procédé d'évaporation condensation, cette température d'équilibre est inférieure à 65°C afin, d'une part, de diminuer les problèmes et
- 20 risques liés à l'entartrage, et d'autre part d'augmenter l'efficacité des cycles thermodynamiques de ces échangeurs thermiques.

Pour permettre la compréhension de l'invention, nous ajoutons aux caractéristiques des échangeurs thermiques connus la notion de sous-ensembles. Chaque sous-ensemble est défini comme étant une portion d'un échangeur thermique donné.

- 25 Chacun des sous-ensembles de l'échangeur thermique comprend :
- une surface d'évaporation qui, au contact du liquide à traiter, lui transfère de la chaleur et permet la formation d'une vapeur primaire,
 - un espace de vapeur évaporée ou espace de vapeur primaire,
 - une surface de condensation qui, à la fois, condense en condensat une vapeur secondaire
- 30 et capte une chaleur latente de condensation, la vapeur secondaire étant la vapeur à condenser,
- un espace de vapeur à condenser ou espace de vapeur secondaire, et
 - une couche de matériau thermiquement conducteur qui assure le transfert thermique, la couche de matériau thermiquement conducteur étant située entre la surface d'évaporation et

la surface de condensation, ce matériau étant configuré pour transférer une partie au moins de la chaleur latente de condensation depuis la surface de condensation vers la surface d'évaporation, la surface d'évaporation étant typiquement opposée à la surface de condensation.

- 5 Les transferts thermiques réalisés par les matériaux thermiquement conducteurs de chacun des sous-ensembles des échangeurs thermiques actuels sont principalement constitués d'une chaleur latente de condensation qui est directement restituée au travers du matériau thermiquement conducteur et qui assure le phénomène d'évaporation. Ces transferts thermiques sont rendus possibles grâce, entre autres, à l'application d'un différentiel de
- 10 température, et également de pression notamment, entre la surface d'évaporation et la surface de condensation d'un des sous-ensembles de l'échangeur thermique.

- En particulier, lors de la mise en œuvre du procédé d'évaporation condensation, il y a une distinction entre deux types de vapeurs. La vapeur primaire qui est issue de l'évaporation du liquide à traiter qui se propage sur les surfaces d'évaporation de l'échangeur thermique. Cette
- 15 vapeur primaire circule du côté des surfaces d'évaporation dans les espaces de vapeur primaire. La vapeur secondaire qui est, quant à elle, destinée à être condensée sur l'échangeur thermique circule du côté des surfaces de condensation de l'échangeur thermique, dans les espaces de vapeur secondaire. Chacune des surfaces de condensation est généralement opposée, pour une couche de matériau thermiquement conducteur de
- 20 l'échangeur thermique, à une des surfaces d'évaporation de l'échangeur thermique.

- Par exemple, dans un échangeur thermique opéré par une compression mécanique de vapeur à un étage ou effet, la vapeur secondaire est condensée sur le même échangeur thermique, alors que dans une configuration à multiples effets (soit une compression mécanique à plusieurs étages, soit un MED), la vapeur secondaire est condensée sur un échangeur
- 25 thermique disposé en aval, c'est-à-dire sur l'échangeur thermique de l'effet suivant.

- Dans les échangeurs thermiques actuellement connus, la vapeur primaire générée au niveau d'une surface d'évaporation d'un sous-ensemble est amenée à circuler dans l'échangeur thermique au travers, en particulier, de tout espace de vapeur primaire présent dans chacun des sous-ensembles. En particulier, cette vapeur primaire circule depuis la surface
- 30 d'évaporation liée à un matériau thermiquement conducteur d'un sous ensemble vers un autre matériau conducteur, en particulier vers une autre surface d'évaporation, d'un autre sous-ensemble de l'échangeur thermique, ledit autre sous-ensemble pouvant être un sous-ensemble adjacent audit sous-ensemble mais pas nécessairement. En effet, la vapeur générée par l'évaporation, dite vapeur primaire, d'une partie du liquide à traiter ou en cours

de traitement est canalisée par les espaces de vapeur primaire jusqu'à sortir du volume de l'échangeur, puis est apportée par le procédé mis en œuvre sur des surfaces de condensation de l'échangeur thermique. Ainsi, au niveau des surfaces de condensation, les vapeurs du liquide en cours de traitement, dite vapeur secondaire et en particulier les vapeurs d'eau, 5 condensent et produisent le condensat, et les vapeurs des composés dont le point d'ébullition est inférieur à la température du procédé constituent les gaz non condensables qui doivent être extraits des espaces de condensation.

La vapeur primaire circule par ailleurs suivant des chemins disponibles entre les surfaces d'évaporation des matériaux thermiquement conducteurs de l'échangeur thermique et les 10 limites extérieures à l'échangeur thermique. Par exemple, ces chemins peuvent, ou doivent selon le cas, traverser des espaces de vapeur primaire liés aux surfaces d'évaporation d'autres sous-ensembles.

Pour ce faire, le liquide à traiter est typiquement apporté et réparti sur la partie supérieure de l'échangeur thermique et parcourt, sous l'effet de la gravité et grâce à la conception de 15 l'échangeur, toutes les surfaces d'évaporation de l'échangeur jusqu'à l'extraction ou moins partielle du produit du traitement en sa partie basse. Lors de la mise en œuvre du procédé d'évaporation condensation, seule une partie du liquide à traiter est évaporée. Par exemple, étant donné que les sels contenus dans le liquide à traiter ne peuvent pas être évaporés dans les conditions de mise en œuvre du procédé, ils restent dans le liquide à traiter et il en résulte 20 que la salinité du liquide à traiter augmente au fur et à mesure que ce dernier progresse sur les surfaces de l'échangeur lors de son déplacement entre sa partie supérieure et sa partie inférieure.

Il est à noter qu'à l'aide des échangeurs thermiques actuellement connus, il est possible d'avoir un coefficient de transfert thermique global de l'ordre de 3000 à 6500W/m².K, 25 coefficient dépendant de la configuration et de la taille de l'échangeur thermique en question.

Il existe une multitude de types d'échangeurs thermiques utilisables dans de tels procédés. Ces échangeurs thermiques sont de formes et de configurations différentes. Par exemple, les échangeurs thermiques peuvent comprendre plusieurs couches de matériaux thermiquement conducteurs sous forme de faisceaux de tubes (figure 13) ou sous-forme de plaques formant 30 des chambres alternées d'évaporation et de condensation (figure 12). Selon des configurations différentes, l'évaporation peut ainsi être mise en œuvre à l'intérieur de ces tubes ou de ces chambres, ou bien à l'extérieur. Il est à noter par ailleurs que les tubes ou chambres des échangeurs thermiques peuvent être disposés horizontalement ou verticalement ou peuvent encore être inclinés.

