

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 0 708 900 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
16.12.1998 Bulletin 1998/51

(51) Int Cl.⁶: **F22B 1/00, F22B 1/28,
F22B 27/16**

(21) Numéro de dépôt: **95918659.4**

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/FR95/00656

(22) Date de dépôt: **18.05.1995**

(87) Numéro de publication internationale:
WO 95/31674 (23.11.1995 Gazette 1995/50)

(54) Procédé et dispositif pour vaporiser un liquide

Verfahren und Vorrichtung zur Verdampfung einer Flüssigkeit

Method and device for evaporating a liquid

(84) Etats contractants désignés:
AT BE CH DE ES FR GB IT LI NL PT

(30) Priorité: **18.05.1994 FR 9406076**

(43) Date de publication de la demande:
01.05.1996 Bulletin 1996/18

(73) Titulaires:
• **GAZ DE FRANCE**
75017 Paris (FR)
• **COGIA**
91128 Palaiseau (FR)
• **SUPERBA S.A.**
68200 Mulhouse (FR)

(72) Inventeurs:
• **PISTIEN, Jacques**
F-93450 Ile-Saint-Denis (FR)

• **GIAZZI, Jean-Louis**
F-95100 Argenteuil (FR)
• **DESAGE, Robert**
F-78480 Verneuil-sur-Seine (FR)
• **DEBLAY, Philippe**
F-92290 Châtenay-Malabry (FR)

(74) Mandataire: **Puiroux, Guy et al**
Cabinet Bruder
46 Rue Decamps
75116 Paris (FR)

(56) Documents cités:
DE-A- 158 050 **FR-A- 330 901**
FR-A- 2 144 355 **FR-A- 2 211 268**

EP 0 708 900 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen, toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

La présente invention concerne un procédé et un dispositif pour la vaporisation d'un liquide.

Il est connu que, pour vaporiser un liquide, on peut utiliser une résistance électrique immergée dans une hauteur d'eau relativement importante. Par cette conception, le temps de chauffage du liquide nécessaire pour le vaporiser est relativement long et le rendement de vaporisation est médiocre, surtout en régime séquentiel. C'est par exemple le cas d'un certain nombre de chaudières vapeurs utilisant des gaz de combustion.

Par le brevet français FR 78 08 201, on connaît toutefois un générateur de vapeur qui, bien qu'utilisant une résistance électrique de chauffage d'un corps poreux immergé à sa base dans une nappe d'eau, a la particularité de vaporiser relativement rapidement l'eau contenue dans ce corps poreux. Le renouvellement de l'eau est assuré par la capacité de pompage du corps poreux. Pour obtenir un optimum de rendement, on règle la hauteur du plan d'eau en fonction de la densité de flux thermique transmis au corps, ceci en fonction de sa capacité de pompage. Ce procédé est applicable à toutes sortes d'énergies, telles que par exemples les gaz de combustion.

Si l'utilisation de la capacité de pompage d'un corps poreux peut donc dans certain cas améliorer les performances des chaudières vapeurs, des limites existent, puisque la quantité de liquide contenue dans le corps est décroissante avec la hauteur de pompage. Ce phénomène a pour première conséquence de limiter en pratique à quelques cm la hauteur d'un corps poreux et, pour seconde conséquence, d'entretenir un faible différentiel de variation de hauteur de liquide, si l'on veut obtenir une optimisation de rendement en fonction de la densité du flux de chauffage.

On peut d'une certaine manière considérer que le brevet DE-C-1 58 050 est une illustration de ce type de chaudière à vapeur.

Ainsi, dans ce brevet allemand, il est en particulier connu de pourvoir le dispositif de vaporisation de liquide décrit :

- au moins un substrat poreux (c'est-à-dire à propriété capillaire) exposé à une pression ambiante déterminée,
- des moyens d'alimentation en liquide du substrat pour qu'il se charge en liquide, par circulation dudit liquide dans le substrat à partir d'une portion amont,
- au moins une source d'énergie pour chauffer au moins une zone de vaporisation dudit substrat située en aval de la portion amont et le liquide qui la charge, de sorte qu'une partie au moins de ce liquide y soit vaporisée,

Toutefois, dans ce brevet, on utilise comme substrat plusieurs mèches alimentées "par l'effet de la force d'aspiration" c'est-à-dire de pompage capillaire desdites mèches.

Dans la mesure où, comme indiqué ci-avant, le débit d'une mèche alimentée par pompage capillaire diminue avec la hauteur du plan d'eau d'alimentation, la figure 4 de ce brevet montre l'intérêt qu'il peut y avoir à utiliser plusieurs bacs d'alimentation disposés à différents niveaux d'élévation, le plus haut plaçant le substrat à l'horizontale.

Des essais menés avec un tel dispositif montrent toutefois que le rendement demeure médiocre, et que la quantité de liquide dans la zone de vaporisation est rapidement trop faible, que le temps d'arrivée du liquide à cette zone de vaporisation étant souvent trop long.

Le dispositif de DE-C-1 58 050 est en outre encombrant, peu propice à des réalisations industrielles d'aujourd'hui (rendement élevé, compacité, coût de fabrication peu élevé pour la grande série, fiabilité dans le temps...).

On connaît par le brevet FR-A-2 144 355 une pompe à vide du type à diffusion de vapeurs portant un évaporateur chauffé électriquement constitué d'un tube support le long duquel est admis le liquide à évaporer, et dont l'extrémité inférieure est entourée par au moins une couche de matière poreuse isolante qui est en contact avec la surface interne d'un élément poreux de chauffage électrique, mais à distance dudit tube.

Un tel dispositif ne permet pas de fournir un dégagement continu de vapeur, dans la mesure où la direction du flux de chaleur fournie s'oppose à la direction de sortie de la vapeur produite.

L'invention a pour objet d'apporter une solution à nombre des inconvénients susmentionnés et propose en particulier un procédé pouvant être industriellement mis en oeuvre dans des conditions commercialement intéressantes, sans coûts de fabrication et/ou de maintenance exorbitants et offre également l'avantage d'offrir une souplesse d'utilisation, une performance et une fiabilité adaptées aux nécessités actuelles.

Par la solution de l'invention telle que revendiquée ou établit, pour un régime de vaporisation donné correspondant à des conditions de fourniture d'énergie déterminées, dans le substrat ("capillaire") un débit d'entrée de liquide supérieur au débit d'entrée de liquide induit dans le même substrat, en position alors supposée horizontale de celui-ci, par la capillarité et la vaporisation du liquide, seulement.

Pour obtenir cela, le dispositif de l'invention prévoit que les moyens d'alimentation en liquide du substrat considéré devront comprendre des moyens de mise en pression du liquide pour y établir une pression supérieure à la pression ambiante.

Pour éviter toute ambiguïté, on a représenté sur la figure 1 la manière dont on procédera avantageusement pour mesurer le débit induit comme indiqué ci-dessus, "dans le même substrat, par la capillarité et la vaporisation seulement (bien entendu pour les mêmes conditions de fourniture d'énergie), en position alors supposée horizontale du substrat".

Ainsi, on placera tout d'abord à l'horizontale le substrat 7A considéré avec son environnement pour que puisse être négligé en particulier l'effet de la gravité sur les forces de capillarité.

Ensuite, on fera baigner une extrémité 7A₁ de ce substrat dans un récipient 5A contenant une quantité Q₁ de liquide à vaporiser (bien entendu, il s'agira d'un liquide "libre" : simplement une quantité suffisante comme de liquide dont on a rempli un récipient).

On exposera alors le substrat à une énergie de chauffage donnée fournie par des moyens 19A appropriés, "cette énergie de chauffage" :

- devant permettre la vaporisation (au moins partielle) du liquide qui aura entre temps "migré" depuis le récipient 5A dans le substrat, suivant la flèche 6,
- et devant également être reproductible à l'identique sur le dispositif de l'invention y compris la paroi d'échange thermique 21A, si on doit en utiliser une pour réaliser l'invention (si on emploie une résistance électrique, on doit utiliser, pour la comparaison, la même résistance alimentée avec la même intensité ; pour le gaz, on doit employer le même brûleur et l'alimenter dans les mêmes conditions).

Ayant placé le substrat 7A "sec" dans le récipient, la connaissance, pour un intervalle de temps donné, de la quantité Q₂ ou du poids de liquide qui est entrée dans le substrat (et qui a donc quittée le récipient) va permettre de disposer du "débit induit" d'entrée de liquide dans le substrat.

On notera que le "débit de liquide sous pression" propre maintenant à l'invention sera favorablement obtenu par l'utilisation de substrats fins (pouvant être avantageusement de l'ordre ou inférieurs à 2 mm d'épaisseur), ce qui ne peut que favoriser l'évacuation de la vapeur. Cette solution est en outre avantageuse en terme de rapidité de mise en phase vapeur du liquide et plus généralement de rendement.

Dans la présente invention, pour obtenir l'écoulement souhaité du liquide dans le substrat, on utilise le poids d'une colonne de liquide, ou on pourra encore forcer le liquide dans le substrat, par exemple par une pompe.

