



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:  
**13.06.2001 Bulletin 2001/24**

(51) Int Cl.7: **H05B 3/60**

(21) Numéro de dépôt: **00403218.1**

(22) Date de dépôt: **17.11.2000**

(84) Etats contractants désignés:  
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU  
MC NL PT SE TR**  
Etats d'extension désignés:  
**AL LT LV MK RO SI**

(72) Inventeurs:  
• **Berthou, Marc**  
**77670 Saint Mammes (FR)**  
• **Aussudre, Christian**  
**77210 Avon (FR)**  
• **Chopard, Fabrice**  
**38400 Saint Martin d'Herès (FR)**

(30) Priorité: **02.12.1999 FR 9915215**

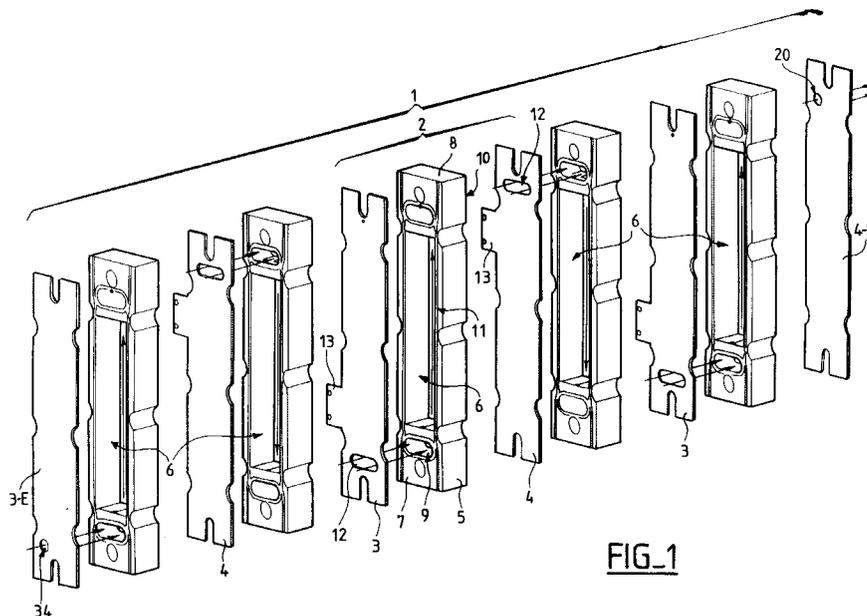
(71) Demandeurs:  
• **ELECTRICITE DE FRANCE**  
**75008 Paris (FR)**  
• **Alfa Laval Vicarb**  
**38120 Fontanil Cornillon (FR)**

(74) Mandataire: **Vaillant, Jeanne et al**  
**Ernest Gutmann - Yves Plasseraud SA,**  
**3, rue Chauveau-Lagarde**  
**75008 Paris (FR)**

(54) **Dispositif perfectionne de chauffage ohmique d'un fluide, installation de traitement d'un fluide incorporant un tel dispositif et procédé de traitement d'un fluide par chauffage ohmique.**

(57) Un dispositif de chauffage ohmique (1) comprend au moins une chambre de chauffage (2) délimitée par des parois, dont deux sont constituées par des plaques conductrices (3,4) parallèles et espacées d'une distance choisie. Cette chambre (2) comprend en outre une entrée (9) pour introduire un fluide à proximité d'une première extrémité des plaques et une sortie (10) pla-

cée à proximité d'une seconde extrémité des plaques, opposée à la première extrémité, pour collecter le fluide après qu'il ait circulé entre les plaques, parallèlement à celles-ci, ainsi que des moyens pour alimenter les plaques en courant électrique, de sorte que le fluide se réchauffe dans la chambre, par effet ohmique, lors de sa circulation parallèlement aux plaques (3,4).



**FIG.1**

## Description

**[0001]** L'invention concerne le domaine du traitement thermique d'un fluide, et notamment les traitements thermiques comprenant au moins une étape de chauffage ohmique.

**[0002]** Bien que de très nombreux fluides puissent être concernés par un tel traitement, l'invention concerne plus particulièrement les fluides agroalimentaires, et notamment ceux devant être pasteurisés ou stérilisés, par exemple.

**[0003]** Le chauffage ohmique est une technique bien connue de chauffage volumique par effet Joule. Il consiste à instaurer un courant électrique dans un circuit électrique interrompu au niveau de plaques conductrices en faisant circuler un fluide électriquement conducteur entre ces plaques. Le fluide présentant une certaine résistance électrique, il produit de la chaleur par effet Joule, et par conséquent « s'auto-échauffe ».

**[0004]** On connaît ainsi par le document brevet FR 94 08108 un dispositif de chauffage ohmique comprenant un canal central tubulaire aux deux extrémités duquel sont placées des électrodes planaires, percées pour permettre l'introduction d'un fluide dans le tube et sa collecte. Ces deux électrodes sont à la fois perpendiculaires au canal et à la direction générale d'écoulement du fluide.

**[0005]** L'invention a pour but d'apporter une solution différente de celles connues.

**[0006]** Elle propose à cet effet un dispositif de chauffage ohmique qui comprend au moins une chambre de chauffage délimitée par des parois, parmi lesquelles deux sont constituées par des plaques conductrices sensiblement parallèles entre-elles et espacées l'une de l'autre d'une distance choisie. Cette chambre comprend en outre au moins une entrée permettant d'introduire le fluide à chauffer à proximité d'une première extrémité des plaques et au moins une sortie placée à proximité d'une seconde extrémité de ces plaques, opposée à la première extrémité, et permettant de collecter le fluide après qu'il ait circulé entre les plaques, sensiblement parallèlement à celles-ci. On prévoit également des moyens permettant d'alimenter les plaques en courant électrique, de sorte que le fluide se réchauffe dans la chambre, par effet ohmique, lors de sa circulation parallèlement aux plaques.

**[0007]** De la sorte, d'une première part, un volume important de fluide peut être traité, d'une seconde part, un chauffage important peut être obtenu en jouant sur les dimensions et l'espacement des plaques, d'une troisième part, l'encrassement des électrodes est très faible, et d'une quatrième part, le nettoyage du dispositif est aisé.

**[0008]** Dans un mode de réalisation préférentiel, chaque chambre du dispositif comprend au moins une entretoise qui définit l'espacement entre plaques et comprend une partie centrale évidée permettant la circulation du fluide et comportant deux faces latérales contre

lesquelles sont placées les plaques et qui sont munies d'ouvertures pour autoriser un contact surfacique entre le fluide et les plaques.

**[0009]** Dans ce cas, il est particulièrement avantageux que l'entretoise comprenne, de part et d'autre de la partie centrale, respectivement une première partie d'extrémité dans laquelle se trouve formée l'entrée d'admission de fluide communiquant avec la partie centrale évidée et une seconde partie d'extrémité dans laquelle se trouve formée la sortie de collection de fluide communiquant avec cette partie centrale évidée.

**[0010]** Selon les besoins, le dispositif pourra comporter une seule ou plusieurs chambres juxtaposées les unes aux autres, de façon étanche. Dans un premier mode de réalisation (dit « série »), les chambres sont juxtaposées de telle sorte que la sortie d'une chambre alimente l'entrée de la chambre qui la suit, tandis que l'entrée de cette chambre est alimentée par la sortie de la chambre qui la précède. Le dispositif peut être ainsi modulable. Dans un second mode de réalisation (dit « parallèle/série »), les chambres sont juxtaposées les unes aux autres, à étanchéité, de telle sorte que leurs entrées respectives communiquent entre elles et que leurs sorties respectives communiquent entre elles. Plus préférentiellement, le dispositif comprend une première multiplicité de chambres et au moins une seconde multiplicité de chambres, la sortie de l'une des première et seconde multiplicités alimentant l'entrée de l'autre des première et seconde multiplicités. Toutes les combinaisons de ces deux modes de réalisation peuvent être envisagées.

**[0011]** Chaque chambre pourra comporter une ou deux entretoises juxtaposées, voire plus encore, notamment de manière à faire varier l'espacement entre les électrodes.

**[0012]** Par ailleurs, on peut également envisager des chambres comprenant deux entrées ou plus, et une ou deux sorties, voire plus encore, de manière à permettre la circulation simultanée de deux flux, ou plus.