Il est à noter que les échangeurs thermiques conçus pour mettre en œuvre un fin film d'eau tombant (film tombant en français et communément désigné par l'acronyme anglais TFF pour Thin Falling Film) affichent les meilleurs coefficients de transfert thermique globaux mais sont d'un plus grand volume ou encombrement.

- 5 Par ailleurs, les échangeurs thermiques de l'état de l'art qui ne mettent pas en œuvre un fin film tombant (TFF) sont peu compatibles avec des utilisations à faible différentiel de températures entre les surfaces de condensation et les surfaces d'évaporation. Par exemple, les échangeurs thermiques de l'état de l'art qui ne mettent pas en œuvre un fin film tombant (TFF) peuvent être ceux dont les espaces de vapeur primaire sont au moins partiellement
- 10 emplis du liquide à traiter ou en cours de traitement. Par exemple, on peut citer les échangeurs thermiques à plaques dont les distances entre deux surfaces d'évaporations sont faibles, en particulier de l'ordre de un à quelques millimètres, et dans lesquels le liquide à traiter est apporté de manière turbulente et désorganisée où le phénomène d'ébullition est accompagné d'explosions de bulles qui mélangent des flux de liquide à traiter, ou en cours de traitement,
- 15 et de vapeur primaire. En effet, dans ces configurations, les vapeurs primaires doivent s'échapper du volume de l'échangeur thermique en traversant un espace au moins partiellement rempli du liquide à traiter, ou en cours de traitement, et cela génère des pertes de charge hydrauliques qui nécessitent la mise en œuvre d'un différentiel de pression supérieur, à savoir un différentiel associé de températures supérieures à 2 à 5°C.
- 20 Dans les installations de l'état de l'art mettant en œuvre un tel procédé d'évaporation condensation employant au moins un échangeur thermique tel que décrit précédemment, il est possible de produire à la fois un condensat et également un concentrat. Il est à noter que l'installation comprend généralement également d'autres éléments comme des conduits qui sont nécessaires à la collecte et à l'extraction de gaz non condensables notamment. Par
- 25 ailleurs, le condensat qui est collecté et extrait d'une telle installation peut être destiné à l'utilisateur domestique ou industriel. Le concentrat qui, quant à lui, est collecté et extrait d'une telle installation, est généralement rejeté dans le milieu naturel.

Par concentrat, on entend au sens de la présente invention, la portion d'un liquide à traiter, ou en cours de traitement, qui ne s'est pas évaporée lors de sa progression sur les surfaces

30 d'évaporation et/ou de condensation de l'échangeur thermique, et dont la salinité a augmenté. Le concentrat est généralement jeté.

Par gaz non condensables, on entend au sens de la présente invention, les vapeurs des composés d'un liquide à traiter dont le point d'ébullition est inférieur à la température de mise

en œuvre du procédé et qui, par conséquent, ont été évaporés mais ne peuvent pas condenser aux conditions mises en œuvre.

Par condensat, on entend au sens de la présente invention, le produit de la condensation d'une vapeur d'eau générée par l'évaporation d'une partie du liquide à traiter. Le condensat, qui peut également être désigné par distillat lorsqu'il s'agit d'une unité à simple effet, constitue le produit du traitement.

- Par ailleurs, le volume intérieur des échangeurs thermiques actuellement connus sont constituées de couches de matériaux thermiquement conducteurs présentant des épaisseurs de l'ordre de 0.8 à 1.5mm, pour répondre notamment à trois contraintes :
- 10 - la résistance mécanique de l'ensemble des échangeurs thermiques de grandes tailles est partiellement fournie par des plaques ou tubes échangeurs de chaleur qui font partie intégrante de la structure ;
 - puisque les épaisseurs des parois extérieures mises en œuvre sont importantes, les constructeurs choisissent des matériaux moins onéreux tels que le cupronickel, ou la fonte d'aluminium. Ils réservent les matériaux plus nobles tels que le Titane ou les aciers inoxydables Duplex ou Superduplex pour les petites parties les plus fragiles des échangeurs thermiques qui sont généralement les parties supérieures arrosées qui sont soumises à de la corrosion et à de l'érosion ;
 - 15 - l'épaisseur élevée des parois extérieures sert aussi à intégrer le phénomène de diminution d'épaisseur de paroi extérieure par érosion ou corrosion afin de permettre un fonctionnement sur une durée supérieure à 20 ans ou plus.

Cependant, dans l'état actuel de la technique, les performances des échangeurs thermiques de grandes tailles sont limitées. Par exemple, la surface d'échange spécifique par volume qui les caractérise est, dans le cas des échangeurs thermiques à fin film tombant, limitée à 40, voire à 80m²/m³ et leur coefficient de transfert thermique global est également limité à 3500 W/m².K, voire à 6500 W/m².K. Par ailleurs, les échangeurs thermiques utilisés actuellement sont généralement construits sur mesure et de manière monobloc dans leur enceinte et présentent des volumes et poids importants les rendant difficilement démontables ou déplaçables.

- 30 Un des buts de l'invention est de remédier aux insuffisances des procédés et dispositifs ou systèmes de dessalement de liquide de l'état de la technique.

Description de l'invention

La présente invention concerne un échangeur thermique comprenant plusieurs sous-ensembles constitués en partie d'une couche d'un matériau thermiquement conducteur, l'échangeur thermique comprenant :

- des surfaces d'évaporation configurées pour générer une vapeur primaire issue d'un liquide à traiter,
 - des surfaces de condensation configurées pour condenser une vapeur secondaire en condensat et pour capter une chaleur latente de condensation, la vapeur secondaire étant la vapeur à condenser,
- le matériau thermiquement conducteur étant configuré pour transférer une partie au moins de la chaleur latente de condensation depuis une ou plusieurs des surfaces de condensation vers une ou plusieurs des surfaces d'évaporation,
- l'échangeur thermique étant défini par un volume divisé en plusieurs zones, l'échangeur thermique étant caractérisé en ce que chacune des zones comprend au moins :
- un des sous-ensembles, et
 - un moyen extracteur configuré pour canaliser une partie au moins de la vapeur primaire générée dans la zone vers l'extérieur dudit volume.

Il est à noter que l'échangeur thermique est notamment configuré pour que la vapeur primaire se retrouve dans des conditions qui permettent son évaporation et la vapeur secondaire, dans des conditions permettant sa condensation. En particulier, au niveau d'un sous-ensemble donné, la vapeur secondaire est définie par une température et une pression supérieures à celles de la vapeur primaire.

Par zone, au sens de la présente invention, on entend une portion de l'échangeur thermique, qui est virtuellement définie ou matériellement dissociable, comprenant au moins un sous-ensemble et un moyen extracteur.

Deux zones successives peuvent être séparées l'une de l'autre par une partie de l'échangeur thermique. Autrement dit, deux zones successives peuvent être adjacentes ou non.

Une zone peut comprendre plusieurs sous-ensembles et plusieurs moyens extracteurs.

Il est à noter également qu'une zone peut prendre la forme d'un casier.

