

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

**EP 0 690 660 A1**

(12)

**DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:

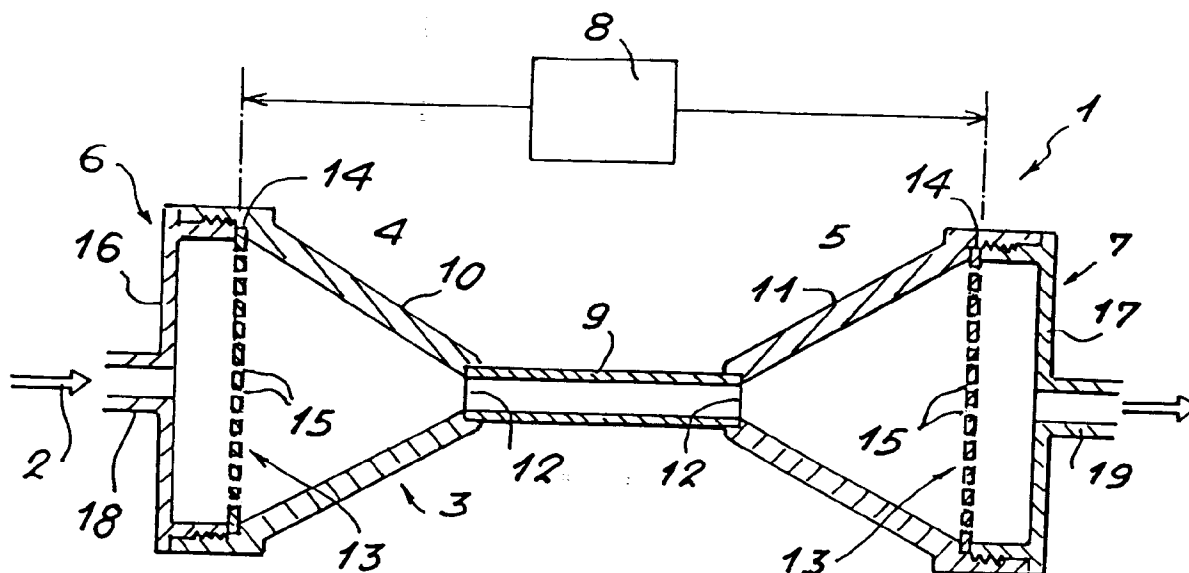
**03.01.1996 Bulletin 1996/01**(51) Int Cl.<sup>6</sup>: **H05B 3/60, F24H 1/10**(21) Numéro de dépôt: **95401569.9**(22) Date de dépôt: **29.06.1995**

(84) Etats contractants désignés:

**AT BE CH DE DK ES FR GB GR IE IT LI LU MC NL PT SE**(72) Inventeur: **Aussudre, Christian****F-77670 Saint-Mammes (FR)**(30) Priorité: **30.06.1994 FR 9408108**(74) Mandataire: **Gutmann, Ernest et al****F-75008 Paris (FR)**(71) Demandeur: **ELECTRICITE DE FRANCE****Service National****F-75008 Paris (FR)****(54) Dispositif et procédé de chauffage d'un liquide ionique en écoulement**

(57) Il s'agit d'un dispositif de chauffage d'un liquide ionique en écoulement comportant au moins une enceinte (3) allongée de circulation du liquide, deux électrodes (4,5) identiques, disposées respectivement à l'entrée (6) et à la sortie (7) de l'enceinte et des moyens (8) de génération d'un champ électrique entre lesdites électrodes agencé pour chauffer le liquide par conduction électrique directe au sein dudit liquide caractérisé

en ce que l'enceinte (3) comprend une zone centrale tubulaire (9) raccordée à un convergent d'entrée (10) et à un divergeant de sortie (11) et en ce que les électrodes (4,5) sont des éléments surfaciques ajourés propres à être traversés par le liquide et respectivement fixées audit convergent d'entrée et audit divergeant de sortie perpendiculairement au sens de l'écoulement.