**[0013]** L'invention concerne également une installation de traitement de fluide qui comprend le dispositif de chauffage ohmique présenté ci-avant. Plus précisément, cette installation comporte un dispositif pour chauffer un premier fluide, couplé à un premier échangeur de chaleur comprenant un premier circuit où circule le premier fluide chauffé, issu du dispositif, et un second circuit où circule un second fluide, les premier et second circuits étant placés l'un par rapport à l'autre de manière à ce que les premier et second fluides échangent des calories pour abaisser la température du premier fluide et augmenter celle du second fluide de valeurs respectives choisies.

**[0014]** Dans une première forme de réalisation de l'installation, qui ne comporte qu'une seule partie d'échange thermique, le premier fluide est le fluide chauffé délivré en sortie du dispositif, tandis que le second fluide est un fluide frigorigène.

**[0015]** Dans une seconde forme de réalisation de

l'installation, la sortie du dispositif alimente toujours l'entrée du premier circuit du premier échangeur de chaleur, mais la sortie du second circuit de cet échangeur alimente l'entrée de ce même dispositif. Le premier fluide est donc le fluide chauffé par le dispositif, tandis que le second fluide est le fluide à chauffer par le dispositif. Le premier échangeur de chaleur assure donc, simultanément, le pré-chauffage du fluide et le pré-refroidissement de ce même fluide après chauffage.

**[0016]** Dans ce second mode de réalisation, le premier échangeur de chaleur est de préférence logé entre un second échangeur de chaleur et le dispositif. Le second échangeur de chaleur comprend un troisième circuit où circule le premier fluide pré-refroidi, délivré par la sortie du premier circuit, et un quatrième circuit où circule un troisième fluide frigorigène, les troisième et quatrième circuits étant placés l'un par rapport à l'autre de manière à ce que les premier et troisième fluides échangent des calories pour abaisser la température du premier fluide pré-refroidi d'une valeur choisie.

**[0017]** Préférentiellement, chaque échangeur de chaleur est du type à plaques empilées. Les plaques successives définissent deux à deux des chambres de circulation de fluide, et les chambres successives définissent des portions de deux circuits différents pour permettre l'échange de calories entre les fluides de ces deux circuits.

**[0018]** Les premier et second échangeurs de chaleur pourront constituer un unique échangeur de chaleur général. Dans ce cas, il est avantageux que les plaques empilées de l'échangeur de chaleur général et les chambres de chauffage du dispositif présentent des dimensions sensiblement identiques. Ainsi, l'échangeur général et le dispositif peuvent être assemblés en série en formant une structure monobloc à l'aide de moyens de solidarisation, tels que des tirants couplés à des écrous.

**[0019]** Mais, le dispositif et le ou les échangeurs pourront être séparés physiquement, leur couplage étant alors obtenu par des conduits rapportés.

**[0020]** L'invention concerne également un procédé de traitement de fluide par chauffage ohmique qui comprend les étapes indiquées ci-après.

**[0021]** Dans une première étape, on prévoit une (ou plusieurs) chambre(s) de chauffage qui comprend (comprennent) deux parois constituées par des plaques conductrices sensiblement parallèles entre-elles et espacées l'une de l'autre d'une distance choisie.

**[0022]** Dans une seconde étape, on alimente les plaques en courant électrique.

**[0023]** Dans une troisième étape, on introduit le fluide à chauffer à proximité d'une première extrémité des plaques, puis on fait circuler le fluide entre les plaques, sensiblement parallèlement à celles-ci, pour qu'il se réchauffe à l'intérieur de la chambre, par effet ohmique, et enfin on collecte le fluide réchauffé à proximité d'une seconde extrémité des plaques, opposée à la première extrémité.

**[0024]** De façon particulièrement avantageuse, après la troisième étape, on pourra prévoir une quatrième étape pour abaisser d'une valeur choisie la température du premier fluide par échange de calories avec un second fluide.

**[0025]** Dans une première application, lors de la quatrième étape le premier fluide est le fluide chauffé délivré par la sortie de la (ou des) chambre(s) de chauffage, tandis que le second fluide est un fluide frigorigène.

**[0026]** Dans une seconde application, lors de la quatrième étape le premier fluide est le fluide chauffé délivré par la (ou les) chambre(s) de chauffage, tandis que le second fluide est le fluide qui doit être chauffé par cette (ou ces) chambre(s) de chauffage. Ainsi, on effectue simultanément un pré-chauffage du fluide et un pré-refroidissement de ce fluide après qu'il ait été chauffé.

**[0027]** Dans cette seconde application, le procédé pourra comprendre, après la quatrième étape, une cinquième étape pour abaisser d'une valeur choisie la température du premier fluide pré-refroidi par échange de calories avec un troisième fluide frigorigène.

**[0028]** D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à l'examen de la description détaillée ci-après, et des dessins annexés, sur lesquels :

- la figure 1 est une vue éclatée d'un dispositif de chauffage ohmique selon l'invention, à plusieurs chambres,
- la figure 2 est une vue de face d'une entretoise du type de celle utilisée dans le dispositif de la figure 1,
- la figure 3 est une vue en coupe transversale d'une variante de chambre de dispositif,
- la figure 4 est une vue en coupe transversale d'une autre variante de chambre de dispositif, à deux flux,
- la figure 5 est une vue du dessus d'un dispositif de chauffage ohmique du type de celui illustré sur la figure 1, une fois assemblé,
- la figure 6 est un schéma illustrant la circulation du fluide dans une variante de dispositif à plusieurs chambres,
- les figures 7A à 7D sont respectivement des vues de côté (A), du dessus (B), de face côté avant (C) et de face côté arrière (D) d'une installation selon l'invention,
- la figure 8 est une vue schématique éclatée illustrant les circulations respectives de deux fluides dans des portions de circuits indépendants d'un échangeur de chaleur de l'installation,
- la figure 9 est une première variante de l'installation de la figure 7 dans laquelle le dispositif est associé à l'échangeur de chaleur par un couplage tubulaire, et
- la figure 10 est une seconde variante de l'installation de la figure 7 dans laquelle le dispositif est associé à un premier échangeur de chaleur destiné au pré-refroidissement et au pré-chauffage du fluide à traiter, lui même associé à un second échangeur de chaleur destiné au refroidissement du fluide

pré-refroidi, les deux associations s'effectuant par un couplage tubulaire.

**[0029]** Les dessins annexés sont, pour l'essentiel, de caractère certain. En conséquence, ils pourront non seulement servir à compléter celle-ci, mais aussi contribuer à la définition de l'invention le cas échéant.

**[0030]** Dans la description qui suit, il sera fait référence à un dispositif et une installation de traitement de fluide. Plus précisément, il sera fait référence à un fluide utilisé dans l'industrie agro-alimentaire, comme par exemple du lait. Bien entendu, il ne s'agit que d'une application possible, nullement limitative.

**[0031]** On se réfère tout d'abord à la figure 1 pour décrire un dispositif de chauffage ohmique selon l'invention. Ce dispositif 1 est, dans l'exemple illustré, composé de cinq chambres de chauffage juxtaposées les unes aux autres et communiquant entre elles. Ce dispositif est par conséquent de type multichambres, mais il pourrait ne comporter qu'une unique chambre. En d'autres termes, le nombre de chambres du dispositif selon l'invention pourra varier selon les besoins.

**[0032]** Une chambre 2 est délimitée par deux plaques 3, 4 réalisées dans un matériau conducteur, de préférence métallique, ainsi que par une entretoise 5 permettant de régler l'espacement entre les deux plaques conductrices 3 et 4. Ces plaques sont plus préférentiellement encore de type DSA (de l'acronyme anglais « Dimension Stable Anode »). De telles électrodes sont décrites, notamment, dans la demande de brevet européen 99 400 623.7.

**[0033]** Dans l'exemple illustré sur la figure 1, l'entretoise 5 est un élément tridimensionnel comportant une partie centrale 6, évidée, encadrée par deux parties d'extrémité 7 et 8 dans lesquelles sont respectivement formées une entrée d'admission de fluide 9 et une sortie de collection de fluide 10, qui communiquent chacune avec la partie centrale évidée 6.

**[0034]** L'entretoise 5 est réalisée dans un matériau isolant, par exemple un polymère, et plus préférentiellement en PEEK (acronyme anglais pour PolyEtherEtherKetone). Mais de nombreux autres matériaux isolants peuvent être envisagés. Le mode de réalisation de ces entretoises dépend du ou des matériaux utilisés : usinage et/ou soudage et/ou moulage.