Par casier, au sens de la présente invention, on entend une portion de l'échangeur thermique qui est matériellement dissociable.

Par exemple, un casier ou une zone peut être constitué, selon l'invention, d'une ou plusieurs couches d'un matériau thermiquement conducteur, d'une ou plusieurs surfaces d'évaporation, d'une ou plusieurs surfaces de condensation et d'un ou plusieurs moyens extracteurs.

5 Par matériau thermiquement conducteur, au sens de la présente invention, on entend un matériau à l'aide duquel il est possible d'entretenir à la fois le phénomène d'évaporation et également de condensation d'un liquide à traiter, à savoir un matériau dont les propriétés thermiques sont suffisantes dans les conditions de mise en œuvre de l'échangeur thermique pour transmettre, d'une surface de condensation à la surface d'évaporation, au moins la chaleur latente de condensation générée par unité de surface. Par exemple, comme matériau
10 thermiquement conducteur présentant également des qualités suffisantes de résistance à la corrosion induite par le liquide à traiter, on peut citer la fonte d'aluminium, le cupronickel, les aciers inoxydables, le titane, et les matériaux composites de performances de conductivité thermique améliorées.

Selon l'invention, le coefficient de transfert thermique global de l'échangeur thermique est
15 augmenté. En particulier, les moyens extracteurs permettent d'extraire une partie au moins de la vapeur primaire générée par une surface d'évaporation d'un sous-ensemble donnée avant que celle-ci ne se déplace dans un espace de vapeur primaire d'un sous-ensemble adjacent. En effet, le phénomène d'évaporation est favorisé si l'atmosphère de vapeur adjacente à une surface d'évaporation donnée est moins chargée en vapeur saturée. Ainsi,
20 en extrayant ladite partie au moins de la vapeur primaire directement où elle est générée, ou dans différentes zones de l'échangeur thermique, on diminue soit en tout point, soit globalement, la pression de vapeur primaire saturée au voisinage des surfaces d'évaporation. Aussi, en canalisant la vapeur primaire, par exemple dans un conduit indépendant des espaces de vapeur primaire, on évite de créer des pertes de charges au sein dudit espace de
25 vapeur primaire, pertes de charges qui ont pour effet de diminuer en certains endroits le différentiel de pression négatif qui est nécessaire au phénomène d'évaporation. La canalisation ou extraction de la vapeur primaire favorise donc l'homogénéité des différentiels de pression négatifs et tend à éliminer la diminution de ce différentiel négatif nécessaire. Cela permet donc non seulement d'augmenter le coefficient de transfert thermique global de
30 l'échangeur thermique, mais également, d'utiliser l'échangeur thermique avec de très faibles différentiel de pression et différentiel de température, ce qui permet de diminuer la consommation en énergie du procédé mettant en œuvre un tel échangeur thermique.

Cependant, il est à noter que l'augmentation de performance globale de l'échangeur thermique est variable selon le mode de mise en œuvre du moyen extracteur de vapeur.

En particulier, le moyen extracteur est configuré pour canaliser une partie au moins de la vapeur primaire générée proche d'une surface d'évaporation d'un sous-ensemble et pour l'évacuer hors de l'échangeur thermique sans que cette vapeur primaire passe en particulier devant des surfaces d'évaporation d'autres sous-ensembles adjacents.

- 5 En particulier, plus le moyen extracteur est complexe et ramifié, plus la performance de l'échangeur thermique peut être accrue. Un équilibre entre les coûts de mise en œuvre d'un moyen extracteur plus ou moins ramifié et les améliorations de performances recherchées relatives à l'échangeur thermique devra être choisi pour chaque application et par chaque constructeur.
- 10 Par exemple, comme moyen extracteur, on peut avoir au moins un tube et/ou une chambre parallélépipédique qui peut être formée de deux plaques principales, le tube et/ou la chambre étant percé de trous inséré dans au moins un espace de vapeurs primaires au sein du volume de l'échangeur, ou au moins un tube dont une extrémité sert à aspirer et extraire de la vapeur primaire au sein du volume de l'échangeur, ou tout autre profilé percé d'orifices disposé selon
- 15 un principe similaire et qui peut être de toute forme.

- Par ailleurs, à l'aide du moyen extracteur, il est possible d'obtenir un échangeur thermique présentant un volume spécifique plus faible (volume de l'échangeur thermique par surface d'échange) que ceux actuellement utilisés, principalement lors de la mise en œuvre des échangeurs thermiques à fin film tombant ou ceux fonctionnant à faible différentiel de
- 20 températures. En effet, il est maintenant possible de proposer un échangeur thermique compact, dense, en diminuant l'espace contenu entre deux surfaces d'évaporation d'un sous-ensemble donné à quelques millimètres seulement tout en maintenant le coefficient de transfert thermique global maximal, ce qui était impossible avec des échangeurs thermiques actuels. En effet, actuellement, des échangeur thermiques espacés et de grandes tailles,
- 25 c'est-à-dire présentant un volume de l'ordre de 1 m^3 ou plus, par exemple à tubes horizontaux de rangées espacées de environ 20 à 30 mm, et/ou des échangeurs thermiques plus compacts, par exemple à plaques, mais de petites tailles, c'est-à-dire présentant un volume inférieur ou égal 0.5 m^3 , permettent de maintenir des performances allant de $3500 \text{ W/m}^2.\text{K}$ voire jusqu'à $6500 \text{ W/m}^2.\text{K}$.
- 30 L'échangeur thermique selon l'invention peut être défini par un volume spécifique inférieur à ceux des échangeurs thermiques actuellement utilisés et réalisé à base de matériaux caractérisés par des résistances mécaniques inférieures aux matériaux actuellement employées dans les échangeurs thermiques. En effet, les matériaux utilisés dans l'échangeur

thermique selon l'invention doivent résister à des contraintes mécaniques inférieures à celles auxquelles doivent résister les matériaux employés dans les échangeurs thermiques actuels.

En particulier, il est donc possible de remplacer les matériaux des couches de matériau thermiquement conducteur par des matériaux plus nobles. En effet, actuellement pour les
5 échangeurs de grandes tailles, à fin film tombant par exemple, les matériaux nobles tels que le Titane ou les aciers inoxydables Duplex ou Superduplex sont réservées aux parties sensibles de l'échangeur thermique, par exemple à la partie supérieure de l'échangeur thermique au travers de laquelle on arrose le liquide à traiter, cette partie supérieure étant soumise à la corrosion et à l'érosion. Mais avec les économies de fabrication réalisées à l'aide
10 de la présente invention, il est maintenant possible de fabriquer un échangeur thermique présentant des couches entièrement composées du même matériau noble.

Il est à noter que l'échangeur thermique selon l'invention peut être de préférence un échangeur thermique de type à fin film tombant.