Selon encore une autre caractéristique de l'invention, il est conseillé de réaliser le substrat du présent dispositif de vaporisation avec une épaisseur comprise entre environ 0,05 mm et 5 mm, et de préférence inférieure à 2 mm.

En outre, avantageusement, ce substrat présente une porosité comprise entre environ 5 % et 90 %, et on utilisera un substrat comprenant des volumes vides de rétention du liquide, de telle sorte que ce liquide puisse occuper entre environ 5 % et 100 % desdits volumes vides.

Ainsi, contrairement aux mèches très épaisses propres aux dispositifs de vaporisation utilisant (très essentiellement) le pompage capillaire, l'utilisation d'un substrat se présentant quasiment comme un film mince poreux offre l'avantage que le flux thermique généré ne trouve face à lui, dans ou en surface du substrat, qu'une faible épaisseur de liquide à vaporiser, avec pour conséquence un passage en phase vapeur particulièrement rapide, pouvant être de quelques secondes, avec un rendement pouvant être particulièrement élevé.

En particulier, en combinant un substrat réalisé comme un film mince et un débit de liquide répondant aux exigences précitées de l'invention, on a constaté que pour une densité de flux de chauffage constant, il y avait variation du rendement de vaporisation en même temps que l'on faisait varier le débit d'écoulement du liquide dans le substrat. Inversement, à débit de liquide constant, il y avait variation de ce même rendement de vaporisation en même temps que l'on faisait varier la densité de flux thermique. On a également pu obtenir un maximum de rendement de vaporisation pour un état d'équilibre entre le débit de liquide vaporisable entrant dans le "film" constituant le substrat poreux et le débit du flux de chauffage de ce substrat, avec alors une vapeur pratiquement exempte d'humidité.

Il est par ailleurs apparu que, pour couvrir une large gamme de densités de flux de chauffage, il fallait utiliser différentes épaisseurs de films poreux constituant le substrat, tout en respectant très avantageusement les caractéristiques sus-mentionnées. Pour chacune de ces épaisseurs, et selon la nature de la matière poreuse, il a en particulier été constaté que l'on pouvait obtenir une plage d'utilisation du débit de liquide à vaporiser entre un minimum contenu en transit et la quantité maximale de liquide saturant (voire sursaturant) le film poreux.

Lorsqu'on ne recherche pas particulièrement un très bon rendement de vaporisation, une caractéristique de l'invention prévoit d'ailleurs d'augmenter la plage de débit de liquide à vaporiser, en sursaturant le substrat de telle manière qu'une partie du liquide s'écoule sur une surface extérieure libre de celui-ci, en étant maintenue contre ce substrat par tension interfaciale.

Un moyen simple de réglage du débit d'écoulement de liquide dans le substrat consiste à l'incliner par rapport à l'horizontale.

On peut alors créer, comme indiqué ci-avant, une colonne d'eau dans la zone du substrat directement exposée au flux de chauffage et éventuellement au-dessus d'elle, afin de profiter de l'effet de la pesanteur. Lorsque le débit d'écoulement du liquide est supérieur à la densité du flux thermique, on peut récupérer l'excédent de liquide s'écoulant hors de la partie basse du substrat, pour le réinjecter dans sa partie haute.

Un moyen supplémentaire d'alimentation en liquide consiste à l'injecter sous pression dans tout ou partie de la section de passage du substrat. On peut ainsi disposer le substrat de manière qu'il baigne à deux extrémités opposées

EP 0 708 900 B1

(entre lesquels le liquide à vaporiser coule le long de lui), dans un tube où ledit liquide sera amené par des moyens de circulation forcée. A ce sujet, ce qui suit montre d'abord l'influence de la pression d'une colonne de liquide sur le débit de ce dernier dans le substrat poreux, puis l'influence de l'inclinaison du substrat sur le même débit de liquide, ceci dans le cas d'espèce d'un substrat poreux constitué par un film par exemple en coton tissé de 0,2 mm d'épaisseur et de 120 mm de largeur.

. Influence de la hauteur du film poreux sur le débit de liquide :

Hauteur du substrat poreux par mm	30	60	90	130	180
Débit d'eau en millilitre par minute	2,3	6,6	11	16	31

. Influence de l'inclinaison du film poreux sur le débit de liquide :

Angle d'inclinaison par rapport à la verticale	0°	15°	65°	75°	90°
Débit d'eau en millilitre par minute	5,5	1,7	1,2	0,5	0,3

Pour alimenter le substrat du dispositif de l'invention avec le débit de liquide souhaité, on peut, conformément à une autre caractéristique de l'invention, utiliser des moyens de goutte à goutte, en profitant par exemple pour cela du pompage capillaire de l'immersion d'un corps poreux supplémentaire dans un réservoir approprié. On peut également songer à utiliser une pompe pour faire circuler sous pression le liquide dans une canalisation localement coudée entre deux des branches de laquelle le substrat poreux aura préalablement été disposé, de telle manière que ses extrémités baignent dans le liquide du tube.

On notera également que la vaporisation du liquide contenu dans le substrat peut être obtenue en particulier par tout ou partie des trois modes de transfert thermiques suivants : rayonnement, conduction ou convection provenant tant de gaz de combustion que d'une source électrique, par exemple, ceci dans des conditions de fonctionnement qui peuvent être tant à pression inférieure qu'à pression supérieure ou égale à la pression atmosphérique, la vaporisation de nombre de liquides différents, tels que l'eau, l'alcool, le pétrole liquide ou autres pouvant être envisagée.

Concernant le substrat poreux de l'invention, on notera également qu'il pourrait être réalisé à partir de fibres ou de fils de coton, ou encore de fibres minérales, telles que par exemple des fibres de verre ou de quartz, ou encore métalliques, telles par exemple que des fils d'acier. On peut également envisager réaliser le substrat à partir de matériaux poreux et perméables obtenus par frittage de poudres métalliques.

En pratique deux types de substrat pourront être privilégiés : un substrat formé comme une toile perméable en tissu souple fibreux, ou encore une plaque à structure plus rigide.

Dans ce qui précède, on a toujours fait référence à l'utilisation d'un seul substrat. Toutefois, l'utilisation de plusieurs substrats est tout à fait prévue. En particulier, on pourra dans un certain nombre de cas tirer avantage à remplacer un substrat unique d'une surface déterminée par plusieurs substrats de dimensions moindres ayant comme surface totale celle dudit substrat unique, chaque substrat de dimensions réduites pouvant en particulier être alimenté par ses propres moyens d'alimentation en liquide, créant ainsi autant de zones de vaporisation pouvant potentiellement être optimisées individuellement.

Si on utilise plusieurs substrats, on pourra dans certaines applications, prévoir en particulier de faire ces substrats se chevaucher en partie, de manière qu'ils soient écartés les uns des autres sur une partie au moins de leur surface, pour laisser entre eux un espace favorable notamment à la circulation de la vapeur.

Egalement, si on utilise au moins deux substrats, on pourra tirer avantage à ce que ces substrats s'étendent de part et d'autre de la source de chauffage en l'encadrant.

Avant de décrire plus en détail l'invention en relation avec différentes figures d'accompagnement, on notera encore qu'en particulier dans le cas où la source d'énergie comprendra au moins un brûleur à gaz, le dispositif de l'invention pourra avantageusement comprendre deux caissons creux délimitant entre eux une cheminée dans laquelle circuleront alors les produits de combustion du brûleur, ces caissons renfermant chacun au moins un substrat.

Concernant maintenant les dessins joint, en plus de la figure 1, à titre d'exemples non limitatifs, ceux-ci s'organisent comme suit :

La figure 2 montre une structure possible de substrat conforme à l'invention,

la figure 3 est une vue en perspective d'un montage pour mesurer le débit dans substrat poreux, en fonction de la hauteur de son plan d'eau d'alimentation,

la figure 4 est un diagramme montrant la variation du débit d'eau d'un substrat poreux conforme à l'invention en fonction de la hauteur de son plan d'eau,

la figure 5 est une vue de côté (flèche V) du générateur de vapeur illustré en perspective partielle, avec arrachement, sur la figure 6,

la figure 7 est un diagramme montrant, pour une installation du type de celle des figures 5 et 6, la variation du rendement de vaporisation en fonction de la puissance du chauffage générée, ceci pour plusieurs hauteurs d'eau disponibles et pour deux épaisseurs différentes de substrats poreux,

la figure 8 est un diagramme montrant, en fonction de la puissance injectée, l'influence de l'épaisseur du substrat sur la température de sortie des gaz pour une installation toujours conforme à celle des figures 5 et 6,

la figure 9 est une vue en perspective avec arrachement d'une chaudière à vapeur utilisant une résistance électrique de type cartouche,

les figures 10 et 11 sont des vues en coupe (respectivement suivant les lignes XI-XI et X-X) d'un dispositif de vaporisation électrique équipé de deux substrats poreux baignant localement dans une canalisation où circule de l'eau à vaporiser injectée par l'intermédiaire d'une pompe,

la figure 12 est une vue en perspective partielle avec arrachement de l'alimentation par goutte à goutte d'un dispositif conforme à l'invention, et

la figure 13 est une vue également en perspective partielle avec arrachement d'un autre générateur produisant de la vapeur par rayonnement thermique d'une résistance.