**[0035]** Dans cet exemple, l'entrée d'admission 9 et la sortie de collection 10 sont sensiblement en forme de L. Par ailleurs, les plaques conductrices 3 et 4 présentent, de préférence, des dimensions sensiblement égales aux dimensions des faces latérales 11 de l'entretoise 5. En conséquence, pour permettre l'introduction du fluide à chauffer dans la chambre 6, tout comme l'évacuation hors de cette chambre 6 du fluide collecté et chauffé, chaque plaque conductrice 3, 4 comporte une ouverture (ou lumière) 12 en l'une de ses deux extrémités.

**[0036]** Il est ainsi possible d'utiliser un même type de plaque de chaque côté de l'entretoise 5, ce qui permet de réduire notablement les coûts.

**[0037]** Chaque plaque conductrice constitue une électrode destinée à être alimentée en courant électrique par un circuit adapté à cet effet, non représenté, ou bien mise à la masse (comme c'est le cas, dans cet exemple, des plaques d'extrémité 3-E et 4-S). Cette alimentation pourra s'effectuer, par exemple au niveau de la patte latérale 13 que comporte chaque plaque 3, 4.

**[0038]** Le dispositif ayant pour but de chauffer le fluide qui circule à l'intérieur de la partie centrale 6 de la chambre 2, par effet Joule, les faces latérales 11 de l'entretoise sont par conséquent ouvertes, de sorte que le fluide puisse contacter (ou venir lécher) les plaques conductrices 3 et 4, formant électrodes. De la sorte, le fluide qui circule sensiblement parallèlement aux plaques, entre l'entrée d'admission 9 et la sortie de collection 10, établit une "connexion" entre les deux plaques conductrices, si bien que ledit fluide dégage de la chaleur du fait de sa résistivité.

**[0039]** En utilisant plusieurs chambres de chauffage, il est possible d'élever progressivement la température du fluide jusqu'à une valeur donnée. Ainsi, des températures de 180°C peuvent être obtenues. Il est clair, comme cela est illustré sur la figure 1, que la circulation entre chambres successives s'effectue selon des sens alternés. En d'autres termes, les entretoises sont placées de façon alternée, de sorte que la sortie de collection de l'une alimente l'entrée d'admission de l'autre.

**[0040]** De préférence, l'alimentation générale des différentes plaques conductrices s'effectue dans un mode de type "triangle" dans lequel les plaques d'extrémité 3-E et 4-S sont respectivement placées à la masse tandis que les plaques intermédiaires 3 et 4 sont placées à des potentiels choisis, par exemple 50 ou 100 volts.

**[0041]** Ce mode d'alimentation en courant est actuellement préféré. En effet, dans ce mode d'alimentation, les chambres d'admission de fluide et de collection de fluide qui comportent respectivement les plaques 3-E et 4-S à la masse, ne servent pas à réchauffer le fluide, mais à « casser » d'éventuelles fuites de courant. Dans une variante, on peut également placer à la masse les deux plaques 4 et 3 qui délimitent les première et dernière chambres du dispositif avec les deux plaques d'extrémité 3-E et 4-S, respectivement. Ces première et dernière chambres agissent par conséquent comme des chambres isolantes. Mais il pourrait en être autrement.

**[0042]** La puissance du dispositif peut être, par exemple, de l'ordre de 6 kW en triphasé pour un débit de 300 l/h, ou bien de 120 kW pour un débit de 6000 l/h.

**[0043]** Bien entendu, hormis les plaques d'extrémité d'entrée 3-E et de sortie 4-S, chaque plaque conductrice 3, 4 est utilisée simultanément par deux chambres successives 6, si bien que l'ouverture 12 qu'elle comporte en l'une de ses deux extrémités sert à la fois d'ouverture d'admission et d'ouverture de collection.

**[0044]** On se réfère maintenant aux figures 3 et 4 pour décrire deux variantes de réalisation d'une chambre de chauffage du dispositif selon l'invention.

**[0045]** Dans l'exemple illustré sur la figure 3, l'entre-

toise comporte toujours une chambre de chauffage 6 alimentée par une entrée d'admission 9 et alimentant une sortie de collection 10. Ici, les parties de l'entrée d'admission 9 et de la sortie de collection 10 qui débouchent dans la partie évidée de la chambre 6, sont réalisées sous la forme d'éléments "divergents", ce qui permet d'améliorer la répartition du fluide à l'intérieur de la chambre et sa collection en sortie de cette chambre.

**[0046]** Dans la variante illustrée sur la figure 4, l'espacement entre les plaques conductrices 3 et 4 a été sensiblement augmenté, en utilisant une entretoise double ou, mieux encore, et comme cela est illustré sur la figure 4, deux entretoises superposées tête-bêche. Ici, tout comme dans l'exemple illustré sur la figure 3, chaque entretoise comporte un élément divergent 14, 15. Il en résulte que le flux qui pénètre par l'entrée d'admission 9 est subdivisé en deux sous-flux. On pourrait également envisager de superposer trois entretoises, voire plus, de manière à instaurer trois flux ou plus. Bien entendu, les flux communiquent entre eux à l'intérieur de la chambre de chauffage 6, de sorte que le courant électrique puisse circuler entre les deux plaques conductrices 3 et 4. Dans ce mode de réalisation, notamment, il est possible de prévoir plusieurs entrées d'admission de fluides et/ou plusieurs sorties de collection de fluide, y compris pour chaque chambre.

**[0047]** Sur la figure 5 se trouve illustré un dispositif de chauffage ohmique assemblé à l'aide de moyens de solidarisation tels que des tirants 29 aux extrémités desquels se trouvent vissés des écrous 30. L'assemblage des plaques et des entretoises s'effectue donc par pression. Le dispositif comprend une entrée 34 d'admission de fluide au niveau de la première chambre 2 (qui comporte la plaque 3-E), et une sortie 20 de collection de fluide chauffé au niveau de la dernière chambre 2 (qui comporte la plaque 4-S).

**[0048]** La circulation du fluide à l'intérieur du dispositif peut être soit totalement alternée (montante/descendante/montante/descendante...), ce qui correspond à une circulation « en série » comme indiqué précédemment, soit partiellement alternée (montante puis descendante ou descendante puis montante), comme illustré sur la figure 6, ce qui correspond à une circulation de type « parallèle/série ». Dans ce dernier cas, le dispositif comprend une première partie qui alimente une seconde partie. Dans l'exemple illustré, la première partie comporte trois chambres alimentées en fluide par le haut, en parallèle, le fluide ayant circulé dans chaque chambre étant collecté en bas. La seconde partie comporte trois chambres alimentées en fluide issu de la première partie, par le bas, en parallèle, le fluide ayant circulé dans chaque chambre étant collecté en haut et alimentant la sortie 20 du dispositif.

**[0049]** Plus généralement, toutes les combinaisons des modes série et parallèle/série peuvent être envisagées.

**[0050]** On se réfère maintenant aux figures 7A à 7D pour décrire un mode de réalisation d'une installation de

traitement de fluide selon l'invention. Une telle invention est particulièrement intéressante dans les applications où il est nécessaire premièrement de chauffer un fluide à une température donnée, par exemple 140°C, afin de le stériliser ou de le pasteuriser, puis deuxièmement d'abaisser sa température à une seconde valeur, inférieure à la première, par exemple dans le but de le conditionner.

**[0051]** Dans cette optique, il est donc nécessaire de prévoir une installation qui comporte un dispositif du type de celui décrit précédemment, en référence aux figures 1 à 6, couplé à un ou deux échangeurs de chaleur. On entend ici par couplage, soit une intégration dans laquelle le dispositif et le ou les échangeurs de chaleur forment un ensemble de type monobloc (comme illustré sur les figures 7), soit une association dans laquelle le dispositif et le ou les échangeurs de chaleur sont raccordés les uns aux autres par des conduits (comme illustré sur les figures 9 et 10).

**[0052]** Les figures 7A à 7D illustrent un exemple de réalisation d'une installation selon l'invention dans laquelle le dispositif 1 est couplé, en ligne, à un échangeur de chaleur général 17 à "deux étages" (ou deux parties). Le premier étage 16 (ou première partie, ou encore premier échangeur) est utilisé, à la fois pour préchauffer le fluide qui doit être porté à la première température par le dispositif 1, et pré-refroidir, à une température dite "intermédiaire", le fluide qui vient d'être chauffé par le dispositif 1.

**[0053]** La seconde partie 18 est utilisée pour refroidir le fluide qui vient d'être pré-refroidi par la première partie 16 de l'échangeur de chaleur 17, à une seconde température.