A plus forte raison, l'échangeur thermique selon l'invention peut comprendre, en guise de
15 zones, plusieurs casiers de faibles dimensions. Dans ce cas, les épaisseurs de couches d'un matériau thermiquement conducteur qui n'étaient pas suffisantes sur des grands volumes relatifs aux échangeurs thermiques actuels le sont maintenant selon l'invention. Une plus grande densité de couche de matériau thermiquement conducteur de plus faibles épaisseurs permet donc de construire des sous-ensembles de faibles dimensions qui peuvent être
20 intégrés dans des casiers, qui sont légers et qui ne nécessitent pas de structure de supportage autre que, par exemple, des brides latérales. Lesdites brides latérales permettant en outre de faciliter la liaison entre chaque casier.

Dans un mode particulier de l'invention, il est avantageux d'extraire de manière optimale la vapeur primaire. Par conséquent, dans ce mode de réalisation, chacune des zones peut
25 comprendre plusieurs moyens extracteurs.

Dans un mode particulier de l'invention, il est avantageux de collecter la vapeur primaire extraite par les moyens extracteurs pour la réinjecter dans l'échangeur thermique ou l'utiliser autrement. Par conséquent, dans ce mode de réalisation chaque zone peut comprendre en outre un moyen collecteur connecté à un ou plusieurs moyens extracteurs de ladite zone, le
30 moyen collecteur étant configuré pour collecter la vapeur primaire extraite par lesdits un ou plusieurs moyens extracteurs de ladite zone.

Dans ce mode particulier de l'invention, il est avantageux d'utiliser le moins de moyens collecteurs possibles pour faciliter la confection d'un tel échangeur thermique tout en limitant

les coûts liés à l'utilisation d'un grand nombre de moyens collecteurs. Par conséquent, dans ce mode de réalisation, le moyen collecteur d'une des zones peut, de préférence, être interconnecté au moyen collecteur d'une autre desdites zones, les moyens collecteurs interconnectés étant en outre connectés à une canalisation configurée pour canaliser la
5 vapeur primaire collectée par les moyens collecteurs interconnectés vers l'extérieur dudit volume.

Dans un mode particulier de l'invention, on souhaite densifier un maximum le volume de l'échangeur thermique pour qu'il puisse contenir le plus grand nombre de sous-ensembles. Par conséquent, dans ce mode de réalisation, deux desdites zones successives peuvent être
10 adjacentes.

Dans un mode particulier de l'invention, il est avantageux de faciliter davantage la confection et l'entretien de l'échangeur thermique. Par conséquent, dans ce mode de réalisation, deux desdites zones successives peuvent être égales.

Par deux zones égales, on entend au sens de la présente invention, deux zones qui
15 comprennent les mêmes éléments et qui sont configurées de la même façon.

Dans un mode particulier de l'invention, il est avantageux d'utiliser des zones, par exemple de type casier, et de connecter ces casiers entre eux pour qu'un deuxième casier connecté en aval d'un premier casier puisse véhiculer et extraire sa vapeur primaire. Dans ce mode de réalisation, chacune desdites zones peut comprendre en outre un moyen d'introduction de la
20 vapeur secondaire.

Dans ce mode particulier de l'invention, il est avantageux que chaque zone, par exemple de type casier, soit autonome. Par conséquent, dans ce mode de réalisation, chacune des zones peut, de préférence, comprendre en outre un moyen de retrait configuré pour retirer le condensat et des gaz non condensables.

25 Il est à noter que chacune des couches d'un matériau thermiquement conducteur peut comprendre une surface d'évaporation et une surface de condensation, la surface d'évaporation étant opposée à la surface de condensation.

La couche d'un matériau thermiquement conducteur peut se présenter sous toute forme, en particulier sous la forme d'un objet bidimensionnel ou tridimensionnel.

30 Par objet bidimensionnel, on entend au sens de la présente invention, un élément dont la longueur et la largeur sont bien plus importantes que l'épaisseur. Par exemple, un objet bidimensionnel peut être un film, une feuille, ou une plaque.

Par objet tridimensionnel, on entend au sens de la présente invention, un objet en volume qui n'est pas un objet bidimensionnel. Par exemple, un objet tridimensionnel peut être un tube, une sphère, un parallélépipède

5 Dans un mode particulier de l'invention, il est avantageux d'utiliser des matériaux nobles sans pour autant élever déraisonnablement les coûts liés à une telle utilisation. Par conséquent, dans ce mode de réalisation, l'épaisseur de ladite couche d'un matériau thermiquement conducteur est inférieure à 400 μm , de préférence inférieure à 300 μm , ou encore de préférence inférieure à 200 μm .

10 Par exemple, l'épaisseur de la couche de matériau thermiquement conducteur peut être comprise entre 25 μm et 100 μm lorsque ce matériau est un métal noble, et peut être comprise entre 40 μm et 250 μm lorsque ce matériau est en plastique composite.

Dans un mode particulier de l'invention, la structure de l'échangeur thermique est avantageusement équivalente à celle des échangeurs thermiques actuellement utilisés. Par conséquent, dans ce mode de réalisation, la couche d'un matériau thermiquement conducteur
15 peut être sous forme d'une plaque comprenant une des surfaces d'évaporation et une des surfaces de condensation.

Dans ce mode particulier de l'invention, lorsque la couche d'un matériau thermiquement conducteur est sous forme d'une plaque, il est avantageux de réaliser un échangeur thermique de grande taille et très compact, affichant des coefficients de transfert thermique global
20 optimaux allant jusqu'à 6500 $\text{W/m}^2\cdot\text{K}$, ou encore 7000 à 8000 $\text{W/m}^2\cdot\text{K}$. Pour information, les échangeurs thermiques de grandes tailles à performances acceptables selon l'état de l'art présentent une surface d'échange spécifique par volume de l'ordre de 40 à 60 m^2/m^3 alors qu'à l'aide de l'échangeur thermique à plaques selon l'invention, il est possible d'avoir une surface d'échange spécifique par volume très largement supérieure, pouvant aller jusqu'à
25 100 m^2/m^3 , voire 200 m^2/m^3 voire 250 m^2/m^3 . Cette augmentation importante de surface spécifique par volume ajoutée au maintien d'une capacité de transfert thermique élevée permet de diminuer substantiellement la taille et le coût des installations de distillation mettant en œuvre ce type d'échangeur thermique. Par conséquent, dans ce mode de réalisation, y compris en mettant en œuvre un fin film tombant, deux plaques adjacentes peuvent, de
30 préférence, être éloignées d'une distance d comprise entre 2mm et 15mm. Dans l'espace délimité par cette distance d peut se retrouver le moyen extracteur, mais pas nécessairement. La distance d peut de préférence être comprise entre 2mm et 7mm. Ledit moyen extracteur peut prendre la forme d'une chambre d'extraction dont l'épaisseur, à savoir la distance d entre

les parois extérieures des deux plaques principales qui la constituent est comprise entre 0.5 et 5 mm, l'épaisseur de chacune desdites plaques pouvant être comprise entre 25 et 500µm.