Dans ce qui suit, on ne fera référence qu'à la vaporisation d'eau bien que d'autres liquides pourraient être vaporisés par les mêmes dispositifs.

La figure 2 représente un exemple de conception d'un "film" poreux 1 à propriété capillaire, en coton, type "nid d'abeille" à mailles 2 carrées d'environ 30 à 50 mm². Comme tous les substrats compatibles avec l'invention, celui-ci présente donc une structure intégrant des volumes vides de rétention du liquide à vaporiser, ces volumes étant ici constitués par les espaces entre les fils du maillage et par les volumes vides structuraux des fils eux mêmes. La partie centrale du substrat 1 illustré est un tissage de fils de différentes épaisseurs selon le choix de la capacité d'écoulement désirée. Périphériquement, ce substrat est ici constitué de mèches trois fois plus épaisses que celles de la partie centrale. Ainsi on crée un tampon périphérique de réserve et de diffusion de l'eau vers les parties centrales du maillage.

Dans l'invention, le choix du substrat perméable est important. Dans ce qui suit, on pourra constater que son épaisseur sera toujours comprise entre environ 0,05 mm et 5 mm, avec une porosité au liquide à vaporiser comprise entre environ 5 et 90 %.

Pour mieux comprendre les modes de fonctionnement des exemples de réalisation qui vont suivre, la figure 3 est un exemple d'un dispositif expérimental d'alimentation par pompage d'un fin substrat poreux dans la hauteur d'un plan d'eau. Ce dispositif permet d'ajuster le débit du liquide qui s'écoule par l'effet de la pesanteur dès la sortie du bac d'alimentation. Il se compose d'une balance 3, d'un récipient 5 pour recueillir l'eau s'écoulant du "film" poreux 7 et d'un bac 9 à eau dans lequel est immergée la partie haute 7a du substrat poreux. Pour obtenir un débit constant et libre dans toute la largeur de la section de passage du film poreux, on a échancré en 11 le film à sa partie basse. La mesure de débit consiste à faire varier la hauteur h du plan d'eau du bac 9.

Le tableau ci-après indique les caractéristiques d'utilisation de trois épaisseurs de substrats poreux pouvant être à mailles carrées du type illustré sur la figure 2.

Type de substrat poreux en coton	épaisseur du substrat	Capacité d'enmagasinage d'eau à saturation (g/cm ²)	Densité du flux de chauffage du substrat (W/cm ²)
à petites mailles	0,2 mm	0,104	de 1 à 2,5
à mailles moyennes	0,5 mm	0,142	de 2,5 à 4,5
à mailles épaisses	1 mm	0,196	de 4,5 à 10

La figure 4 est un diagramme qui indique le débit d'eau sécoulant dans un film poreux vertical à petites mailles (c'est-à-dire d'épaisseur < 1 mm, pour une surface unitaire de maille de l'ordre de 0,05 mm²) en fonction de la hauteur du plan d'eau. La courbe (A) mesure le débit d'eau qui s'écoule librement jusqu'à la partie basse du substrat. La courbe (B) mesure le débit d'eau lorsque le même film poreux est immergé à sa partie basse dans 2 cm d'eau. La courbe (C) mesure le débit lorsque le film est plaqué contre une paroi en métal sans être immergé à sa partie basse.

Ainsi, selon les conditions d'utilisation du substrat, on peut faire varier le débit du liquide qui y coule dans un rapport de 1 à 8 selon la courbe (A), dans un rapport de 1 à 5, courbe (B), et voisin de ce dernier, courbe (C), quand le film poreux est plaqué contre une paroi d'échange.

Aux figures 5 et 6, la chaudière à vapeur présentée vaporise de l'eau contenue dans des films poreux plaqués contre des parois d'échange thermique 21. Dans ce type de chaudière, le transfert thermique peut se faire, aussi bien à partir d'un brûleur type rampe à gaz, tel que 19, à alimentation d'air atmosphérique, ou à air soufflé, qu'à partir d'un ou de plusieurs brûleurs radiants. Dans le premier cas, le transfert thermique s'effectue majoritairement par convection,

tandis que dans le second il s'effectue majoritairement par rayonnement.

De préférence, on utilisera plusieurs substrats 7a, 7b...disposés dans deux chambres 23 distinctes définies chacune par deux caissons métalliques creux 29 de forme sensiblement parallélépipédique se dressant dans deux plans verticaux sensiblement parallèles, en étant écartés l'un de l'autre de manière à réserver entre eux un espace intermédiaire 31 utilisable comme cheminée pour l'évacuation des fumées pouvant être produites par le brûleur, lequel sera de préférence disposé en partie inférieure de l'espace 31, en un endroit où l'espace présente une forme en tronc de pyramide allant en convergeant dans le sens de l'évacuation des fumées. La cheminée est fermée latéralement par des parois (non représentées).

En l'espèce, chaque cloison 21 a été intérieurement équipée de trois films poreux 7a, 7b, 7c s'étendant respectivement sur environ la moitié de la hauteur de la paroi d'échange, sur les 3/4 de la hauteur restante, et sur le 1/4 de la partie la plus haute. Sur chaque film poreux est appliqué un grillage 33 à larges mailles ouvertes à un taux de 90 % avec une surface de mailles de 4 cm² pour, d'une part, assurer un bon contact thermique aux substrats et, d'autre part, laisser un passage pour la vapeur produite. Chaque enceinte 29 est également équipée d'un bac supérieur 34 dans lequel est immergée une portion "amont" des trois films poreux qui sont ici de même épaisseur. On notera que le film poreux 7a, pour parvenir en partie haute jusqu'au bac 34, est maintenu écarté de celui repéré 7b (espace d). Ainsi, toute la colonne d'eau C1 emmagasinée sur la partie haute thermiquement protégée du film 7a va servir à alimenter sous pression convenable (supérieure à la pression ambiante régnant dans l'enceinte considérée) sa partie inférieure plaquée contre la cloison 21, donc pleinement active en termes d'échange thermique et de capacité de vaporisation. Il en est d'ailleurs de même pour le film 7b, mais avec une colonne C2 de moindre hauteur pratiquement toute la colonne étant ici exposée au flux de chauffage. A la partie basse de chacune des enceintes, on a figuré en 35 l'eau recueillie dans un réservoir inférieur approprié, lorsque le débit d'écoulement dans les films est supérieur à celui vaporisable par le flux thermique. Lorsque cette eau excédendaire atteint un niveau prédéterminé, elle peut être réinjectée par une pompe dans les bacs 34.

La figure 7 est un diagramme qui montre l'influence du nombre de substrats et de la hauteur d'eau sur le rendement de vaporisation en fonction de la puissance injectée, avec soit un seul film poreux du type précité "à petites mailles" remplaçant les deux substrats 7a, 7b, soit ces substrats eux mêmes. Pour chaque cas, la mesure consiste à faire varier la hauteur du plan d'eau du bac 34, étant précisé que le bac a en l'espèce été placé environ aux 4/5 de la hauteur des parois d'échange.

Sur l'une des courbes, pour un corps poreux unique et en référence à une hauteur d'eau de H-9 mm par rapport à la hauteur maximale H autorisée jusqu'au bord supérieur du bac, on constate une augmentation de rendement de 0,30 g/Wh à 0,8 g/Wh, puis une diminution de celui-ci jusqu'à 0,65 g/Wh, lorsque l'on fait varier la puissance injectée de 1,2 Kw à 2,4 Kw.

Lorsque l'on augmente encore la puissance, et que l'on augmente également la hauteur d'eau à H-4 mm, on observe une même forme de courbe (repéré par des losanges), avec un rendement augmentant encore jusqu'à 3,2 Kw, puis une baisse de celui-ci à 3,4 Kw. Cette baisse de rendement est encore plus importante si l'on se place à H-2 mm, pour atteindre la valeur de 0,9 g/Wh.

Par la mise en place de deux corps poreux, en ramenant la hauteur d'eau à H-9 mm, on augmente encore le rendement jusqu'à 1,10 g/Wh pour une puissance de 4 Kw, pour ensuite conserver un rendement voisin de cette puissance jusqu'à H-2 mm de hauteur d'eau.

Ainsi, il faut ajuster la hauteur d'eau en fonction de la puissance de la source thermique lorsque l'on veut obtenir un optimum de rendement. Par contre, au-delà de cet optimum le rendement diminue lorsque l'on augmente la puissance, ceci du fait d'un débit trop faible de liquide dans le substrat. On constate encore que le rendement de vaporisation augmente lorsque l'on dispose deux substrats pour une même surface d'échange.