**[0054]** Pour ce faire, la première partie 16 de l'échangeur de chaleur général 17 comporte du côté du dispositif 1, de préférence, une entrée 19 alimentée en fluide chauffé par la sortie 20 du dispositif 1. Cette entrée 19 alimente un premier circuit 21 (voir figure 8) qui alimente en fluide refroidi, en sortie de la première partie 16, la seconde partie 18 sur laquelle on reviendra plus loin. La première partie 16 comporte une autre entrée 22, placée de préférence à l'opposée de l'entrée 19, c'est-à-dire du côté de la seconde partie 18 de l'échangeur 17. Cette entrée 22 alimente un second circuit 23 qui présente, de préférence, une circulation alternée à celle du fluide chauffé qui circule à l'intérieur du premier circuit. Les premier 21 et second 23 circuits sont agencés de manière à permettre un échange de calories entre le fluide chauffé et le fluide froid à préchauffer.

**[0055]** Préférentiellement, et comme cela est illustré sur la figure 8, la première partie 16 de l'échangeur de chaleur 17 est constituée de plaques empilées 24 qui délimitent deux à deux des chambres 25 dans lesquelles circulent les deux types de fluide (chauffé et à chauffer).

**[0056]** Avantagusement, dans le but de favoriser l'échange thermique entre les deux fluides, les plaques empilées sont de type corrugué.

**[0057]** Ce type de plaques corruguées 24 est bien connu de l'homme de l'art. Il est par conséquent inutile de les décrire en détail. Ce que l'on peut dire, c'est que le fluide chauffé lorsqu'il circule à l'intérieur du premier circuit 21, de l'entrée 19 vers la sortie 43 qui alimente la seconde partie 18, perd des calories au profit du fluide à chauffer qui circule dans le second circuit 23, de l'entrée 22 vers le dispositif 1.

**[0058]** Préférentiellement, la seconde partie 18 de l'échangeur de chaleur 17 est constituée de la même manière que la première partie 16. Elle comporte donc une série de plaques empilées 24 qui définissent deux à deux des chambres d'échange thermique. Plus précisément, le fluide pré-refroidi circule à l'intérieur d'un troisième circuit 32 qui se termine au niveau d'une sortie 26. Pour refroidir ce fluide pré-refroidi, on prévoit un quatrième circuit 33 également constitué par les plaques empilées corruguées 24. Ce quatrième circuit 33 est alimenté en fluide frigorigène par une entrée 27 placée au niveau d'une face d'extrémité de l'échangeur 17 opposée au dispositif 1, et débouche en une sortie 28 qui est, dans l'exemple illustré sur les figures 5, également placée au niveau de cette face opposée au dispositif 1.

**[0059]** De la sorte, le fluide pré-refroidi qui circule dans le troisième circuit 32, de la sortie 43 de la première partie 16 vers la sortie 27, perd des calories au profit du fluide frigorigène qui circule dans le quatrième circuit 33, entre l'entrée 27 et la sortie 28.

**[0060]** Il est clair que les dimensions de l'échangeur, et le nombre de chambres de refroidissement qu'il comporte varient selon les besoins.

**[0061]** De façon particulièrement avantageuse, et comme cela est illustré sur les figures 7, le dispositif 1 présente des dimensions transversales sensiblement identiques à celles de l'échangeur de chaleur général 17. En d'autres termes, les dimensions transversales des plaques empilées, corruguées, 24, des entretoises 5 et des plaques conductrices 3 et 4, sont sensiblement identiques. Seules les joues qui définissent les plaques d'extrémité de l'échangeur et/ou du dispositif, présenteront éventuellement des dimensions légèrement différentes, si cela s'avère nécessaire, par exemple pour des questions de fixation ou de résistance.

**[0062]** Cela permet en effet de constituer une installation de type monobloc dans laquelle l'échangeur de chaleur 17 et le dispositif 1 sont montés en ligne, ou en série, et sont assemblés simultanément, à l'aide de moyens de solidarisation tels que des tirants 29 aux extrémités desquels se trouvent vissés des écrous 30. Ainsi, en pressant les unes contre les autres les plaques et les entretoises, on constitue un assemblage étanche qui ne nécessite pas d'opération de soudage. Bien entendu, on pourrait tout à fait envisager d'utiliser des échangeurs à plaques brasées. Néanmoins, un échangeur à plaques empilées, simplement assemblées par pression les unes contre les autres, peut être nettoyé très facilement. Par ailleurs, cela permet de réaliser des ins-

tallations et des dispositifs modulaires.

**[0063]** D'autre part, et comme cela est mieux illustré sur les figures 7, le dispositif comportera, de préférence, d'une part, en chacune de ses extrémités et, d'autre part, à l'interface entre les parties de l'échangeur de chaleur et entre l'échangeur de chaleur et le dispositif, des boîtes collectrices 31 réalisées, de préférence, sous la forme de plaques spécifiques bombées, éventuellement renforcées offrant des volumes de circulation de fluide plus importants.

**[0064]** L'installation selon l'invention peut être déclinée en de nombreuses variantes, notamment au niveau des emplacements des entrées et des sorties.

**[0065]** Une variante particulièrement intéressante consiste à utiliser un échangeur de chaleur qui ne comporte qu'une unique partie. Deux cas peuvent être envisagés

**[0066]** Dans une première application, le fluide qui circule dans le second circuit 23 est le fluide à chauffer. Ce fluide est par conséquent préchauffé par le fluide qui vient d'être chauffé par le dispositif 1, lequel circule dans le premier circuit 21 et est lui-même pré-refroidi par le fluide qui circule dans le second circuit 23.

**[0067]** Dans une seconde application, le fluide qui circule dans le second circuit 23 est un fluide frigorigène, et le fluide à chauffer alimente directement l'entrée 34 du dispositif 1. Dans ce cas, il est bien évident que le fluide à chauffer n'est pas préchauffé, et que le fluide chauffé n'est pas pré-refroidi, il est en effet refroidi par le fluide frigorigène.

**[0068]** On se réfère maintenant aux figures 9 et 10 pour décrire deux variantes de réalisation de l'installation selon l'invention. Il s'agit de variantes dans lesquelles le couplage entre le dispositif et le (ou les) échangeur (s) s'effectue par association, et non pas par intégration comme sur les figures 7.

**[0069]** Dans le mode de réalisation illustré sur la figure 9, le dispositif 1 est couplé (associé) par deux conduits 40, 41 à un échangeur de chaleur général 17 à deux étages 16 et 18. La sortie 42 du second circuit 23 de la première partie 16 de l'échangeur 17 alimente en fluide pré-chauffé, via le conduit 40, l'entrée 34 du dispositif 1, tandis que la sortie 20 du dispositif alimente en fluide chauffé, via le conduit 41, l'entrée 19 du premier circuit 21 de la première partie 16 de l'échangeur 17.

**[0070]** Le dispositif 1 est donc un élément de l'installation indépendant mécaniquement de l'échangeur 17 avec lequel il coopère par le biais du fluide. L'échangeur général est donc assemblé séparément du dispositif 1, par exemple à l'aide de tirants 29 et d'écrous 31.

**[0071]** Dans le mode de réalisation illustré sur la figure 10, le dispositif 1 est couplé (associé) par deux conduits 40, 41 à un premier échangeur de chaleur 16. La sortie 42 du second circuit 23 du premier échangeur de chaleur 16 alimente en fluide pré-chauffé, via le conduit 40, l'entrée 34 du dispositif 1, tandis que la sortie 20 du dispositif alimente en fluide chauffé, via le conduit 41, l'entrée 19 du premier circuit 21 du premier échangeur

de chaleur 18.

**[0072]** Le premier échangeur de chaleur 16 est couplé (associé) via un conduit 45 à un second échangeur de chaleur 18 destiné à refroidir le fluide pré-refroidi. La sortie 43 du premier circuit 21 du premier échangeur de chaleur 16 alimente en fluide pré-refroidi, via le conduit 45, l'entrée 44 du troisième circuit 32 du second échangeur de chaleur 18. Le fluide refroidi débouche du troisième circuit 32 par la sortie 28.

**[0073]** Le dispositif 1 est donc un élément de l'installation indépendant mécaniquement à la fois des premier 16 et second 18 échangeurs de chaleur avec lesquels il coopère par le biais du fluide à chauffer. Les deux échangeurs sont donc assemblés séparément l'un de l'autre, par exemple à l'aide de tirants 29 et d'écrous 31. Par ailleurs, comme cela est illustré sur la figure 10, les dimensions des deux échangeurs de chaleur ne sont forcément identiques. Il peut être en effet avantageux que, par exemple, le second échangeur soit plus volumineux que le premier.

**[0074]** L'invention concerne également un procédé de traitement de fluide par chauffage ohmique. Ce procédé se caractérise par les étapes données ci-après.