**FIG. 1****EP 0 690 660 A1**

## Description

La présente invention concerne un dispositif de chauffage d'un liquide ionique en écoulement comportant au moins une enceinte allongée de circulation du liquide, deux électrodes identiques disposées respectivement à l'entrée et à la sortie de l'enceinte et des moyens de génération d'un champ électrique entre lesdites électrodes agencé pour chauffer le liquide par conduction électrique directe au sein dudit liquide.

Un tel chauffage par conduction électrique directe est également connu sous la dénomination de chauffage "ohmique".

L'invention concerne également un procédé de chauffage ohmique et/ou de stérilisation d'un liquide ionique en écoulement.

Elle trouve une application particulièrement importante bien que non exclusive dans le domaine de l'industrie agro-alimentaire, pour stériliser ou pasteuriser des liquides.

On sait que pour stériliser ou pasteuriser efficacement, il faut respecter certaines conditions de température pendant des temps déterminés.

Or les produits alimentaires sont particulièrement thermosensibles et leurs caractéristiques vitaminiques, gustatives et nutritionnelles sont directement affectées par la durée du traitement.

Afin de préserver au mieux les qualités organoleptiques des aliments, on recherche donc le chauffage des liquides, plus ou moins pâteux, à pasteuriser ou stériliser, pendant un temps aussi court que possible.

Les techniques connues de stérilisation ne permettent cependant pas des temps de chauffage très courts, notamment avec des produits visqueux.

En effet, avec un échangeur classique, une vitesse d'écoulement élevée s'accompagne de pertes de charges importantes qui deviennent rédhibitoires pour le procédé. De plus, dans le cas où les températures des parois directement au contact du liquide sont élevées, il y a un risque de dégradabilité notable du liquide thermosensible.

Les échangeurs à surface raclée, mieux adaptés aux liquides à forte viscosité imposent quant à eux un temps de traitement long.

Enfin, les systèmes à injection de vapeur engendrent une dilution, voire une pollution, du fluide à chauffer, ce qui est un inconvénient souvent majeur.

On connaît également un échangeur à chauffage ohmique permettant la stérilisation industrielle de produits alimentaires pouvant contenir des morceaux d'aliment entier. Celui-ci présente les avantages connus de ce type de chauffage, à savoir l'absence de paroi chaude et d'échange convectif, puisque l'énergie thermique est dissipée par passage d'un courant électrique alternatif, directement au sein du liquide.

Il permet ainsi un chauffage uniforme à cœur des produits traités.

Mais ici encore, un tel stérilisateur nécessite un séjour du produit dans une plage de hautes températures pendant un temps assez long (plusieurs minutes).

La présente invention vise à fournir un dispositif et un procédé de chauffage répondant mieux que ceux antérieurement connus aux exigences de la pratique, notamment en ce qu'elle permet d'obtenir des temps de chauffage très courts, de l'ordre de la seconde, et ce de façon simple et aisée à mettre en oeuvre.

Dans ce but l'invention propose essentiellement un dispositif de chauffage d'un liquide ionique en écoulement comportant au moins une enceinte allongée de circulation du liquide, deux électrodes identiques disposées respectivement à l'entrée et à la sortie de l'enceinte et des moyens de génération d'un champ électrique entre lesdites électrodes agencé pour chauffer le liquide par conduction électrique directe au sein dudit liquide, caractérisé en ce que

l'enceinte comprend une zone centrale tubulaire raccordée à un convergeant d'entrée et à un divergeant de sortie, et en ce que les électrodes sont des éléments surfaciques ajourés propres à être traversés par le liquide et respectivement fixées audit convergeant d'entrée et audit divergeant de sortie, perpendiculairement au sens de l'écoulement.