On constate encore, qu'à puissance pratiquement constante de 2,4 Kw, le rendement de vaporisation passe de 0,6 g/Wh à 0,8 g/Wh, soit un gain de 30 % sur le rendement de la chaudière. Ce gain est obtenu lorsque l'on fait varier la hauteur d'eau de H-2 mm à H-4 mm, puis à H-9 mm.

Pour une chaudière à vapeur correspondant à celle des figures 5 et 6, le diagramme de la figure 8 montre l'influence de l'épaisseur du (des) substrat(s) sur la température des gaz en sortie de la chaudière, ceci en fonction de la variation de sa puissance. Dans ce genre de mesure du transfert thermique, un film poreux à "petites mailles" donne un écart de température de 120°C à 400°C tandis que cet écart est que de 300°C à 370°C pour un film poreux à mailles épaisses.

La figure 9 est une vue avec arraché et en perspective d'une variante de réalisation d'un générateur de vapeur utilisation une résistance électrique. Il se compose d'une résistance à cartouche 37 sur la surface extérieure de laquelle est appliqué et serré un substrat fibreux se présentant comme un manchon souple 39 cousu en 41 et 43 pour former deux demi-surfaces 45a, 45b qui s'étendent vers la partie basse de l'enceinte 47 en étant immergées partiellement dans l'eau en partie haute dans un bac supérieur 49 dont on pourrait faire varier le niveau (par une pompe d'alimentation) et en partie basse dans un bac inférieur 51 de collecte. L'enceinte 47 est par ailleurs équipée à sa partie supérieure d'une sortie pour la vapeur 53.

Avec ce type de chaudière à résistance électrique, on a réalisé le même genres de mesures que sur la chaudière

EP 0 708 900 B1

à gaz des figures 5 et 6. Chacun des tableaux ci-après montre, à débit d'eau constant, le rendement de vaporisation en faisant varier la densité de flux thermique pour quatre épaisseurs de film poreux.

1) Film poreux épaisseur 0,2 mm						
Densité de flux en W/cm ²	2,50	3,30	5,00	6,10	6,90	8
Rendement de vaporisation g/Wh	1,02	1,05	1,24	1,14		
2) Film poreux épaisseur 1 mm						
Densité de flux en W/cm ²	2,50	3,30	5,00	6,10	6,90	8
Rendement de vaporisation	0,89	1,04	1,16	1,20	1,24	1,28
3) Film à mèches parallèles épaisseur 2 mm						
Densité de flux en W/cm ²	2,50	3,30	5,00	6,10	6,90	8
Rendement de vaporisation	0,85	1,02	1,14	1,17	1,18	1,17
4) Film à mèches parallèles épaisseur 4 mm						
Densité de flux en W/cm ²	2,50	3,30	5,00	6,10	6,90	8
Rendement de vaporisation	0,85	1,02	1,10	1,11	1,10	1,08

Ainsi, pour les mêmes variations de densité de flux thermique, on observe une variation du rendement de vaporisation de 20 % pour une épaisseur de 0,2 mm, de 40 % pour une épaisseur de 1 mm, de 30 % pour une épaisseur de 2 mm et de 25 % pour une épaisseur de 4 mm.

Dans le cas d'un substrat poreux de 1 mm d'épaisseur, à l'optimum de rendement de 1,28 W/cm², on observe qu'il n'y a pratiquement plus d'écoulement de liquide à la partie basse du substrat (en supposant celui-ci disposé verticalement). Il y a alors équivalence entre la quantité de liquide vaporisable entrant dans le film poreux et le débit de la source thermique, pour une densité de flux de 8 W/cm².

Sur les figures 10 et 11, le film poreux est localement immergé dans l'eau à vaporiser qui circule en circuit fermé dans une canalisation. Ce genre de dispositif peut fonctionner dans différentes positions par l'utilisation d'une pompe et/ou d'un robinet de réglage ayant pour but d'assurer une alimentation sous pression du substrat en eau. Les moyens de vaporisation comprennent une résistance rectangulaire 59 d'une puissance de 270 Watts. Sur la résistance est appliquée et serrée une toile formant un film tissé 61 cousu en 63 et 65 pour former un manchon s'étendant vers le bas, logé et solidaire de l'intérieur de la partie basse 67 de la canalisation 69. Ce manchon s'étend également à l'intérieur de la partie haute 71 de la même canalisation 69. La résistance est logée dans une enceinte 73 de vaporisation. L'enceinte de vaporisation comporte un tube de sortie 75 de la vapeur et un tube 77 d'évacuation de l'eau excédentaire lorsque le débit d'eau de circulation est trop important et d'un flasque 79 solidaire de la résistance pour être fixé en 81 à l'enceinte. On a figuré le maillage d'une toile souple baignant en parties supérieure et inférieure dans l'eau à travers des fentes pratiquées dans le tube 69 où l'eau entre en 83 pour ressortir en 85 avant d'être recyclée. Des connexions 87 et 89 permettent par ailleurs l'alimentation de la résistance électrique.

Dans ce dispositif, la circulation de l'eau est assurée par une pompe 84 dont on peut régler le débit. La sortie 85 de la canalisation est munie d'un robinet 86. On peut assurer ainsi une légère surpression dans la canalisation pour que le liquide s'écoule préférentiellement dans le film poreux.

Par le réglage du robinet, on peut également sursaturer le substrat en liquide, en créant un film d'eau maintenu en surface par la tension interfaciale du liquide sur les faces du film poreux.

Avec la pompe 84 et le robinet 86, on va ainsi disposer de moyens de mise du liquide à une pression supérieure à la pression ambiante dans l'enceinte 73, ceci en amont de la zone où le substrat 61 est exposé à la chaleur de la résistance 59, permettant ainsi d'obtenir les conditions déjà énoncées de débit dans le substrat.

Le tableau ci-après montre des résultats obtenus avec cette installation à densité de flux constant de 4,7 W/cm², lorsque l'on fait varier le débit d'eau d'alimentation et que l'on utilise un substrat "à petites mailles" du type déjà présenté.

Débit d'eau de circulation g/mn	7	15	22	30	40	50	57
Rendement de vaporisation g/Wh	1,31	1,32	1,30	1,26	1,16	1,12	1,10

Ainsi, le rendement de vaporisation dans le substrat poreux est de 20 % plus élevé lorsque l'on diminue le débit d'eau entrant de 57 g/mn à 15 g/mn.

La figure 12 est un exemple de dispositif de goutte à goutte pour alimenter un appareil de vaporisation comparable à celui de la figure 8. Par l'utilisation de toute une gamme de corps poreux interchangeables établissant des débits de liquide constants, on peut alors obtenir une bonne répartition d'écoulement sur de grandes largeurs de substrats et pour de très faibles débits. On peut en outre aisément adapter le débit de liquide à la source de vaporisation, voire sursaturer le film poreux. Ce dispositif peut également être utilisé comme piégeage de sels contenus dans de l'eau, ou bien encore comme filtre de liquide interchangeable.

Sur cette figure 12, un double substrat tissé IIIa, IIIb entoure, en pendant, une résistance électrique tubulaire 113, en partie basse d'une enceinte d'évaporation 115. La partie haute du substrat est évasée en "V" et repose sur deux supports. Son alimentation en liquide à évaporer est donc assurée par un goutte à goutte, par l'intermédiaire de deux fins substrats tissés rectangulaires 117, 119, pendant verticalement et se terminant à leur extrémité inférieure libre par des franges 120 favorisant le goutte à goutte et une bonne répartition du liquide.

En partie haute, les substrats 117, 119 baignent dans un réservoir 121 d'alimentation en liquide, de hauteur de liquide variable, rempli par une alimentation non représentée. Une cheminée 123 permet à la vapeur de s'échapper.

La figure 13 montre un dispositif de vaporisation de liquide utilisant au moins une plaque en acier inoxydable fritté de 1 mm d'épaisseur. Dans cet exemple de réalisation, on vaporise le liquide par le rayonnement thermique d'une résistance électrique.

En l'espèce, deux plaques 125, 127 en "S" d'un alliage fritté en acier inoxydable d'une porosité de 30 % ont été utilisées et disposées dos à dos pour former une voûte en "U" inversé autour de la résistance tubulaire 129. Ces plaques rigides sont accolées en partie supérieure où elles sont maintenues en 131 pour être engagée de manière étanche dans une canalisation 133 où circule le liquide 135 à vaporiser. Par cette disposition et par le fait d'une légère pression dans la canalisation (grâce, par exemple, à une pompe), le liquide va s'écouler dans les volumes vides renfermés par les deux plaques. Au centre de la voûte, et à 10 mm des deux parois, on a localisé la résistance électrique 129 qui s'étend sur toute la longueur de la voûte. En partie basse, on recueille en 137 l'excédent de liquide non vaporisé qui peut être réinjecté à l'entrée du tube 133 pour contribuer à alimenter les substrats.

Si on a immergé localement les parois poreuses 125, 127, le tube réservoir 133, on peut aussi alimenter cet élément de vaporisation par le dispositif de goutte à goutte de la figure 12.