**[0075]** Il s'agit tout d'abord, dans une première étape, de prévoir une ou plusieurs chambres de chauffage du type de celles décrites en référence au dispositif illustré sur les figures 1 à 6. Chaque chambre comprend, par conséquent, deux parois constituées par des plaques conductrices sensiblement parallèles entre elles et espacées l'une de l'autre d'une distance choisie. Bien entendu, il est particulièrement avantageux que deux chambres de chauffage successives partagent une même plaque conductrice.

**[0076]** Dans une seconde étape, on alimente les plaques conductrices en courant électrique.

**[0077]** Dans une troisième étape, le fluide à chauffer est introduit à proximité d'une première extrémité des plaques conductrices, puis on fait circuler ce fluide entre les plaques, sensiblement parallèlement à celles-ci, de sorte qu'il puisse se réchauffer à l'intérieur des chambres, par effet ohmique. Enfin, on collecte le fluide ainsi réchauffé à proximité d'une seconde extrémité des plaques, opposée à la première extrémité. Bien entendu, lorsque plusieurs chambres sont utilisées, le fluide est totalement réchauffé une fois qu'il arrive au niveau de la sortie de la toute dernière chambre.

**[0078]** Comme cela a été décrit en référence à l'installation, le procédé pourra comprendre une quatrième étape, venant après la troisième étape, et destinée à abaisser la température du premier fluide à une valeur choisie, par échange de calories avec un second fluide. Ce second fluide pourra être soit un fluide frigorigène, soit le fluide à chauffer, lui-même, et dans ce cas ce fluide à chauffer est préchauffé par le premier fluide.

**[0079]** Dans ce dernier cas, on peut prévoir après la quatrième étape, une cinquième étape pour abaisser d'une nouvelle valeur choisie la température du premier fluide qui a été pré-refroidi lors de la quatrième étape,

par échange de calories avec un troisième fluide frigorigène.

**[0080]** L'invention ne se limite pas aux modes de réalisation de dispositif, d'installation et de procédé décrits ci-avant, seulement à titre d'exemple, mais elle englobe toutes les variantes que pourra envisager l'homme de l'art dans le cadre des revendications ci-après.

**[0081]** Ainsi, on a décrit un dispositif de chauffage ohmique multi-chambres. Mais il est clair que le dispositif pourrait ne comporter qu'une unique chambre de chauffage. De même, l'échangeur de chaleur de l'installation qui a été décrite était de type multi-chambres (ou « multi-passes »), mais il pourrait ne comporter qu'une chambre pour chaque circuit.

**[0082]** Par ailleurs, on a décrit une application des dispositifs, installations et procédés selon l'invention aux fluides agroalimentaires, en particulier le lait. Mais il est évident que de nombreux autres fluides sont concernés par l'invention, y compris dans des domaines autres que l'agroalimentaire.

## Revendications

1. Dispositif de chauffage ohmique d'un fluide (1), caractérisé en ce qu'il comprend au moins une chambre de chauffage (2) délimitée par des parois, deux de ces parois étant constituées par des plaques conductrices (3,4) sensiblement parallèles entre-elles et espacées l'une de l'autre d'une distance choisie, ladite chambre comprenant en outre au moins une entrée (9,12) propre à introduire un fluide à proximité d'une première extrémité desdites plaques (3,4) et au moins une sortie (10,12) placée à proximité d'une seconde extrémité desdites plaques, opposée à la première extrémité, et propre à collecter ledit fluide après qu'il ait circulé entre les plaques, sensiblement parallèlement à celles-ci, ainsi que des moyens propres à alimenter en courant électrique lesdites plaques, de sorte que le fluide se réchauffe dans la chambre, par effet ohmique, lors de sa circulation parallèlement aux plaques.
2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que lesdites plaques (3,4) sont espacées l'une de l'autre par au moins une entretoise (5) comprenant une partie centrale évidée (6) pour la circulation du fluide et comportant deux faces latérales (11) propres à être solidarisées à étanchéité aux plaques (3,4) et munies d'ouvertures propres à autoriser un contact surfacique entre le fluide et les plaques.
3. Dispositif selon la revendication 2, caractérisé en ce que ladite entretoise (5) comprend de part et d'autre de ladite partie centrale (6) respectivement une première partie d'extrémité (7) dans laquelle se trouve formée l'entrée d'admission (9) de fluide,

communiquant avec ladite partie centrale évidée, et une seconde partie d'extrémité (8) dans laquelle se trouve formée la sortie de collection de fluide (10) communiquant avec cette partie centrale évidée.

4. Dispositif selon la revendication 3, caractérisé en ce que la première partie d'extrémité (7) comprend une première lumière formant l'entrée d'admission (9) et en ce que la seconde partie d'extrémité (8) comprend une seconde lumière formant la sortie de collection (10), lesdites lumières présentant une forme en L, dans une vue en coupe longitudinale.
5. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que lesdites plaques (3,4) sont espacées l'une de l'autre par au moins deux entretoises (5).
6. Dispositif selon la revendication 5, caractérisé en ce que lesdites entretoises sont placées l'une contre l'autre tête-bêche.
7. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce qu'il comporte une multiplicité de chambres (2) juxtaposées les unes aux autres, à étanchéité, de telle sorte que la sortie (10) d'une chambre alimente l'entrée (9) de la chambre qui la suit, tandis que l'entrée (9) de cette chambre est alimentée par la sortie (10) de la chambre qui la précède.
8. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce qu'il comporte une multiplicité de chambres (2) juxtaposées les unes aux autres, à étanchéité, de telle sorte que leurs entrées respectives communiquent entre elles et que leurs sorties respectives communiquent entre elles.
9. Dispositif selon la revendication 8, caractérisé en ce qu'il comporte au moins une première multiplicité de chambres (2) et au moins une seconde multiplicité de chambres (2), la sortie de l'une desdites première et seconde multiplicités alimentant l'entrée de l'autre desdites première et seconde multiplicités.
10. Dispositif selon l'une des revendications 7 à 9, caractérisé en ce que les chambres (2) voisines partagent une plaque commune (3 ;4).
11. Dispositif selon l'une des revendications 2 à 10, caractérisé en ce que lesdites plaques (3,4) présentent des dimensions sensiblement identiques à celle desdites entretoises (5), et comportent en l'une de leurs extrémités au moins une ouverture (12) propre à être placée en regard d'au moins une entrée d'admission (9) et/ou d'au moins une sortie de collection (10).

12. Dispositif selon l'une des revendications 2 à 11, caractérisé en ce que les plaques (3,4) sont solidarisées à étanchéité aux entretoises (5) par des moyens de fixation, en particulier des tirants (29) à l'une au moins des extrémités desquels se trouve vissé un écrou (30).

13. Installation de traitement d'un fluide, caractérisée en ce qu'elle comprend un dispositif de chauffage ohmique d'un premier fluide (1) selon l'une des revendications 1 à 12, couplé à un premier échangeur de chaleur (16) comprenant un premier circuit (21) dans lequel circule ledit premier fluide chauffé, provenant du dispositif (1), et un second circuit (23) dans lequel circule un second fluide, lesdits premier et second circuits étant placés l'un par rapport à l'autre de manière à ce que les premier et second fluides échangent des calories pour abaisser la température du premier fluide et augmenter celle du second fluide de valeurs choisies.

14. Installation selon la revendication 13, caractérisée en ce que ledit premier fluide est le fluide chauffé délivré par la sortie (20) du dispositif (1), et ledit second fluide est un fluide frigorigène.

15. Installation selon la revendication 13, caractérisée en ce que la sortie (20) du dispositif (1) alimente l'entrée (19) du premier circuit (21) du premier échangeur de chaleur (16) et la sortie du second circuit (23) du premier échangeur de chaleur (16) alimente l'entrée (34) du dispositif (1), de sorte que ledit premier fluide soit le fluide chauffé par le dispositif (1), et ledit second fluide soit le fluide à chauffer par ce dispositif, ledit premier échangeur de chaleur (16) assurant ainsi, simultanément, un préchauffage d'une première partie du fluide et un prérefroidissement d'une seconde partie de ce même fluide préalablement chauffé.

16. Installation selon l'une des revendications 13 à 15, caractérisée en ce qu'il comprend un second échangeur de chaleur (18) comportant un troisième circuit (32) dans lequel circule ledit premier fluide pré-refroidi délivré par ladite sortie du premier circuit (21), et un quatrième circuit (33) dans lequel circule un troisième fluide frigorigène, lesdits troisième (32) et quatrième (33) circuits étant placés l'un par rapport à l'autre de manière à ce que les premier et troisième fluides échangent des calories pour abaisser la température du premier fluide pré-refroidi d'une valeur choisie.