Dans des modes de réalisation avantageux, on a de plus recours à l'une et/ou à l'autre des dispositions suivantes :

- les dimensions des éléments surfaciques correspondent respectivement aux sections internes du divergeant et du convergeant à l'emplacement de leur fixation sur ces derniers ;
- les éléments surfaciques sont respectivement fixés aux extrémités externes par rapport à la zone centrale, du divergeant et du convergeant ;
- la zone centrale tubulaire est cylindrique, et le convergeant d'entrée et le divergeant de sortie sont des portions de cônes identiques dont la section intérieure de la petite base est égale à la section intérieure du tube, et dont la section intérieure de la grande base correspond à la surface active des électrodes ;
- les électrodes sont des plaques métalliques percées de trous de passage du liquide ;

- le divergeant de sortie peut être associé à un système de refroidissement ;
- le dispositif comporte deux boîtiers de connexion avec le circuit d'alimentation et d'évacuation du liquide, respectivement disposés de part et d'autre de l'enceinte, à savoir un boîtier d'alimentation du liquide de section correspondant à la plus grande section du convergeant auquel il est relié via la première électrode, et un boîtier d'évacuation de section correspondant à la plus grande section du divergeant auquel ledit boîtier d'évacuation est relié via la seconde électrode ;
- la section de la zone centrale tubulaire est inférieure ou égale à de l'ordre de cinq fois la surface d'une électrode, par exemple inférieure ou égale à dix fois cette dernière ;
- le dispositif peut comporter trois enceintes en parallèle, dont les électrodes sont couplées pour permettre une alimentation en triphasée.

L'invention propose également un procédé de chauffage d'un liquide ionique en écoulement dans une enceinte entre deux électrodes entre lesquelles est généré un champ électrique agencé pour chauffer le liquide par conduction électrique directe au sein du liquide,

caractérisé en ce que on génère à la surface des électrodes une densité de courant  $j$  faible, par exemple de 40 mA/cm<sup>2</sup>.

Une densité de courant supérieure, par exemple pouvant atteindre 700 mA/cm<sup>2</sup>, est cependant également envisageable dans d'autres modes de réalisation de l'invention et en fonction des matériaux employés.

Le champ électrique est alternatif.

Avantageusement, on fait passer le liquide dans une boîte convergeante au travers d'une première électrode, puis dans une partie tubulaire, puis dans une boîte divergente avant de l'évacuer au travers d'une deuxième électrode, la tension alternative appliquée entre les électrodes étant comprise entre de l'ordre de quelques centaines de volts, par exemple 400 Volts, et de l'ordre de 5000 Volts.

Dans un mode de réalisation avantageux, on fait passer le liquide à réchauffer au travers de trois enceintes disposées en parallèle hydraulique et alimentées en triphasée.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui suit des modes de réalisation donnés à titre d'exemple non limitatif.

Elle se réfère aux dessins qui l'accompagnent dans lesquels :

- La figure 1 est une vue en coupe de l'enceinte du dispositif selon le mode de réalisation de l'invention plus particulièrement décrit ici.
- La figure 2 est une vue schématique d'un dispositif selon l'invention comportant trois enceintes du type de celle décrite en référence à la figure 1, alimentées en triphasée.

La figure 1 montre un dispositif 1 de chauffage d'un liquide ionique 2 en écoulement.

Le dispositif comporte une enceinte 3 en matière isolante, par exemple en PTFE, de circulation du liquide et deux électrodes 4 et 5 identiques, en forme d'élément surfacique, disposées respectivement à l'entrée 6 et à la sortie 7 de l'enceinte. Des moyens 8 de génération d'une tension alternative entre les électrodes 4 et 5 comprise entre quelques centaines de volts, par exemple 400 Volts, et 10 000 Volts, par exemple de 5000 Volts, sont par ailleurs prévus.

L'enceinte 3 comporte une zone centrale tubulaire 9 dont la section est calculée en fonction du débit du liquide et du temps de séjour souhaité, d'un cône convergeant 10 d'entrée du liquide et d'un cône divergeant 11 de sortie du liquide, symétrique du cône 10.