Le procédé de l'invention et ses exemples de réalisation trouvent leurs applications notamment dans les produits des secteurs de l'artisanat, du grand public, du bricolage ainsi que dans les industries de transformation et de l'agro-alimentaire. Ainsi, en utilisant la combustion du gaz naturel ou l'énergie électrique, on peut créer des générateurs de vapeur allant de quelques kg de vapeur/heure à plus de la tonne/heure. Ces générateurs peuvent être utilisés, par exemple, dans des fours de restauration, de la boulangerie, dans des gazinières grand public, dans l'industrie de la biscuiterie et la pré-cuisson, dans l'industrie du textile pour le traitement des fibres, ou encore, par exemple, pour des centrales vapeur en pressing, voire dans des laboratoires de biologie pour la stérilisation. On peut également réaliser, par exemple, des générateurs de vapeur pour des fers à repasser individuels ou avec centrale vapeur, ou encore, pour des appareils de nettoyage de sols et de murs.

Concernant la gamme des densités de flux de chauffage utilisable dans le cadre de l'invention, on notera par ailleurs que l'on peut aller de quelques mW/cm² à plusieurs dizaines de W/cm².

Par ailleurs, il doit être clair que le dispositif de l'invention pour fonctionner tant à pression atmosphérique qu'en surpression ou en dépression, seule la mise en pression du liquide devant être prévue pour assurer les conditions de débit recherchées dans le substrat.

Revendications

1. Procédé pour vaporiser un liquide, dans lequel on alimente un substrat poreux avec ledit liquide à vaporiser, et on expose au moins une zone dudit substrat à un flux thermique, pour élever la température d'une partie au moins de la surface du liquide jusqu'à sa température de vaporisation, caractérisé en ce que l'on utilise un substrat poreux constitué d'au moins un film que l'on dispose sensiblement verticalement, de façon que l'une de ses faces soit exposée au flux thermique fourni, et que l'alimentation en liquide à vaporiser du substrat poreux soit effectuée à partir de sa surface supérieure, de façon que le liquide se déplace du haut vers le bas en se vaporisant au moins à partir de l'autre face du substrat.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'épaisseur du substrat est comprise entre 0,05 mm et 5 mm.
3. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'on crée un surcroît supplémentaire de pression dans

ladite colonne de liquide par une pompe.

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'on alimente le substrat en liquide avec un débit légèrement supérieur à la capacité d'écoulement du liquide à l'intérieur du substrat, de manière qu'une faible partie de ce liquide s'écoule sur une surface libre dudit substrat, en étant maintenue contre celui-ci par tension interfaciale.
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'on alimente en liquide une première extrémité du substrat de façon qu'il coule sur celui-ci tout en s'y évaporant et on fait baigner la seconde extrémité du substrat dans un bain de même liquide, et on utilise le liquide contenu dans le bain pour approvisionner ladite première extrémité du substrat.
6. Dispositif pour vaporiser un liquide comprenant au moins un substrat poreux, des moyens d'alimentation en liquide de ce substrat, et au moins une source d'énergie thermique, pour chauffer au moins une zone du substrat, qui est disposée en aval des moyens d'alimentation, caractérisé en ce que :
 - les moyens d'alimentation en liquide sont disposés à un niveau situé au-dessus de celui du substrat,
 - le substrat poreux est constitué d'au moins un film essentiellement vertical, comportant une face exposée au flux thermique fourni par ladite source d'énergie thermique et une partie supérieure alimentée en liquide à vaporiser sous la pression des moyens d'alimentation, de façon que le liquide se déplace du haut vers le bas en se vaporisant au moins à partir de son autre face.
7. Dispositif selon la revendication 6, caractérisé en ce que l'épaisseur du substrat est comprise entre 0,05 mm et 5 mm.
8. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 6 ou 7 caractérisé en ce qu'il comprend plusieurs substrats qui se chevauchent en partie en étant écartés les uns des autres sur une partie au moins de leur surface.
9. Dispositif suivant la revendication 8 caractérisé en ce que la source d'énergie thermique s'étend sur une certaine hauteur, sous la forme d'une paroi d'échange, et en ce que trois films poreux (7a,7b,7c) s'étendent respectivement sur environ la moitié de la hauteur de la source d'énergie thermique, les trois quarts de la partie restante, et le quart de la partie la plus haute.
10. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 6 à 9 caractérisé en ce que le substrat est une toile perméable en tissu souple fibreux.
11. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 6 à 10 caractérisé en ce que le substrat est une plaque à structure rigide, telle que métallique, et notamment frittée.
12. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 6 à 9 caractérisé en ce que le substrat comprend des fils de tissu de diamètres différents.
13. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 6 à 12 caractérisé en ce que les moyens d'alimentation en liquide du substrat comprennent en outre des moyens de goutte à goutte.
14. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 6 à 13 caractérisé en ce qu'il comprend au moins deux substrats ayant une largeur déterminée suivant au moins l'essentiel de laquelle ils sont alimentés en liquide, les deux substrats s'étendant de part et d'autre de la source d'énergie, laquelle s'étend sur au moins l'essentiel de la largeur des substrats.
15. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 6 à 14 caractérisé :
 - en ce que ladite source d'énergie comprend au moins un brûleur à gaz,
 - et en ce qu'il comprend en outre deux caissons creux délimitant entre eux une cheminée dans laquelle circulent les produits de combustion dudit brûleur, lesdits caissons renfermant chacun au moins un substrat.
16. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 6 à 15 caractérisé en ce que le substrat baigne à deux de ses extrémités opposées dans un tube où ledit liquide est amené par des moyens de circulation forcée, entre

lesquelles le liquide s'écoule.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Verdampfung einer Flüssigkeit, bei dem ein poröses Substrat mit der genannten zu verdampfenden Flüssigkeit versorgt wird, und mindestens ein Bereich des genannten Substrats einem Wärmefluß ausgesetzt wird, um mindestens einen Teil der Fläche der Flüssigkeit bis zum Siedepunkt zu erwärmen, dadurch gekennzeichnet, daß man ein aus mindestens einer Schicht bestehendes poröses Substrat verwendet, das man leicht vertikal aufstellt, so daß eine der Seiten dem zugeführten Wärmefluß ausgesetzt ist, und daß die Versorgung des porösen Substrats mit der zu verdampfenden Flüssigkeit von seiner oberen Fläche ausgeht, so daß die Flüssigkeit sich von oben nach unten verteilt, und die Verdampfung spätestens beim Erreichen der anderen Fläche des Substrats eintritt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Dicke des Substrats sich innerhalb der Werte 0,05 mm und 5 mm befindet.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß durch eine Pumpe ein zusätzlicher Druckanstieg in der genannten Säule erzeugt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß man dem Substrat eine Flüssigkeit mit einem etwas höheren Durchfluß als die eigentliche Abflußkapazität innerhalb des Substrats zuführt, so daß ein schwacher Anteil der Flüssigkeit sich über eine freie Fläche des genannten Substrats ausbreitet, wobei die Flüssigkeit durch Grenzflächenspannung an diesem haften bleibt.
5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß man einem ersten äußeren Ende des Substrats die Flüssigkeit zuführt, so daß die Flüssigkeit an diesem hinunterfließt und dabei verdampft, und man das zweite äußere Ende des Substrats in ein Becken mit Flüssigkeit taucht, und man die in diesem Becken enthaltene Flüssigkeit dazu benutzt, um das erste äußere Ende des Substrats zu versorgen.
6. Vorrichtung zur Verdampfung einer Flüssigkeit mit mindestens einem porösen Substrat, Flüssigkeitszuführvorrichtungen für dieses Substrat, und mindestens eine unterhalb der Zuführvorrichtungen angebrachte thermische Energiequelle, um mindestens einen Bereich des Substrats zu erhitzen, dadurch gekennzeichnet, daß:
 - die Flüssigkeitszuführvorrichtungen sich auf einer dem Substrat höheren Ebene befinden,
 - das poröse Substrat aus mindestens einer hauptsächlich vertikalen Schicht besteht, deren eine Seite dem Wärmefluß aus der genannten thermischen Energiequelle ausgesetzt ist, und deren oberer Teil mit der zu verdampfenden Flüssigkeit unter den durch die Zuführvorrichtungen entstehenden Druck versorgt wird, so daß die Flüssigkeit sich von oben nach unten verteilt und die Verdampfung spätestens beim Erreichen der anderen Fläche des Substrats eintritt.
7. Vorrichtung nach dem Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Dicke des Substrats sich innerhalb der Werte 0,05 mm und 5 mm befindet.
8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß sie aus mehreren Substraten besteht, die sich zum Teil überlappen und voneinander jeweils an mindestens einer Fläche getrennt sind.
9. Vorrichtung nach dem Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die thermische Energiequelle sich auf einer gewissen Höhe wie eine Wärme ausstrahlende Wand ausbreitet, und daß drei poröse Schichten (7a, 7b, 7c) sich jeweils auf mindestens die Hälfte der Höhe der thermischen Energiequelle ausbreiten, nämlich über Dreiviertel der übrigen Fläche, und über das obere Viertel.
10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß das Substrat aus einer wasserdichten, faserigen und weichen Stoffleinwand besteht.
11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß das Substrat eine Platte mit einer harten, z. B. metallischen, und besonders gesinterten Struktur ist.