17. Installation selon l'une des revendications 13 à 16, caractérisée en ce que ledit premier échangeur de chaleur (16) est du type à plaques empilées (24), deux plaques (24) successives définissant une

chambre de circulation de fluide (25), et deux chambres successives définissant des portions de deux circuits différents parmi lesdits circuits (21,23), de manière à permettre l'échange de calories entre les fluides de ces deux circuits.

**18.** Installation selon l'une des revendications 16 et 17, caractérisée en ce que ledit second échangeur de chaleur (18) est du type à plaques empilées (24), deux plaques (24) successives définissant une chambre de circulation de fluide (25), et deux chambres successives définissant des portions de deux circuits différents parmi lesdits circuits (32,33), de manière à permettre l'échange de calories entre les fluides de ces deux circuits.

**19.** Installation selon l'une des revendications 16 à 18 en combinaison avec l'une des revendications 13 à 15, caractérisée en ce que lesdits premier (16) et second (18) échangeurs de chaleur constituent les deux parties d'un même échangeur de chaleur général (17).

**20.** Installation selon la revendication 19, caractérisée en ce que les plaques empilées (24) de l'échangeur de chaleur général (17) et les chambres de chauffage (2) du dispositif (1) présentent des dimensions sensiblement identiques, de sorte que cet échangeur et ce dispositif puissent être assemblés en série en formant une structure monobloc à l'aide de moyens de solidarisation, en particulier des tirants (29) à l'une au moins des extrémités desquels se trouve vissé un écrou (30).

**21.** Procédé de traitement d'un fluide par chauffage ohmique, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes :

a) prévoir au moins une chambre de chauffage comprenant deux parois constituées par des plaques conductrices sensiblement parallèles entre-elles et espacées l'une de l'autre d'une distance choisie,

b) alimenter lesdites plaques en courant électrique,

c) introduire un fluide à proximité d'une première extrémité desdites plaques, puis faire circuler le fluide entre les plaques, sensiblement parallèlement à celles-ci, de sorte qu'il se réchauffe dans la chambre, par effet ohmique, et collecter ce fluide réchauffé à proximité d'une seconde extrémité desdites plaques, opposée à la première extrémité.

**22.** Procédé selon la revendication 21, caractérisé en ce qu'à l'étape a) on prévoit une multiplicité de chambres juxtaposées les unes aux autres, à étanchéité, de telle sorte que la sortie d'une chambre

alimente l'entrée de la chambre qui la suit, tandis que l'entrée de cette chambre est alimentée par la sortie de la chambre qui la précède.

**23.** Procédé selon la revendication 21, caractérisé en ce qu'à l'étape a) on prévoit une multiplicité de chambres juxtaposées les unes aux autres, à étanchéité, de telle sorte que leurs entrées respectives communiquent entre elles et que leurs sorties respectives communiquent entre elles.

**24.** Procédé selon la revendication 23, caractérisé en ce qu'à l'étape a) on prévoit au moins une première multiplicité de chambres et au moins une seconde multiplicité de chambres, la sortie de l'une desdites première et seconde multiplicités alimentant l'entrée de l'autre desdites première et seconde multiplicités.

**25.** Procédé selon l'une des revendications 22 à 24, caractérisé en ce qu'à l'étape a) les chambres voisines partagent une plaque commune.

**26.** Procédé selon l'une des revendications 21 à 25, caractérisé en ce qu'il comprend, après l'étape c), une étape d) dans laquelle on abaisse, d'une valeur choisie, la température du premier fluide par échange de calories avec un second fluide.

**27.** Procédé selon la revendication 26, caractérisé en ce qu'à l'étape d) le premier fluide est le fluide chauffé délivré par la sortie de la (ou des) chambre(s) de chauffage, et le second fluide est un fluide frigorigène.

**28.** Procédé selon la revendication 26, caractérisé en ce qu'à l'étape d) le premier fluide est le fluide chauffé délivré par la (ou les) chambre(s) de chauffage, et le second fluide est le fluide devant être chauffé par cette (ou ces) chambre(s) de chauffage, de manière à assurer simultanément un pré-chauffage d'une première partie du fluide et un pré-refroidissement d'une seconde partie de ce même fluide préalablement chauffé.

**29.** Procédé selon la revendication 28, caractérisé en ce qu'il comprend, après l'étape d), une étape e) dans laquelle on abaisse, d'une valeur choisie, la température du premier fluide pré-refroidi par échange de calories avec un troisième fluide frigorigène.

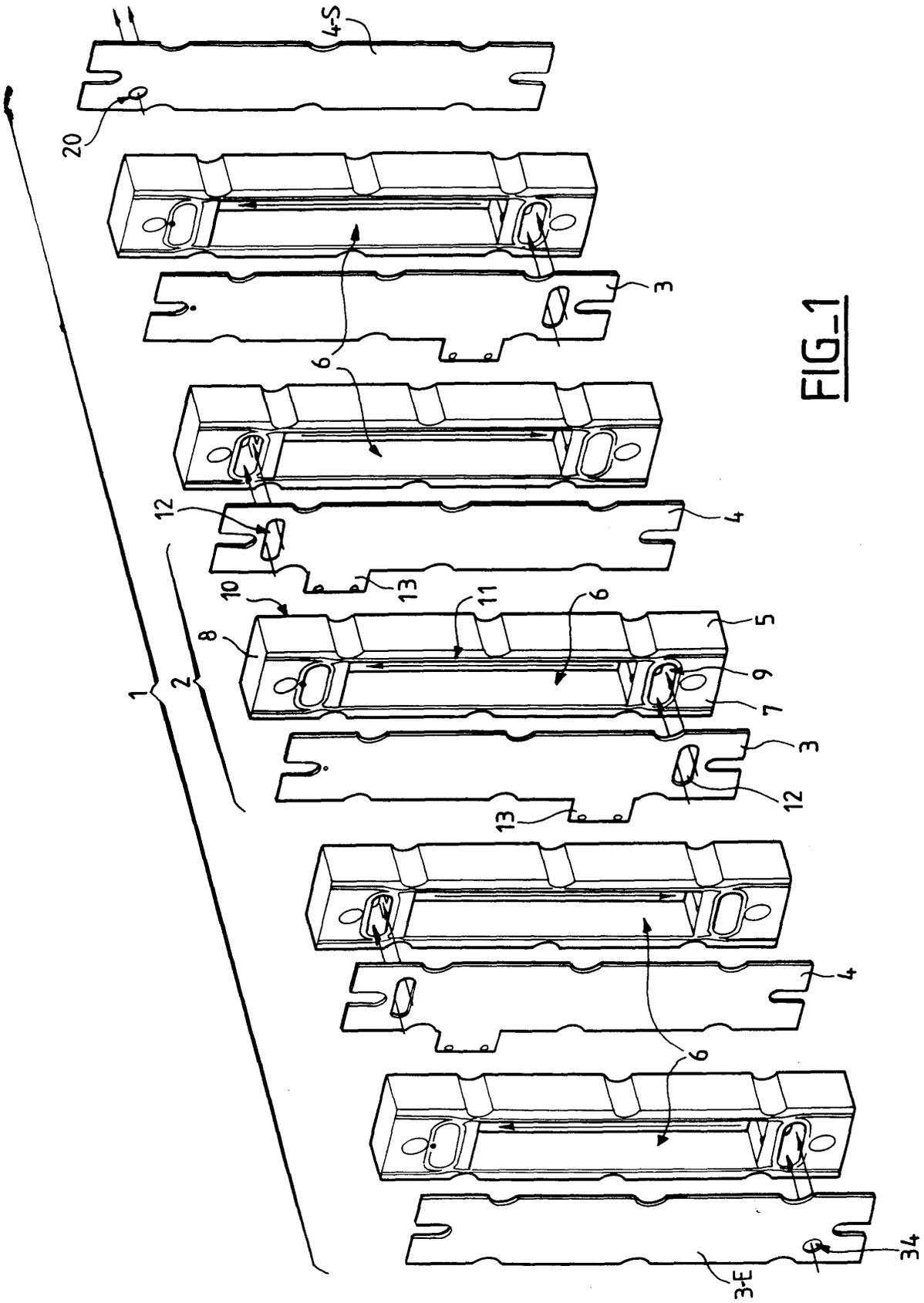
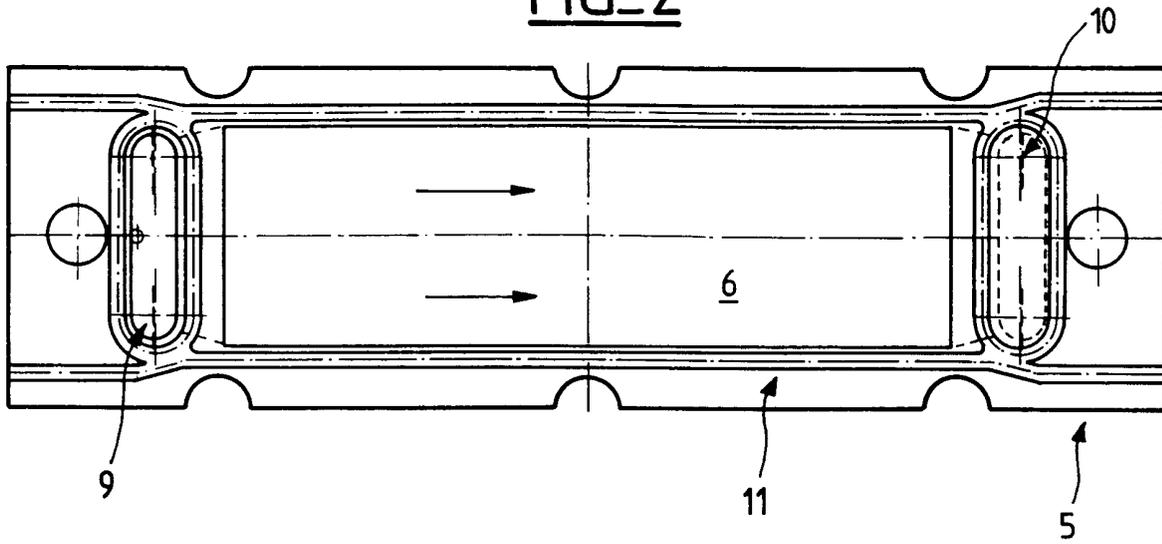
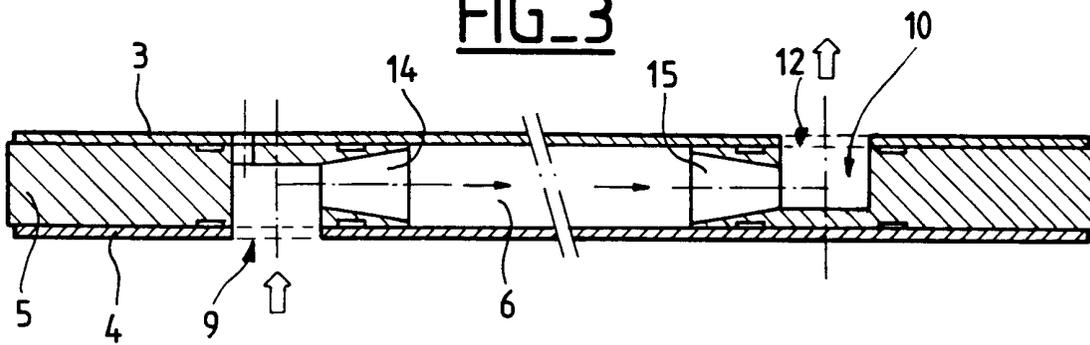