Le diamètre interne de la petite base 12 des cônes est égal au diamètre interne du tube 9, le diamètre interne des grandes bases 13 des cônes étant choisi en fonction des électrodes.

Dans le mode de réalisation de la figure 1, les cônes 10 et 11 sont identiques, mais leurs dimensionnements peuvent également être différents pour tenir compte notamment de la conductivité électrique des fluides qui varie en fonction de la température.

Chaque cône comporte du côté de sa grande base un épaulement 14, interne, sur lequel sont respectivement plaquées les électrodes 4 et 5.

Chaque électrode est par exemple constituée par un disque métallique de diamètre égal à celui de la grande base augmenté de part et d'autre d'une épaisseur correspondant, ou un peu inférieure, à la largeur de l'épaulement. Le disque est constitué en un matériau qui est fonction du produit à traiter. Il peut être en acier inoxydable, en graphite, en alliage de titane ou de platine, etc.

Les disques sont percés de trous 15 dont le nombre, le diamètre et la répartition sont fonction du débit et de la viscosité du liquide à chauffer.

## EP 0 690 660 A1

L'invention ne se limite pas à des électrodes constituées par des plaques percées, mais concerne également d'autres modes de réalisation d'éléments surfaciques ajourés tels que des électrodes en forme de grille ou constituées par des boîtiers contenant des particules métalliques.

Les électrodes sont raccordées au circuit 8 générateur de tension, par exemple via un écrou soudé à leur périphérie, ledit écrou recevant une tige filetée munie d'un presse-étoupe d'étanchéité (non représenté).

Le dispositif 1 comprend également des boîtiers ou flasques cylindriques 16 et 17, de connexion avec le circuit d'alimentation et d'évacuation du fluide (non représenté). Ces boîtiers servent de couvercles d'étanchéité à chaque extrémité et permettent le maintien des électrodes en place en les comprimant sur les épaulements. Chaque boîtier comporte un orifice de raccordement central 18 d'entrée ou de sortie du fluide 19.

Un tel dispositif permet d'obtenir un temps de chauffage très court grâce à sa géométrie. En effet, la résistance électrique représentée par le fluide contenu dans un cône 10 ou 11 est beaucoup plus faible que celle du fluide contenu dans le tube central 9.

La puissance électrique dissipée, et donc l'échauffement du fluide, s'effectue donc en quasi totalité dans le tube central, soit en moins d'une seconde selon le diamètre choisi.

Le cône d'entrée 10 peut par ailleurs servir de zone de préchauffage du produit, alors que le cône de sortie peut être associé à un dispositif de refroidissement rapide (non représenté).

Les cônes d'extrémité permettent également d'implanter des électrodes de grand diamètre et donc de diminuer la densité de courant sur celles-ci, ce qui limite les phénomènes électrochimiques qui ont lieu à l'interface métal produit.

A titre d'exemple non limitatif, on donne ci-après dans le tableau n°1 les paramètres caractéristiques d'un appareil du type de celui décrit en référence à la figure 1 pour un fluide dont les caractéristiques correspondent au tableau n°2, les paramètres électriques de fonctionnement étant quant à eux donnés dans le tableau 3.

### CARACTERISTIQUES DE L'APPAREIL

|                             |                         |
|-----------------------------|-------------------------|
| Ø du tube central           | 0,010 m                 |
| L du tube                   | 0,100 m                 |
| volume tube                 | 0,008 l                 |
| débit du fluide             | 0,100 m <sup>3</sup> /h |
| vitesse fluide tube central | 0,35 m/s                |
| temps de séjour tube        | 0,28 s                  |

|                             |         |
|-----------------------------|---------|
| Ø électrodes                | 0,100 m |
| distance électrode-tube     | 0,080 m |
| volume d'une boîte (l)      | 0,230 l |
| temps de séjour d'une boîte | 8,28 s  |