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß das Substrat Stoffäden mit verschiedenen Durchmessern enthält.

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Flüssigkeitszuführvorrichtungen des Substrats auch mit Tropfvorrichtungen versehen sind.

14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß sie mindestens zwei Substrate einer bestimmten Breite, durch die diese zum größten Teil mit Flüssigkeit versorgt werden, umfaßt, wobei beide Substrate sich zu beiden Seiten der Energiequelle ausbreiten, welche sich auf mindestens das Wesentliche der Breite der Substrate ausbreitet.

15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 14, dadurch gekennzeichnet:

- daß die genannte Energiequelle mindestens einen Gasbrenner enthält,
- und daß sie außerdem zwei hohle Kammern enthält, zwischen denen ein Kaminschacht eingegrenzt wird, in dem die Brennrückstände durchfließen können, wobei jede der genannten Kammern mindestens ein Substrat umschließt.

16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß das Substrat an zwei seiner entgegengesetzten Enden in einen Schlauch getaucht wird, wohin die genannte Flüssigkeit durch Zwangsumlaufvorrichtungen, zwischen denen sich die Flüssigkeit befindet, gebracht wird.

Claims

1. Method for evaporating a liquid, in which a porous substrate is supplied with said liquid to be evaporated, and at least one zone of said substrate is exposed to a heat flux, to raise the temperature of at least a part of the surface of the liquid up to its temperature of evaporation, characterized in that a porous substrate is used which is constituted by at least one film which is disposed substantially vertically so that one of its faces is exposed to the heat flux supplied, and that the liquid to be evaporated is supplied to the porous substrate from its upper surface, so that the liquid moves downwardly, evaporating at least from the other face of the substrate.

2. Method according to Claim 1, characterized in that the thickness of the substrate is included between 0.05 mm and 5 mm.

3. Method according to Claim 1, characterized in that an additional excess of pressure is created in said column of liquid by a pump.

4. Method according to any one of Claims 1 to 3, characterized in that the substrate is supplied with liquid at a flowrate slightly greater than the capacity of flow of the liquid within the substrate, so that a small part of this liquid flows over the free surface of said substrate, being maintained thereagainst by interfacial tension.

5. Method according to any one of the preceding Claims, characterized in that a first end of the substrate is supplied with liquid so that it flows thereover while evaporating and the second end of the substrate is bathed in a bath of the same liquid, and the liquid contained in the bath is used for supplying said first end of the substrate.

6. Device for evaporating a liquid comprising at least one porous substrate, means for supplying liquid to this substrate, and at least one source of heat energy, for heating at least one zone of the substrate, which is disposed downstream of the supply means, characterized in that:

- the liquid supply means are disposed at a level located above that of the substrate,
- the porous substrate is constituted by at least one essentially vertical film, comprising a face exposed to the heat flux supplied by said source of heat energy and an upper part supplied with liquid to be evaporated under the pressure of the supply means, so that the liquid moves downwardly, evaporating at least from its other face.

7. Device according to Claim 6, characterized in that the thickness of the substrate is included between 0.05 mm and 5 mm.

8. Device according to either one of Claims 6 or 7, characterized in that it comprises a plurality of substrates which overlap in part, being spaced apart from one another over at least a part of their surface.

9. Device according to Claim 8, characterized in that the source of heat energy extends over a certain height, in the form of an exchange wall, and in that three porous films (7a, 7b, 7c) extend respectively over about half of the height of the source of heat energy, three quarters of the remaining part, and a quarter of the uppermost part.

10. Device according to any one of Claims 6 to 9, characterized in that the substrate is a permeable cloth made of supple fibrous fabric.

11. Device according to any one of Claims 6 to 10, characterized in that the substrate is a plate of rigid structure, such as metallic and in particularly sintered.

12. Device according to any one of Claims 6 to 9, characterized in that the substrate comprises yarns of fabric of different diameters.

13. Device according to any one of Claims 6 to 12, characterized in that the means for supplying liquid to the substrate further comprise drop-by-drop means.

14. Device according to any one of Claims 6 to 13, characterized in that it comprises at least two substrates having a determined width along at least the essential of which they are supplied with liquid, the two substrates extending on either side of the source of energy, which extends over at least the essential of the width of the substrates.

15. Device according to any one of Claims 6 to 14, characterized in that:

- said source of energy comprises at least one gas burner,
- and it further comprises two hollow caissons defining therebetween a chimney in which the combustion products of said burner circulate, said caissons each containing at least one substrate.

16. Device according to any one of Claims 6 to 15, characterized in that the substrate bathes at two of its opposite ends in a tube where said liquid is conducted by forced circulation means, between which the liquid flows.