L'échangeur thermique selon l'invention présente également plusieurs avantages si l'on travaille avec un faible différentiel de température appliqué entre la surface de condensation et la surface d'évaporation d'une même plaque, c'est-à-dire un faible différentiel de température entre la vapeur secondaire et primaire. Il est à noter que les échangeurs thermiques actuels travaillent typiquement avec des différentiels de température nettement supérieurs à 1°C, souvent entre 2.0 et 2.5°C, voire supérieurs ou égaux à environ 5°C pour les échangeurs thermiques non à fin film tombant. Les différentiels de température, à vapeur saturée, sont associés selon les lois de la physique à des différentiels de pression, et un différentiel de température compris entre 2.0 et 2.5°C correspond à un facteur de compression, dans le cas d'une mise en œuvre selon la MVC à simple effet, respectivement compris entre 1,11 et 1,14. De tels différentiels de température et de pression sont régis par la taille et la capacité d'échange thermique des échangeurs thermiques actuellement utilisés.

Dans un mode particulier de l'invention, l'échangeur thermique présente, quant à lui, un différentiel de température appliqué entre ladite surface de condensation et ladite surface d'évaporation d'une même plaque, compris entre 0,4 et 1,2 °C lorsque le liquide à traiter est une eau de mer, et 0,1 et 0,9 °C lorsque le liquide à traiter est une eau saumâtre. De tels différentiels étant possibles grâce à l'utilisation des moyens extracteurs qui permettent d'installer une très grande capacité d'échange dans un volume typique sans affecter ou diminuer le différentiel de pression négatif ni augmenter la saturation de vapeur saturée qui sont deux phénomènes qui diminuent le coefficient de transfert thermique global des échangeurs, voire empêchent son fonctionnement correct à des différentiels de température proches de l'écart ébullioscopique. Dans le cas de l'eau de mer, avec un procédé fonctionnant avec une température de vapeur environ égale à 45°C par exemple, l'écart ébullioscopique est environ égal 0.4°C ; si l'on souhaite opérer le procédé d'évapo-condensation avec un différentiel de température total entre la surface de condensation et la vapeur primaire saturée qui soit compris entre 0.5°C et 0.7°C par exemple, le différentiel de température effectif entre les deux faces d'une couche sera donc compris entre 0.1°C et 0.3°C. Si, selon l'état de l'art, on opère un échangeur thermique de grande taille sans moyen extracteur avec un différentiel de température effectif égal à 0.3°C, par exemple, et que les pertes de charges hydrauliques sur certains trajets des vapeurs primaires sont telles qu'elles correspondent, selon Mollier, à un différentiel de température à vapeur saturée de, par exemple, 0.1°C, ou davantage, la capacité d'échange thermique de l'échangeur thermique serait diminuée d'un tiers, ou davantage, aux endroits concernés. Grâce à l'invention, nous pouvons opérer des échangeurs

thermiques de grandes tailles et compacts, avec un différentiel de température effectif aussi faible que par exemple 0.1°C, sans perte d'efficacité.

Dans un mode préféré de l'invention, l'échangeur thermique est utilisé avec de l'eau de mer à 35g/l, un taux de conversion de 30 à 40%, une température d'équilibre, c'est-à-dire de
5 vapeur primaire, de 40 à 45°C, une pression absolue de l'enceinte de 0.05 à 0.1bar, et un différentiel de température effectif entre les deux surfaces d'évaporation et de condensation d'une couche de matériau thermiquement conducteur entre 0.1 à 0.3°C, ce qui correspond à un différentiel de température total entre surface de condensation et vapeur primaire saturée de 0.5 à 0.7°C.

10 Dans d'autres modes de réalisation de l'invention, l'échangeur thermique peut être utilisé de manière efficace avec des différentiels de température effectif aussi faibles que 0.1 à 0.5°C pour tout autre type d'eau à traiter dont l'écart ébullioscopique est différent, selon le même mode de calcul pour déterminer le différentiel de température total de chaque configuration
15 différente. Ainsi, l'échangeur thermique est de préférence caractérisé en ce que le différentiel de température effectif entre la surface de condensation et la surface d'évaporation d'une couche d'un matériau thermiquement conducteur peut être inférieur à 0.5°C.

Dans un mode particulier de l'invention, il est avantageux que l'échangeur thermique puisse être constitué d'un nombre de zones, par exemple de type casiers, ces casiers étant monoblocs et autoportés et comprennent des couches de matériaux thermiquement
20 conducteurs présentant de très faibles épaisseurs, en particulier inférieures à 250µm, et très rapprochées entre elles, en particulier d'une distance d inférieure à 2 à 7mm. Par conséquent, dans ce mode de réalisation, le rapport entre le nombre de zones, qui peuvent être des casiers, et ledit volume est compris entre 4 et plusieurs milliers.

Par casier autoporté, au sens de la présente invention, on entend un assemblage par soudure
25 ou collage de couches de matériaux thermiquement conducteurs constituant au moins une partie de l'échangeur thermique, ou un casier, l'assemblage tenant ensemble seul ou à l'aide de brides latérales soudées ou collées, pouvant être transporté, installé et mis en œuvre sans se déformer ni nécessiter un moyen de renfort ou support externe.

Grace à la conception d'un échangeur thermique par assemblage de zones, par exemple de
30 type casiers, selon un mode préférentiel de mise en œuvre, ces zones présentent une section d'une taille inférieure à celle d'une porte d'accès à l'enceinte de type trou d'homme, dont le diamètre intérieur est typiquement de 600 à 800mm. Cette faculté permet à un ou deux hommes seulement, sans outillage encombrant ni spécial, et sans devoir ouvrir toute une face

de l'enceinte, ou au moins une grande partie de cette dernière, de désassembler l'échangeur thermique et de transporter à la main les casiers vers un atelier de maintenance.

Selon un autre aspect, l'invention concerne l'utilisation d'un échangeur thermique tel que décrit précédemment dans un procédé mettant en œuvre une compression mécanique de
5 vapeur.