TABLEAU 1

| CARACTERISTIQUES DU FLUIDE           |       |
|--------------------------------------|-------|
| masse volumique (kg/m <sup>3</sup> ) | 1100  |
| chaleur massique (J/kg.K)            | 4000  |
| température d'entrée (°C)            | 80    |
| conductivité d'entrée (S/m)          | 0,411 |

Suite du Tableau sur la page suivante

(suite)

| CARACTERISTIQUES DU FLUIDE   |       |
|------------------------------|-------|
| température de sortie (°C)   | 165   |
| conductivité de sortie (S/m) | 0,764 |

TABLEAU 2

**PARAMETRES ELECTRIQUES**

|                    |                       |
|--------------------|-----------------------|
| puissance          | 10,39 kw              |
| tension            | 5147 v                |
| intensité          | 2,02 A                |
| densité de courant | 26 mA/cm <sup>2</sup> |

|                              |        |
|------------------------------|--------|
| puissance boîte entrée       | 9,73 % |
| conductivité de sortie (S/m) | 5,23 % |

**TABLEAU 3**

La figure 2 montre un dispositif 20 comprenant trois enceintes 21, 22, 23 identiques, en parallèle, hydrauliques, par exemple du type décrit ci-dessus, dont les électrodes sont alimentées en triphasée. L'électrode 26 de l'enceinte 21 est à la phase (1) (ph 1 sur le dessin). L'électrode 28 de l'enceinte 22 est à la phase (2) (ph 2), l'électrode 25 de l'enceinte 23 est à la phase (3) (ph 3). Les électrodes 24, 27 et 29 placées à la sortie des enceintes 21, 22, 23 sont raccordées à la masse et au neutre du système.

On va maintenant décrire le fonctionnement du dispositif selon l'invention en référence à la figure 1.

Le liquide visqueux à stériliser à 160°C, par exemple un produit laitier, est alimenté en pression (par exemple sous 4 bars) et introduit en 6 dans l'enceinte à une température de l'ordre de 80°C, après préchauffage.

Il passe de 80°C à une température de 90°C à l'entrée du tube 9, avec un temps de séjour qui est par exemple de l'ordre de 8 s dans le cône 10, puis sa température monte de 90°C à 160°C en un temps de séjour de 0,3 s dans le tube central 9, avant de sortir dans le divergeant 11 où sa température est stabilisée.

De l'ordre de 10% de la puissance totale a donc été dissipée dans le cône d'entrée. Par contre 85%, voire même dans certains cas plus de 95%, de la chaleur est dissipée dans le tube et moins de 5% dans le cône de sortie où un refroidissement complémentaire (non représenté) peut par exemple également être avantageusement prévu.

**Revendications**

- Dispositif (1,20) de chauffage d'un liquide ionique (2) en écoulement comportant au moins une enceinte (3,21,22,23) allongée de circulation du liquide, deux électrodes (4,5 ; 26,24,28,27 ; 25,29) identiques, disposées respectivement à l'entrée (6) et à la sortie (7) de l'enceinte et des moyens (8) de génération d'un champ électrique entre lesdites électrodes agencé pour chauffer le liquide par conduction électrique directe au sein dudit liquide, caractérisé en ce que l'enceinte (3,21,22,23) comprend une zone centrale tubulaire (9) raccordée à un convergeant d'entrée (10) et à un divergeant de sortie (11), et en ce que les électrodes (4,5) sont des éléments surfaciques ajourés propres à être traversés par le liquide et respectivement fixées audit convergeant d'entrée et audit divergeant de sortie perpendiculairement au sens de l'écoulement.
- Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que les dimensions des éléments surfaciques correspondent respectivement aux sections internes

du divergeant et du convergeant à l'emplacement de leur fixation sur ces derniers.