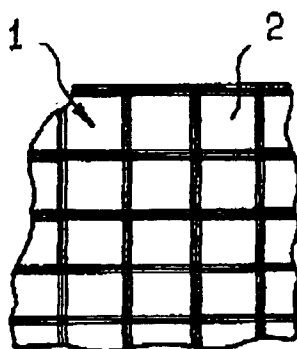


FIG. 2

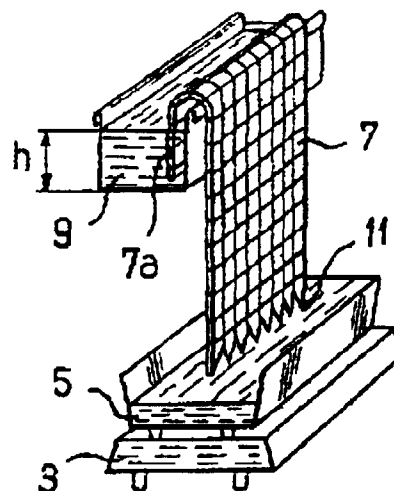


FIG. 3

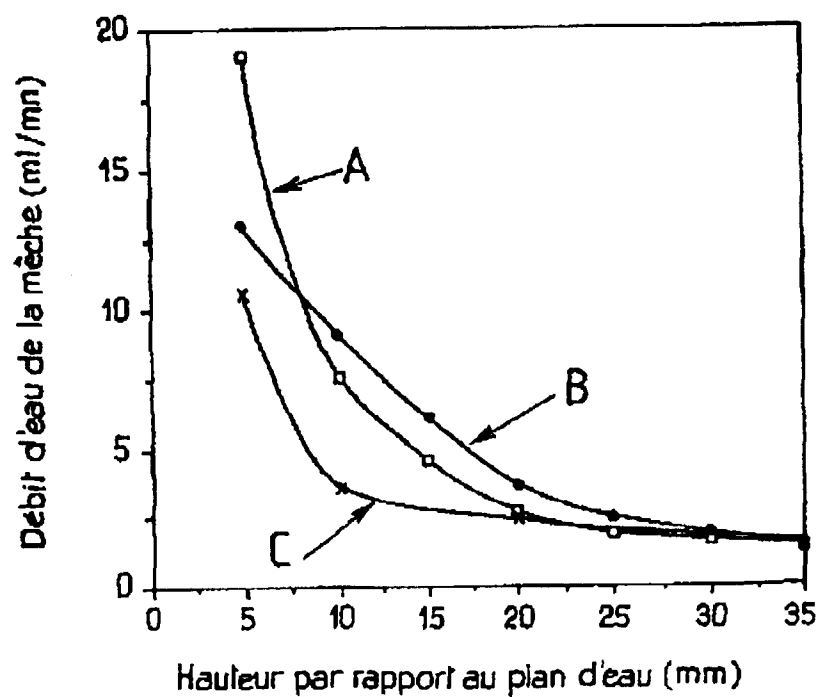
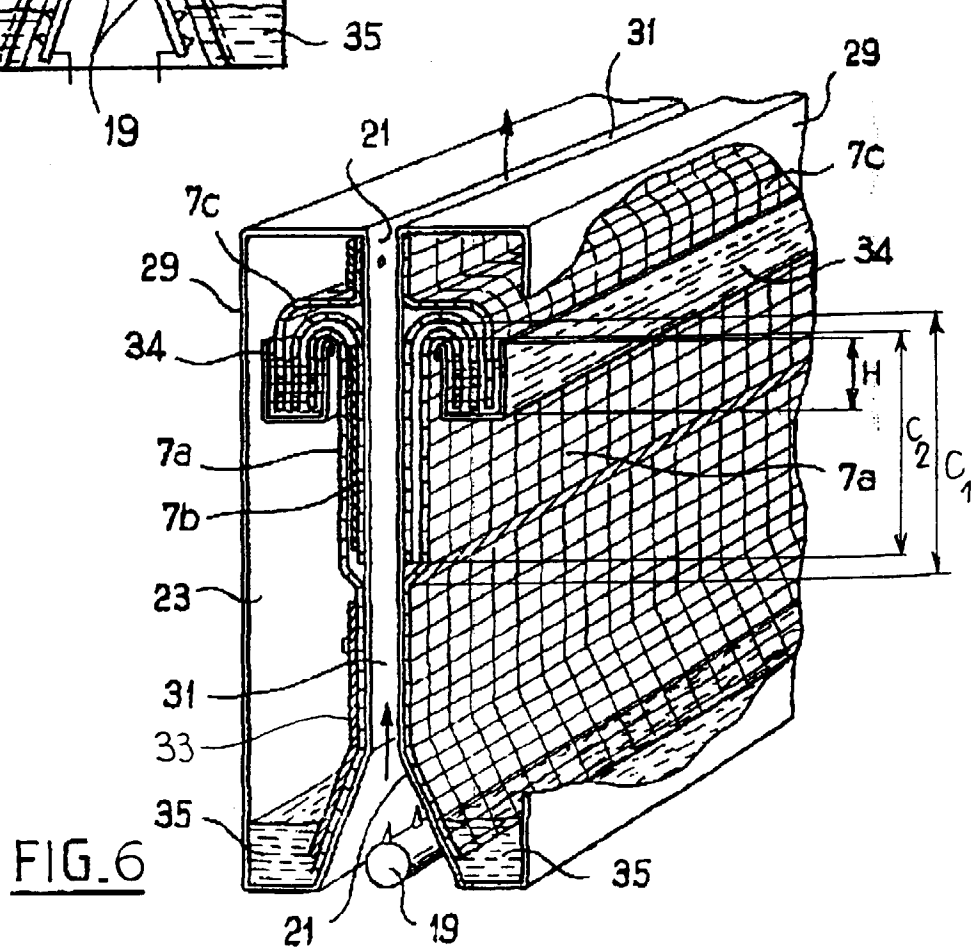
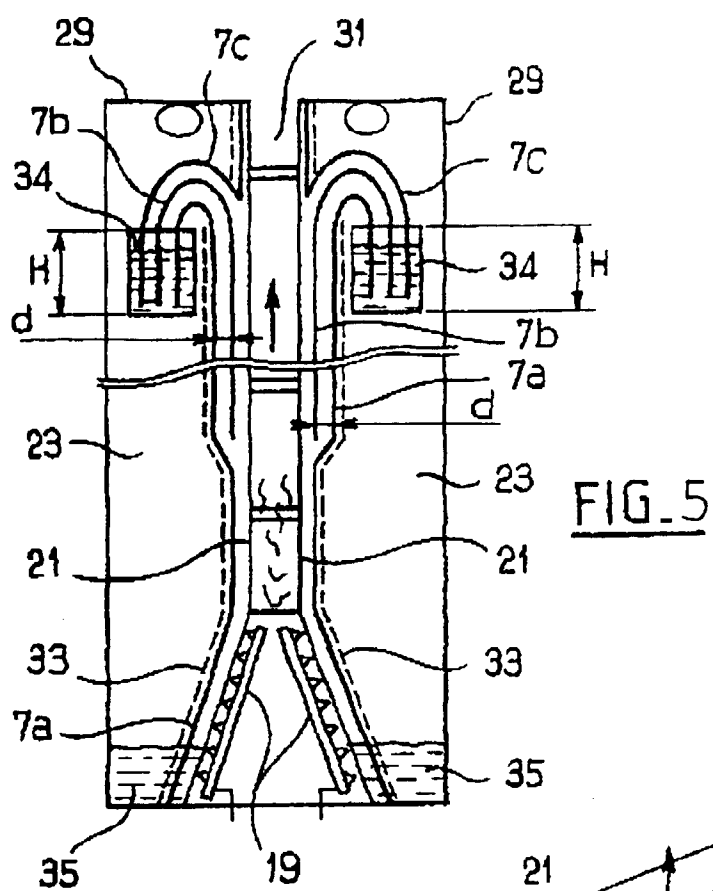