De préférence, la compression mécanique de vapeur peut être à simple effet.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui suit, faite uniquement à titre d'exemple, et en référence aux figures en annexe dans lesquelles :

[Fig 1] représente schématiquement une partie d'un échangeur thermique comprenant des
10 plaques selon un mode de réalisation de l'invention ;

[Fig 2] représente schématiquement un moyen extracteur compris dans un échangeur thermique selon un mode de réalisation de l'invention ;

[Fig 3] représente schématiquement une partie d'un échangeur thermique comprenant des tubes selon un mode de réalisation de l'invention ;

[Fig 4] représente schématiquement un moyen extracteur compris dans un échangeur thermique selon un mode de réalisation de l'invention ;
15

[Fig 5] représente schématiquement une partie d'un échangeur thermique selon un mode de réalisation de l'invention ;

[Fig 6A] et [Fig 6B] représentent schématiquement des sections d'un échangeur thermique selon un mode de réalisation de l'invention ;
20

[Fig 7] représente un échangeur thermique selon un mode de réalisation de l'invention ;

[Fig 8] illustre un échangeur thermique selon un mode de réalisation de l'invention qui met en œuvre des sous-ensembles matériellement dissociables de type casier ;

[Fig 9A], [Fig 9B] et [Fig 9C] représentent des vues d'un sous ensemble d'un casier simplifié et sa compatibilité dans un échangeur thermique selon un mode de réalisation de l'invention ;
25

[Fig 10] représente schématiquement une partie d'un échangeur thermique comprenant de plaques inclinées selon un mode de réalisation de l'invention ;

[Fig 11A] représente schématiquement un échangeur thermique comprenant un assemblage de casiers selon un mode de réalisation de l'invention ;

[Fig 11B] représente schématiquement un échangeur thermique comprenant des tubes selon un mode de réalisation de l'invention ;

- 5 [Fig 12] représente une partie d'un échangeur thermique comprenant des plaques selon l'état de l'art ; et

[Fig 13] représente une partie d'un échangeur thermique comprenant des tubes selon l'état de l'art.

- 10 La description qui suit présente des parties au moins d'échangeurs thermiques, type évapo-condenseur, réalisées selon l'invention et comprenant plusieurs zones. L'échangeur thermique est configuré pour dessaler une eau de mer. Chaque zone est soit une division virtuelle soit un casier matériellement dissociable de l'échangeur thermique et est constituée de plusieurs éléments de l'échangeur thermique. L'assemblage de plusieurs zones, par exemple en réseau, forme l'échangeur thermique. L'échangeur thermique est délimité par son
- 15 volume Vec. Certains des zones ou casiers peuvent par exemple être empilés les uns sur les autres.

- L'échangeur thermique est constitué de plusieurs sous-ensembles qui sont chacun constitués en partie d'une couche d'un matériau thermiquement conducteur. Cette couche d'un matériau thermiquement conducteur comprend une surface d'évaporation configurée pour générer,
- 20 dans un espace de vapeur à évaporer ou espace de vapeur primaire, une vapeur primaire issue de l'eau de mer, et une surface de condensation configurée pour condenser, dans un espace de vapeur à condenser ou espace de vapeur secondaire, une vapeur secondaire en condensat et pour générer une chaleur latente de condensation, la vapeur secondaire étant la vapeur à condenser.

- 25 Il est à noter que chaque sous-ensemble est constitué en partie d'une couche d'un matériau thermiquement conducteur présentant une épaisseur inférieure à 400 μm , par exemple en titane, acier duplex ou superduplex ou équivalent, ou matériau plastique composite de performance thermique améliorée.

- En particulier, pour une couche d'un matériau thermiquement conducteur, chaque surface
- 30 d'évaporation est opposée à chaque surface de condensation. Par ailleurs, le matériau thermiquement conducteur est configuré pour transférer une partie au moins de la chaleur

latente de condensation depuis la surface de condensation vers la surface d'évaporation d'un sous-ensemble donnée.

L'échangeur thermique comprend en outre une partie supérieure au travers de laquelle est introduite l'eau de mer. Ainsi, l'eau de mer à dessaler est répartie sur la partie supérieure de l'échangeur thermique et percole par gravité sur toutes les surfaces d'évaporation des sous-ensembles. Par exemple, prenons le cas de deux sous-ensembles empilés, un premier sous-ensemble étant disposé sur un deuxième sous-ensemble. Dans cette configuration, l'eau de mer qui percole par gravité en partie basse du premier sous ensemble arrose la partie supérieure des surfaces à mouiller du deuxième sous-ensemble, et ainsi de suite pour les autres sous-ensembles éventuels, jusqu'à arriver tout en bas de l'échangeur thermique afin de constituer le concentrat.

L'invention porte sur toutes les configurations possibles d'échangeurs thermiques, mais afin de présenter une description intelligible, les exemples qui suivent se focalisent sur des échangeurs thermiques employant des matériaux thermiquement conducteurs sous forme de plaques ou sous forme de faisceau de tubes. Les exemples suivants illustrent des configurations à plaques verticales ou à tubes horizontaux, avec condensation à l'intérieur des chambres ou des tubes, mais l'invention peut être mise en œuvre avec tout type de configuration. Dans certaines configurations, les plaques peuvent être parallèles ou non.

La figure 1 illustre une partie d'un échangeur thermique à plaques verticales. Particulièrement, chacune des plaques verticales représente une première partie de l'échangeur thermique. Chacune de ces premières parties représente une chambre d'évapo-condensation 100 en trait continu. Chaque chambre d'évapo-condensation 100 comprend notamment un matériau thermiquement conducteur ainsi qu'une surface d'évaporation et une surface de condensation. Chacune de ces chambres d'évapo-condensation 100 comprend en particulier également un espace de vapeur primaire situé du côté de la surface d'évaporation et un espace de vapeur secondaire situé du côté de la surface de condensation. Du côté de la surface d'évaporation est donc générée la vapeur primaire.

Sur toutes les figures, les pointillés représentent des chambres d'extraction 200 de vapeur primaire. Comme illustré en figure 2, chacune de ces chambres d'extraction 200 comprend au moins un moyen extracteur 210 qui se représente comme étant un parallélogramme rectangle comprenant notamment deux grandes faces, en particulier deux plaques principales, percées chacune d'un réseau de trous 220, le moyen extracteur 210 étant inséré dans au moins un espace de vapeurs primaires au sein du volume de l'échangeur.

Il est à noter par ailleurs que la distance d entre une chambre d'évapo-condensation 100 et une chambre d'extraction 200 adjacente est comprise entre 2 mm et 7 mm. L'épaisseur d'une chambre d'extraction 200, ou plus précisément la distance qui sépare les extrémités extérieures des deux plaques principales qui la constitue, est comprise entre 0.5 et 10 mm ;

5 l'épaisseur desdites deux plaques principales étant comprise entre 25 μm et 500 μm .

En particulier, selon un exemple de réalisation, la chambre d'extraction 200 est située entre deux surfaces d'évaporation de deux sous-ensembles adjacents, et est connectée à un moyen aspirateur pouvant en outre être connectée à un système de conduits représentant un réseau d'aspiration de la vapeur primaire. Cette chambre d'extraction 200 en trait pointillé constitue

10 la deuxième partie de l'échangeur thermique. Il est à noter que chacune des chambres d'extraction 200 est représentée en pointillés sur les figures dans le seul but de les différencier visuellement des chambres d'évapo-condensation 100.

En particulier, comme illustré sur la figure 1, chaque chambre d'extraction 200 de vapeur primaire est installée entre deux chambres d'évapo-condensation 100. A l'aide de la chambre

15 d'extraction 200, une partie au moins de cette vapeur primaire est alors canalisée, c'est à dire collectée et dirigée vers d'autres éléments pour être ultérieurement traitée (par exemple une recompressions dans le cas de la MVC, ou un transfert vers un effet ou étage suivant dans le cas de la MED ou de MVC à plusieurs effets).