FIG-1

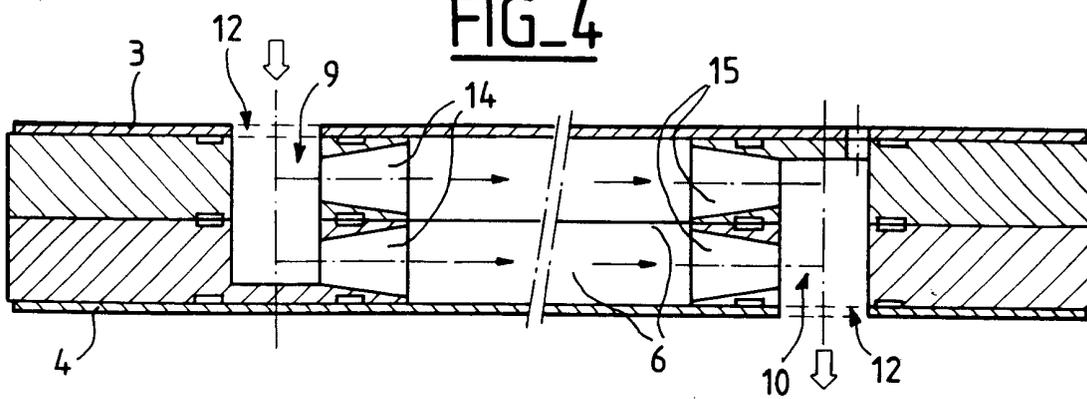
FIG\_2

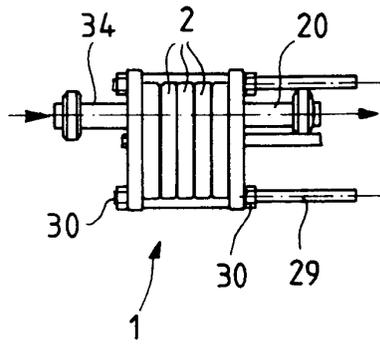


FIG\_3

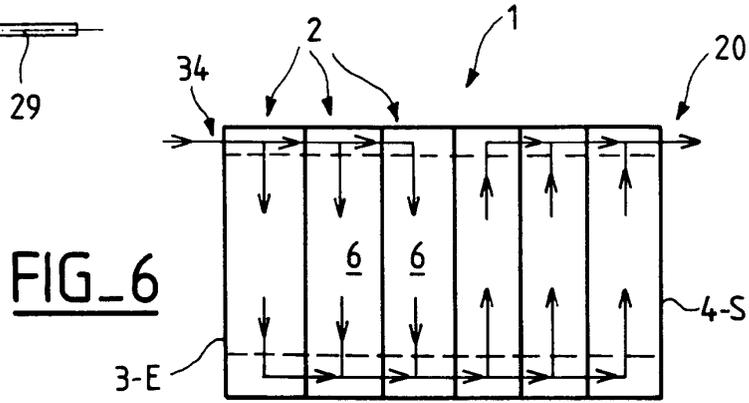


FIG\_4

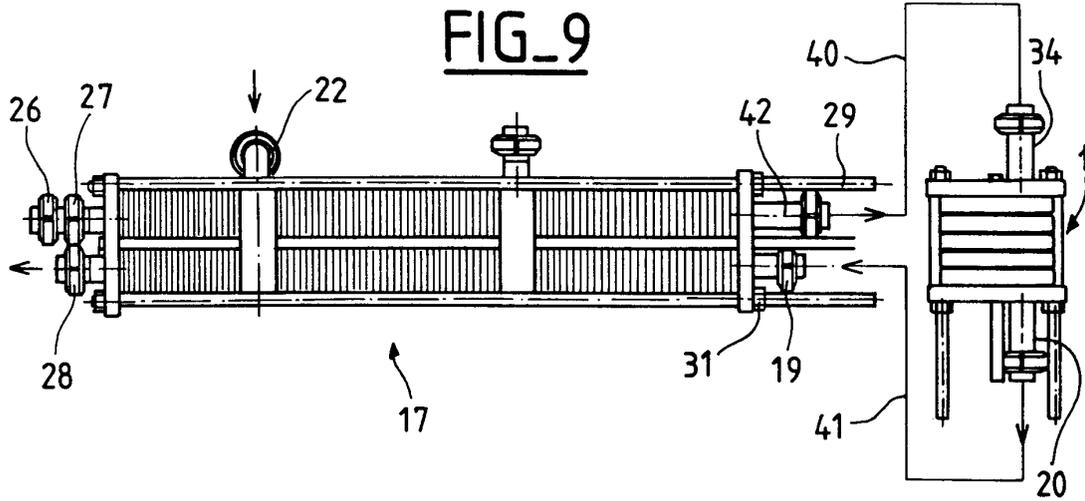




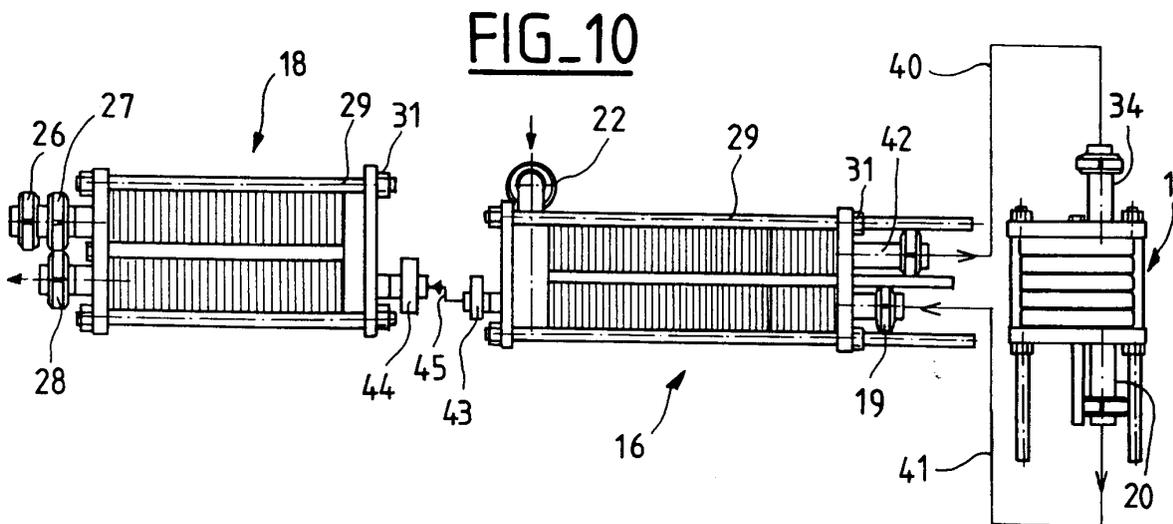
**FIG\_5**



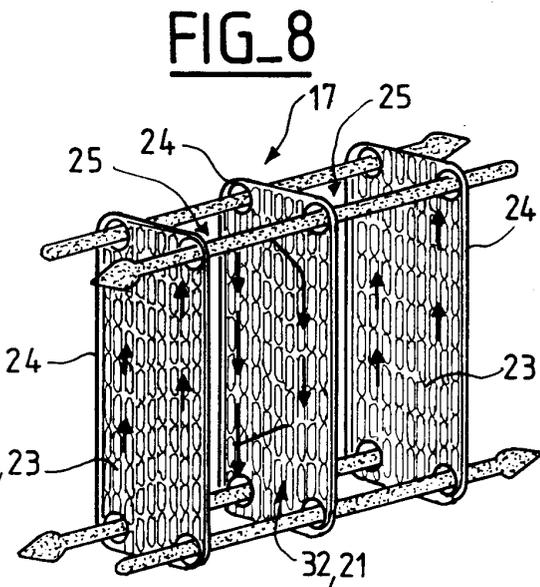
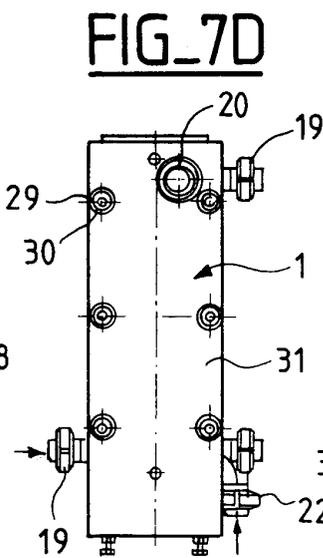
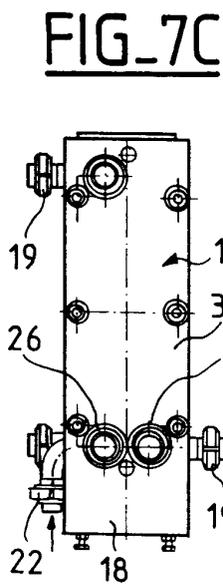
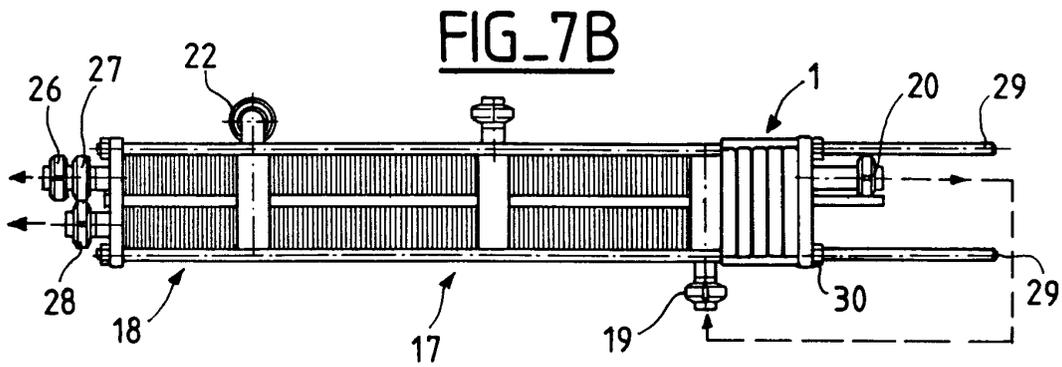
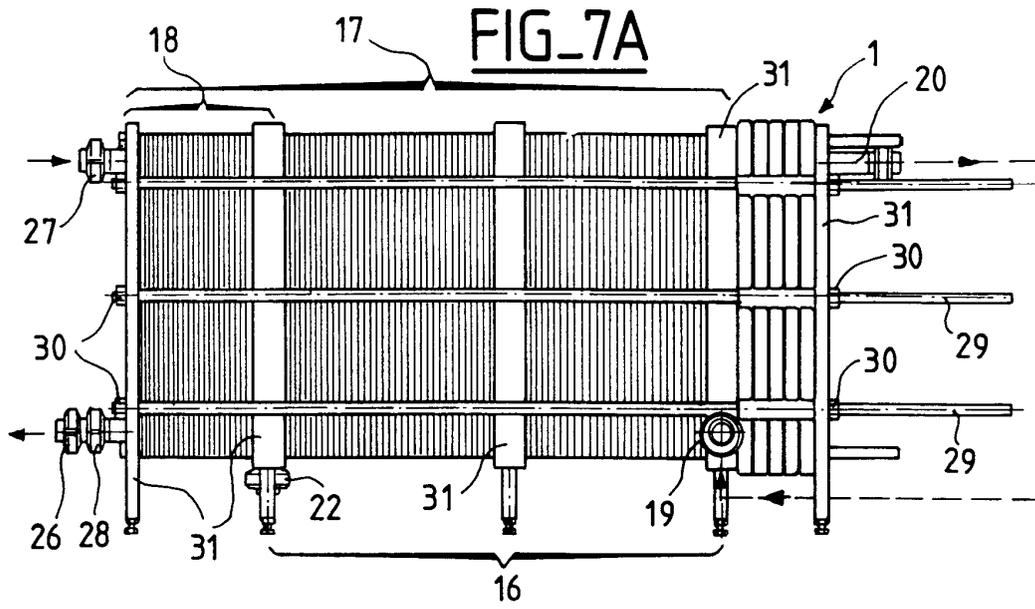
**FIG\_6**



**FIG\_9**



**FIG\_10**





Office européen  
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande  
EP 00 40 3218

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.Cl.7)
D,A	EP 0 690 660 A (ELECTRICITÉ DE FRANCE) 3 janvier 1996 (1996-01-03) * abrégé * ---	1,21	H05B3/60
A	WO 99 08482 A (ITZHAK) 18 février 1999 (1999-02-18) * page 5 * * page 7; figures 1,2 * ---	1,21	
A	FR 1 143 495 A (FOREST HOLDEN) 1 octobre 1957 (1957-10-01) * revendications 1,2; figure 1 * ---	1,21	
A	US 3 469 012 A (DEVANEY) 23 septembre 1969 (1969-09-23) * figure 2 * -----		
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.7)
			H05B F24H
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche	Date d'achèvement de la recherche	Examineur	
LA HAYE	27 février 2001	Taccoen, J-F	
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons ..... & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			

EPO FORM 1503 03/82 (F04.C02)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 00 40 3218

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.  
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du  
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

27-02-2001

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 0690660 A	03-01-1996	FR 2722053 A AT 189096 T DE 69514579 D DE 69514579 T DK 690660 T ES 2143019 T GR 3032948 T PT 690660 T	05-01-1996 15-02-2000 24-02-2000 10-08-2000 26-06-2000 01-05-2000 31-07-2000 30-06-2000
WO 9908482 A	18-02-1999	EP 1004224 A	31-05-2000
FR 1143495 A	01-10-1957	AUCUN	
US 3469012 A	23-09-1969	AUCUN	

EPO FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82