- 5 3. Dispositif selon la revendication 2, caractérisé en ce que la zone centrale tubulaire (9) est cylindrique, et en ce que le convergeant d'entrée (10) et le divergeant de sortie (11) sont des portions de cônes identiques dont la section intérieure de la petite base (12) est égale à la section intérieure du tube, et dont la section intérieure de la grande base (13) correspond à la surface des électrodes.
- 10 4. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les électrodes (4,5) sont des plaques métalliques percées de trous de passage du liquide.
- 15 5. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le divergeant de sortie (11) est associé à un système de refroidissement.
- 20 6. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte deux boîtiers (16,17) de connexion avec le circuit d'alimentation et d'évacuation du liquide, respectivement disposés de part et d'autre de l'enceinte (1), à savoir un boîtier (16) d'alimentation, de section correspondant à la plus grande section du convergeant auquel il est relié au travers de la première électrode (4), et un boîtier (17) d'évacuation, de section correspondant à la plus grande section du divergeant auquel ledit boîtier (17) d'évacuation est relié au travers de la seconde électrode (5).
- 25 7. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la section de la zone centrale tubulaire (9) est inférieure ou égale à de l'ordre de cinq fois la surface d'une électrode.
- 30 8. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que il comporte trois enceintes (21,22,23) en parallèle, dont les électrodes (24,25 ; 26,27 ; 28,29) sont couplées pour permettre une alimentation en triphasée.
- 35 9. Procédé de chauffage d'un liquide ionique (2) en écoulement dans une enceinte (3) entre deux électrodes (4,5) entre lesquelles est généré un champ électrique agencé pour chauffer le liquide par conduction électrique directe au sein du liquide, caractérisé en ce que on génère entre les électrodes (4,5) une densité de courant  $j$  inférieure ou égale à  $40 \text{ mA/cm}^2$ .
- 40 10. Procédé selon la revendication 9, caractérisé en ce que on fait passer le liquide dans une boîte convergeante (10) au travers d'une première électrode (4), puis dans une partie tubulaire (9), puis dans une boîte divergente (11) avant de l'évacuer au travers d'une deuxième électrode (5), la tension alternative appliquée entre les électrodes (4,5) étant comprise entre de l'ordre de quelques centaines de volts, par exemple 400 V, et de l'ordre de 5000 Volts.
- 45 11. Procédé selon l'une quelconque des revendications 9 et 10, caractérisé en ce que on fait passer le liquide à réchauffer au travers de trois enceintes (21,22,23) disposées en parallèle et alimentées en triphasée.
- 50
- 55