Par ailleurs, selon l'exemple illustré dans cette figure 1, un moyen d'introduction de la vapeur

20 secondaire (non représenté) assure la livraison de la vapeur secondaire à l'intérieur de chacune des chambres d'évapo-condensation 100, en particulier dans son espace de condensation. Ainsi, dans chacune des zones telles que définie précédemment, il y a génération de vapeur primaire par la chambre d'évapo-condensation 100 et également extraction de celle-ci par la chambre d'extraction 200. La vapeur primaire générée est

25 canalisée et extraite hors de l'échangeur thermique sans passer par les surfaces d'évaporation d'autres zones.

Il est à noter que la plus petite zone possible sur la figure 1 est définie par un découpage virtuel en parallélépipèdes rectangles de l'échangeur. Chaque plus petite zone comprend un seul trou percé dans une chambre d'extraction 200, une partie de la chambre d'évapo-

30 condensation 100 adjacente, et des volumes nécessaires autour de ces chambres afin d'inscrire le découpage virtuel en réseau continu. De cette manière, ladite plus petite zone comprend bien au moins une couche de matériau conducteur de chaleur, une face d'évaporation et un espace de vapeur primaire, une face de condensation et un espace de vapeur secondaire, un moyen extracteur constitué dudit seul trou percé, et une canalisation

(constituée de la chambre d'extraction qui est elle-même reliée à un moyen collecteur) qui extrait la vapeur primaire hors de l'échangeur.

Dans une variante de réalisation non illustrée, chacune des zones peut comprendre plusieurs moyens extracteurs. Par ailleurs, chaque zone peut également comprendre en outre un
5 moyen collecteur connecté à un ou plusieurs moyens extracteurs de la zone. Dans cette configuration, le moyen collecteur est configuré pour collecter la vapeur primaire extraite par lesdits un ou plusieurs moyens extracteurs de la zone.

Dans une variante de réalisation non également illustrée, le moyen collecteur d'une desdites zones est interconnecté au moyen collecteur d'une autre desdites zones. Dans cette
10 configuration, les moyens collecteurs interconnectés sont en outre connectés à une canalisation configurée pour canaliser la vapeur primaire collectée par les moyens collecteurs interconnectés vers l'extérieur du volume définissant l'échangeur thermique, c'est à-dire hors du volume intérieur délimité par les parois extérieures de l'échangeur thermique.

Dans une variante de réalisation non également illustrée, chacune des zones comprend en
15 outre un moyen de retrait configurée pour retirer le condensat et des gaz non condensables.

Chacune des zones telle que définie comprend en outre un moyen d'extraction de la vapeur primaire pour assurer son transport vers le moyen extracteur de une ou plusieurs autres zones.

Ainsi, selon ces exemples, les vapeurs primaires sont canalisées localement et acheminées
20 vers l'extérieur de l'échangeur thermique.

Les figures 3 et 4 illustrent une autre mise en œuvre du même principe avec des chambres d'évapo-condensation 100 en forme de tubes plutôt qu'en forme de plaques comme c'est illustré dans les figures 1 et 2.

De la même manière qu'avec des échangeurs thermiques à plaques, il est possible d'insérer
25 une chambre d'extraction 200 de vapeur primaire entre deux colonnes 300 de tubes de l'échangeur thermique, lorsque ce dernier est réalisé sous forme de faisceaux de tubes. Comme illustré sur la figure 4, le moyen extracteur de vapeur primaire peut être construit en assemblage de tubes qui empruntent une direction ou la même direction que celle des colonnes 300 de tubes de l'échangeur thermique. L'assemblage de tubes est connecté à un
30 moyen collecteur de la même manière que les chambres d'extraction 200 de vapeur.

Dans le cas où l'arrosage du liquide à traiter est fait sur toute la face supérieure de l'échangeur thermique sans distinction, il convient d'installer des protections empêchant le liquide à traiter

de mouiller les moyens extracteurs. Ces protections peuvent prendre la forme de profilés, par exemple de section en V ouverts vers le bas, installés au-dessus de chaque chambre d'extraction 200, de manière à ce que lesdits profilés renvoient l'eau arrosée sur les couches thermiquement conductrice de l'échangeur thermique.

- 5 La figure 5 illustre quant à elle un assemblage de l'échangeur thermique 400 selon la figure 1, pourvu de brides latérales (une bride gauche 410 et une bride droite 420). L'assemblage est réalisé de deux parties. La première partie est un empilage successif de plusieurs ensembles collés ou soudés, chacun composé d'une couche d'un matériau thermiquement
- 10 couche d'un matériau thermiquement conducteur, puis d'une entretoise fermant l'espace de condensation, puis d'une seconde couche d'un matériau thermiquement conducteur, puis d'une entretoise fermant l'espace de vapeur primaire et pourvue d'une chambre d'extraction 200. La deuxième partie comprend : un moyen collecteur de la vapeur primaire, un moyen d'introduction de la vapeur secondaire, un moyen de retrait de condensat et de gaz non condensables. Si l'on observe la section longitudinale d'une entretoise fermant l'espace de condensation (figure 6A) et la
- 15 représentation d'une entretoise fermant l'espace de vapeur primaire et pourvue d'une chambre d'extraction 200 (figure 6B) , on comprend que la bride de droite 420 en figure 5 permet d'introduire la vapeur secondaire dans les chambres d'évapo-condensation 100, et que la bride de gauche 410, en sa partie centrale permet de collecter la vapeur primaire, en sa partie inférieure permet de collecter le condensat et les gaz non condensables lourds, et
- 20 en sa partie supérieure de collecter les gaz non condensables légers.

La figure 7 illustre une déclinaison de l'échangeur selon l'exemple illustré à la figure 5 où les chambres d'évapo-condensation 100 sont tubulaires comme illustré aux figures 3 et 4.

- La figure 8 illustre quant à elle une autre forme de réalisation de l'invention qui met en œuvre des zones matériellement dissociables ou casiers 500. L'échangeur thermique présenté est
- 25 de même taille, de même capacité d'échange, et de même volume que celui de la figure 5. L'échangeur thermique de la figure 8 est constitué de plusieurs casiers 500 (36 dans notre exemple) matériellement distincts et empilables. Les casiers 500 peuvent en outre être eux-mêmes constitués, ou non, d'un grand nombre de sous-zones. Les casiers 500 peuvent également être réalisés de manière identique à un échangeur thermique selon la figure 5 de
- 30 taille réduite. Chaque casier 500 est muni de son propre sous-collecteur de vapeur primaire qui est connecté préférentiellement à chaque moyen extracteur des autres casiers. Chaque casier 500 peut également comprendre un ensemble de conduits pouvant être ses propres sous-moyens d'introduction de la vapeur secondaire, qui peut être la bride de droite 420, et de retrait de condensat et de gaz non condensables qui peut être la bride de gauche 410 .
- 35 Les sous-moyens des casiers 500 sont, dans une forme de réalisation optimisée,

interconnectés en leur parties haute et basse des empilements pour former des conduits 510 et 520 qui sont eux-mêmes reliés aux collecteurs principaux 550 de vapeurs, distillat et gaz non condensables de l'échangeur thermique. Chacun des conduits 510 et 520 est formé par un assemblage vertical ou horizontal respectivement des brides gauches 410, et des brides droites 420. Les conduits 510 sont des conduits d'extraction de vapeur primaire, de condensat et de gaz non condensables. Les conduits 520 sont des conduits d'alimentation en vapeur secondaire.