FIG. 4



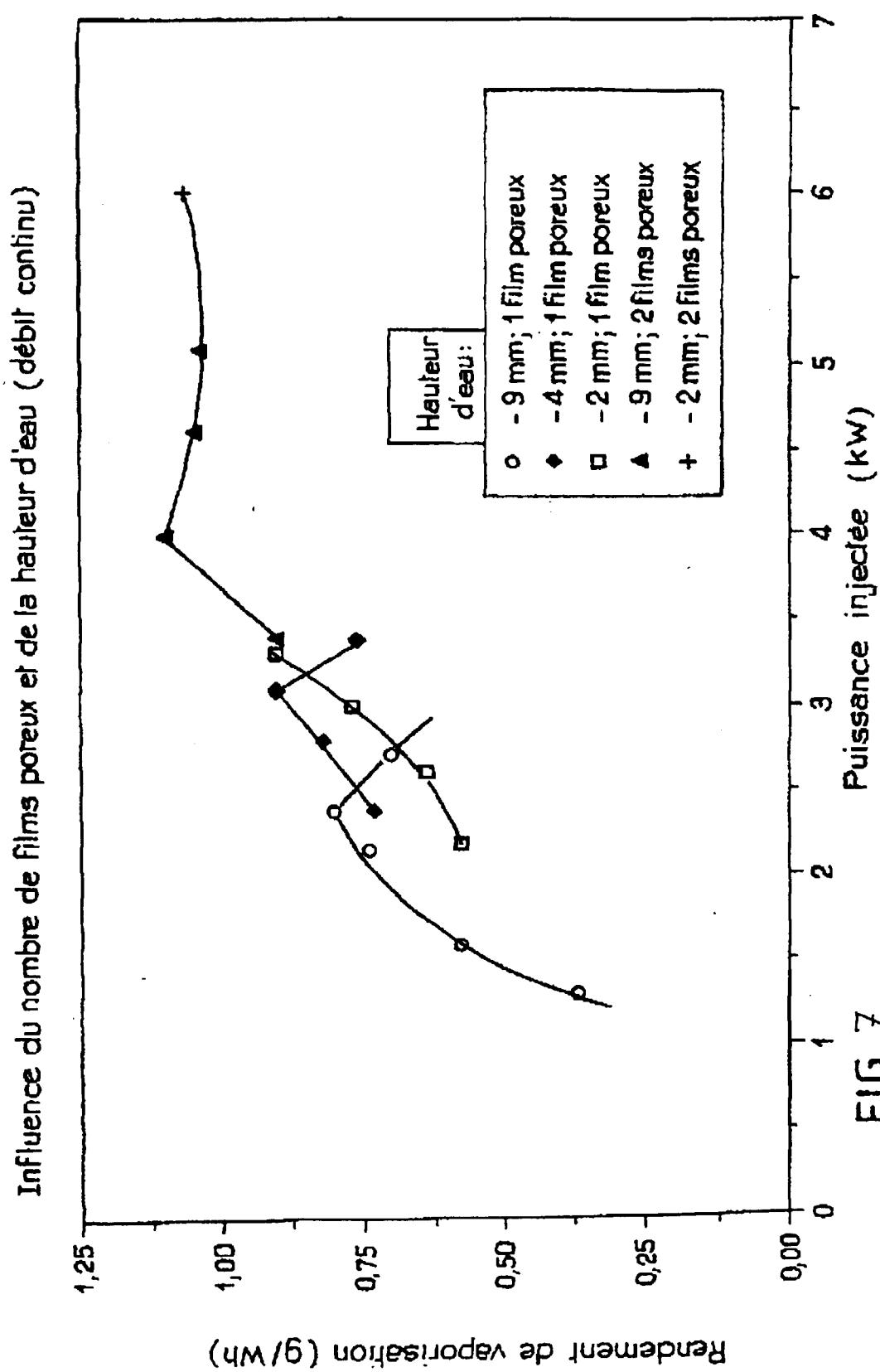


FIG. 7

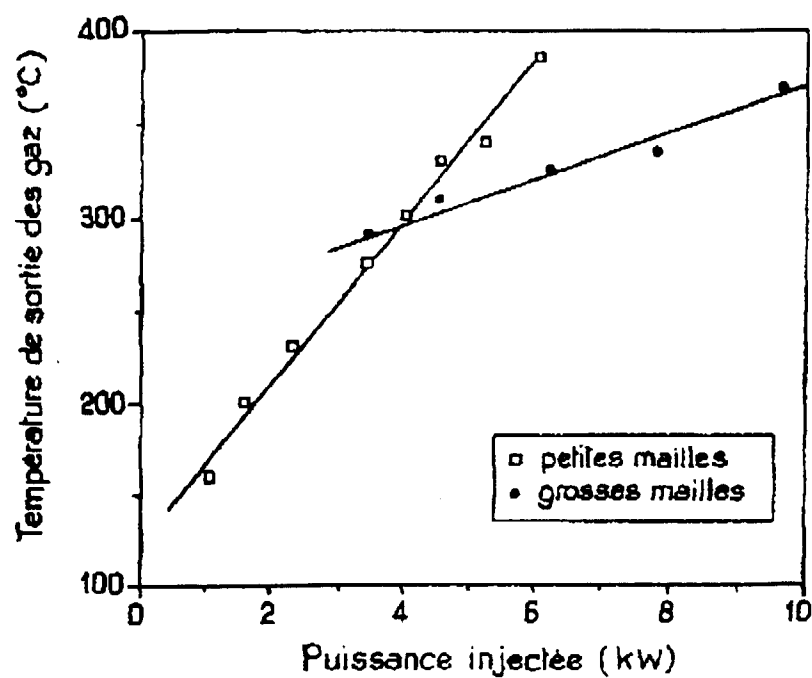


FIG. 8

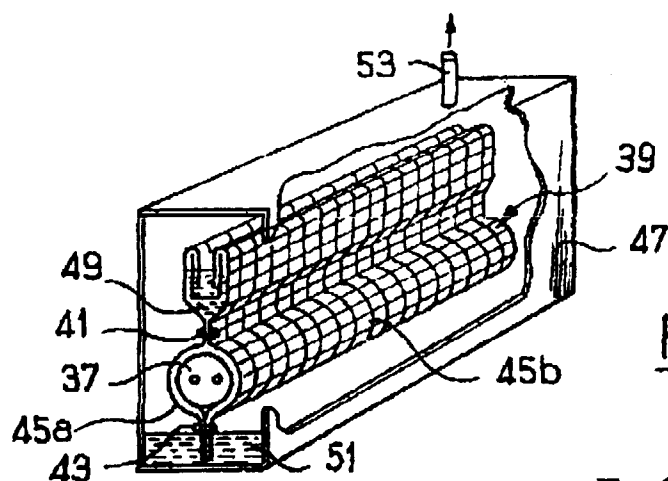


FIG. 9

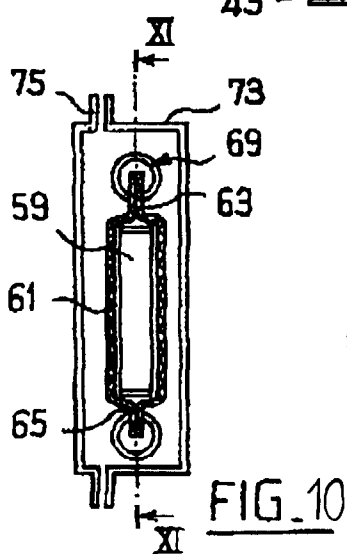


FIG. 10

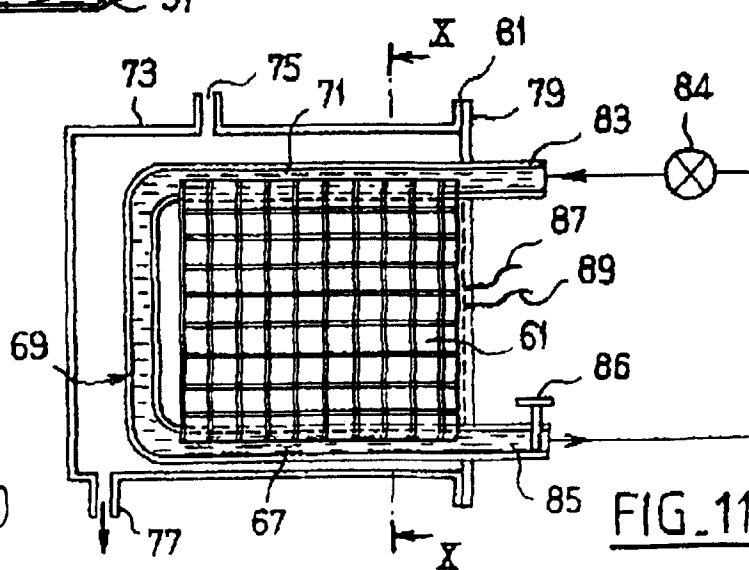


FIG. 11

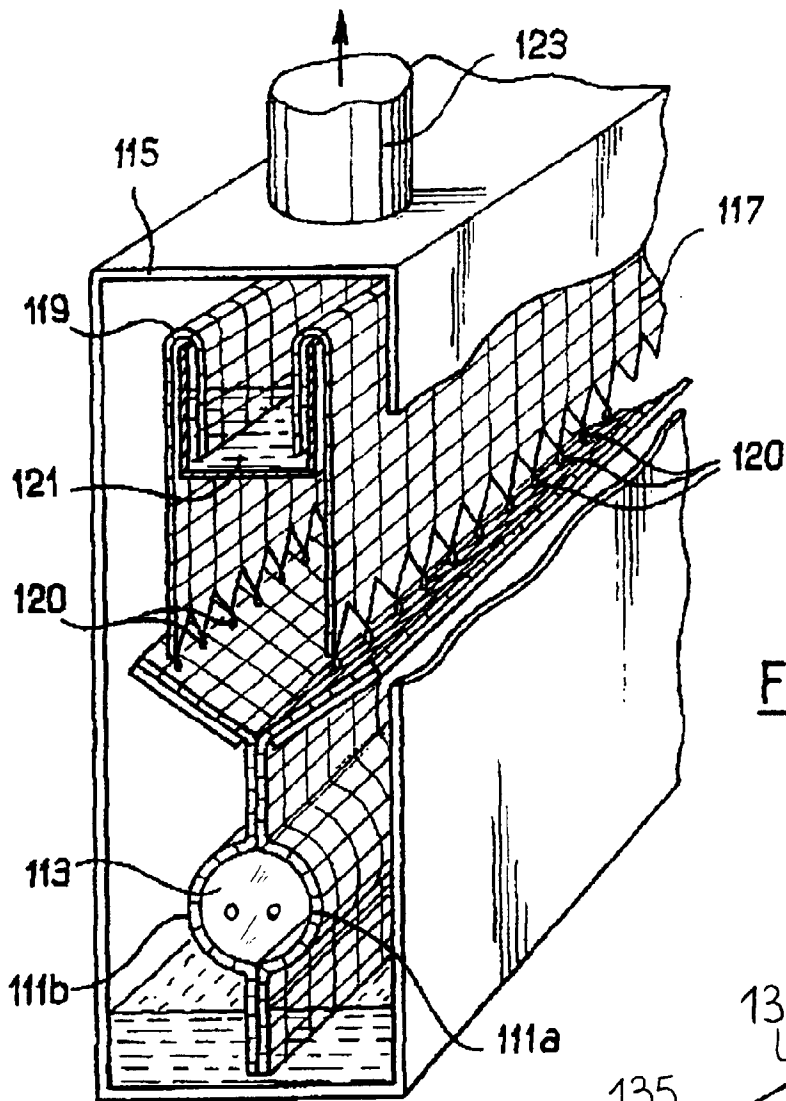


FIG. 12

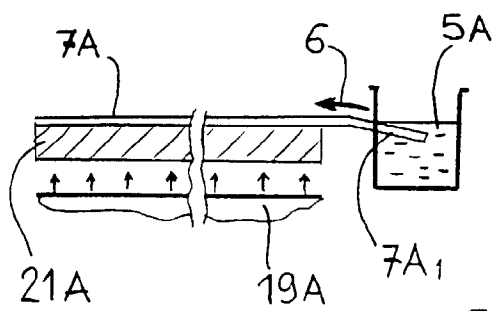


FIG. 1

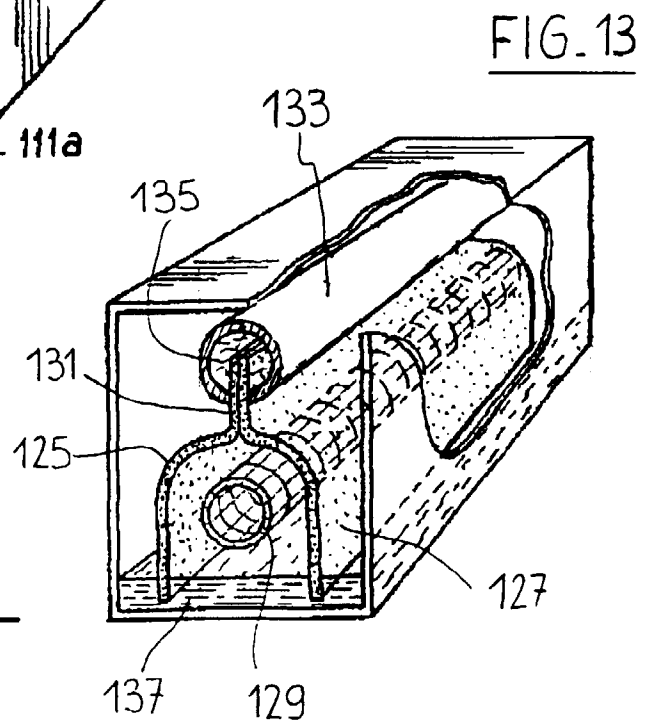


FIG. 13