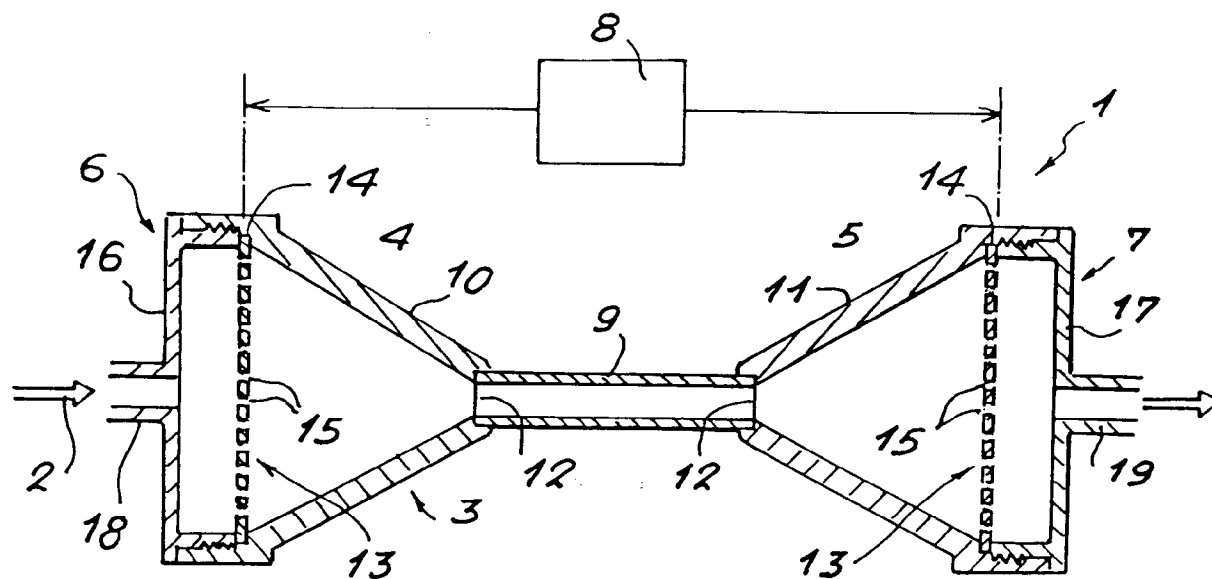


FIG. 1

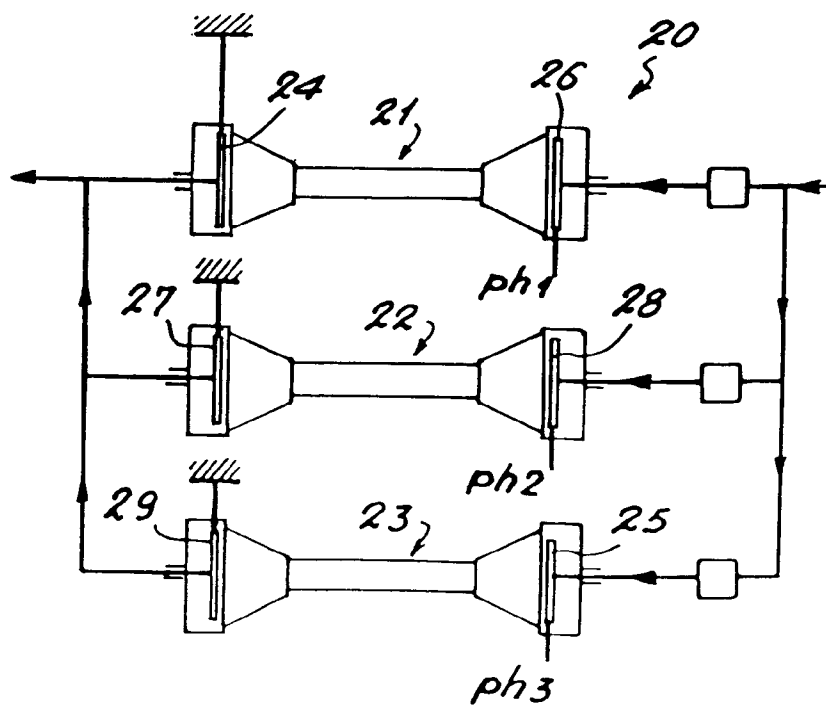


FIG. 2



Office européen  
des brevets

# RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande  
EP 95 40 1569

| 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.6)       |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | DE-C-945 582 (H-U. BACH)<br>* page 2, ligne 50 - ligne 59 *<br>---              | 1                                                    | H05B3/60<br>F24H1/10                      |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | FR-A-816 004 (AMERICAN MAGNESIUM METALS CORP.)<br>---                           |                                                      |                                           |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | WO-A-94 11681 (BECK-SWIFT LTD.)<br>---                                          |                                                      |                                           |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | FR-A-2 461 425 (ELECTRICITE DE FRANCE)<br>-----                                 |                                                      |                                           |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                 |                                                      | DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.6) |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                 |                                                      | H05B<br>F24H                              |
| Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                 |                                                      |                                           |
| Lieu de la recherche<br>LA HAYE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                 | Date d'achèvement de la recherche<br>12 Octobre 1995 | Examineur<br>De Smet, F                   |
| <p><b>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</b></p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul<br/>Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie<br/>A : arrière-plan technologique<br/>O : divulgation non-écrite<br/>P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention<br/>E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date<br/>D : cité dans la demande<br/>L : cité pour d'autres raisons<br/>.....<br/>&amp; : membre de la même famille, document correspondant</p> |                                                                                 |                                                      |                                           |

EPO FORM 1503 (03.82) (P4/C02)