La figure 9A qui est une vue en perspective d'un casier 500 ne montre pas les chambres d'évapo-condensation 100 pour faciliter la lecture. La figure 9A montre la bride gauche 410 d'un casier simplifié, où le moyen extracteur de la vapeur primaire est réduit à un réseau 430 de fentes ou d'orifices percés dans la bride de gauche 410 adaptée à collecter la vapeur primaire, sans qu'il soit nécessaire qu'une chambre d'extraction 200 soit présente entre chaque chambre d'évapo-condensation 100 comme illustré en figure 1.

Les figures 9B et 9C montrent des sections horizontales du casier simplifié de la figure 9A. Elles montrent que cette configuration simplifiée est avantageusement compatible avec un assemblage de chambres d'évapo-condensation 100 à plaques dont les sections sont croissantes sur le chemin de la vapeur primaire et décroissante sur le chemin de la vapeur secondaire.

La figure 10 montre un exemple de mise en œuvre de l'invention pour un assemblage de plaques d'évapo-condensation inclinées, où une seule face des chambres d'évapo-condensation 100 qui en résultent est thermiquement active. En effet, dans cette configuration, c'est la chambre d'évapo-condensation 100 adjacente à celle considérée qui forme la chambre d'extraction 200 de la vapeur primaire.

La figure 11A montre un assemblage de casiers simplifiés ; cette représentation montre bien les réseaux 430 de fentes (en pointillé, apparaissant comme plus sombres) de vapeur primaire insérés au sein de l'échangeur thermique. Les réseaux 430 de fentes sont, par exemple, directement liés aux conduits 510 d'extraction, formées par l'emboîtement des brides des casiers.

La figure 11B illustre un échangeur thermique en faisceau de tubes horizontaux, dans lequel seulement quelques moyens extracteurs de vapeur ont été placés (en pointillé, apparaissant comme plus sombres) en son sein. Cet échangeur thermique selon un mode particulier de l'invention, est constitué de plusieurs zones virtuelles, chaque zone comportant au moins un trou d'extraction de vapeur collectée et extraite hors du volume de l'échangeur thermique. Cet

exemple montre une mise en œuvre partielle de l'invention en installant seulement quelques collecteurs ou moyens extracteurs de vapeur primaire au sein de l'échangeur thermique, avec pour but d'améliorer les performances de manière seulement partielle mais à moindre coût.

REVENDICATIONS

- 5 1. Echangeur thermique comprenant plusieurs sous-ensembles constitués en partie d'une couche d'un matériau thermiquement conducteur, ledit échangeur thermique comprenant :
- des surfaces d'évaporation configurées pour générer une vapeur primaire issue d'un liquide à traiter,
 - des surfaces de condensation configurées pour condenser une vapeur secondaire en condensat et pour capter une chaleur latente de condensation, la vapeur
- 10 secondaire étant la vapeur à condenser, ledit matériau thermiquement conducteur étant configuré pour transférer une partie au moins de la chaleur latente de condensation depuis une ou plusieurs desdites surfaces de condensation vers une ou plusieurs desdites surfaces d'évaporation, ledit échangeur thermique étant défini par un volume divisé en plusieurs zones,
- 15 ledit échangeur thermique étant caractérisé en ce que chacune desdites zones comprend au moins :
- un desdits sous-ensembles, et
 - un moyen extracteur configuré pour canaliser une partie au moins de ladite vapeur
- 20 primaire générée dans ladite zone vers l'extérieur dudit volume.
2. Echangeur thermique selon la revendication 1, caractérisé en ce que chacune desdites zones comprend plusieurs moyens extracteurs.
3. Echangeur thermique selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que
- 25 chaque zone comprend en outre un moyen collecteur connecté à un ou plusieurs moyens extracteurs de ladite zone, ledit moyen collecteur étant configuré pour collecter ladite vapeur primaire extraite par lesdits un ou plusieurs moyens extracteurs de ladite zone.
4. Echangeur thermique selon la revendication 3, caractérisé en ce que ledit moyen
- 30 collecteur d'une desdites zones est interconnecté audit moyen collecteur d'une autre desdites zones, lesdits moyens collecteurs interconnectés étant en outre connectés à une canalisation configurée pour canaliser ladite vapeur primaire collectée par lesdits moyens collecteurs interconnectés vers l'extérieur dudit volume.

35

5. Echangeur thermique selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que deux desdites zones successives sont adjacentes.
- 5 6. Echangeur thermique selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que deux desdites zones successives sont égales.
- 10 7. Echangeur thermique selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que chacune desdites zones comprend en outre un moyen d'introduction de ladite vapeur secondaire.
8. Echangeur thermique selon la revendication 7, caractérisé en ce que chacune desdites zones comprend en outre un moyen de retrait configurée pour retirer ledit condensat et des gaz non condensables.
- 15 9. Echangeur thermique selon l'une des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que l'épaisseur de ladite couche d'un matériau thermiquement conducteur est inférieure à 400 μm .
- 20 10. Echangeur thermique selon l'une des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que ladite couche d'un matériau thermiquement conducteur est sous forme d'une plaque comprenant une desdites surfaces d'évaporation et une desdites surfaces de condensation.
- 25 11. Echangeur thermique selon la revendication 10, caractérisé en ce que deux plaques adjacentes sont éloignées d'une distance d comprise entre 2 mm et 10 mm.
12. Echangeur thermique selon la revendication 11, caractérisé en ce qu'il présente une surface spécifique par volume supérieure à $100\text{m}^2/\text{m}^3$.
- 30 13. Echangeur thermique selon l'une des revendications 1 à 12, caractérisé en ce que le différentiel de température effectif entre la surface de condensation et la surface d'évaporation d'une couche d'un matériau thermiquement conducteur est inférieur à 0.5°C .
- 35 14. Echangeur thermique selon l'une des revendications 1 à 13, caractérisé en ce qu'il est un échangeur thermique de type à fin film tombant.

15. Utilisation d'un échangeur thermique selon l'une des revendications 1 à 14 dans un procédé mettent en œuvre une compression mécanique de vapeur.
16. Utilisation selon la revendication 15, selon laquelle la compression mécanique de vapeur est à simple effet.
- 5