

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication :

(A n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction).

**2 521 809**

A1

**DEMANDE  
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

**N° 82 02460**

(54)

Chaudière à micro-ondes pour la production d'un fluide chaud à usage domestique, industriel ou de chauffage de locaux, et procédé mis en œuvre par cette chaudière.

(51)

Classification internationale (Int. Cl. <sup>3</sup>). H 05 B 6/64; F 24 H 1/22, 9/20.

(22)

Date de dépôt..... 12 février 1982.

(33) (32) (31)

Priorité revendiquée :

(41)

Date de la mise à la disposition du public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 33 du 19-8-1983.

(71)

Déposant : MUNOZ Michel. — FR.

(72)

Invention de : Michel Munoz.

(73)

Titulaire : *idem* (71)

(74)

Mandataire : Pierre Nuss, conseil en brevets,  
10, rue Jacques-Kablé, 67000 Strasbourg.

La présente invention concerne le domaine du chauffage de fluides pour un usage domestique, industriel, ou de chauffage de locaux, et a pour objet une chaudière à micro-ondes destinée à cet effet.

5 L'invention a également pour objet un procédé de chauffage de fluide au moyen de cette chaudière.

Actuellement, le chauffage de fluides chauds à usage domestique, industriel, ou de chauffage de locaux, est essentiellement réalisé au moyen de chaudières à  
10 combustible liquide, gazeux, ou solide, de dimensions appropriées aux besoins.

Ces chaudières existantes présentent généralement des rendements thermiques acceptables et sont d'une construction relativement simple et donc peu coûteuse. Cependant, du fait de la raréfaction des sources d'approvisionnement en combustibles et de la hausse rapide du prix de ces derniers, le coût d'exploitation de ces chaudières  
15 connues augmente rapidement, et d'autres sources d'énergie deviennent compétitives pour le chauffage de fluides. Ainsi, la production d'eau chaude par application de l'énergie  
20 électrique est devenue courante, notamment par transformation de cette énergie au moyen de résistances chauffantes ou au moyen de pompes à chaleur.

Toutefois, ce procédé de chauffage d'un fluide  
25 au moyen de l'énergie électrique ne permet pas une exploitation optimale de cette dernière, et donc un bilan énergétique global satisfaisant.

La présente invention a pour but de pallier ces inconvénients.

30 Elle a, en effet, pour objet une chaudière à micro-ondes pour la production d'un fluide chaud à usage domestique, industriel, ou de chauffage de locaux, caractérisée en ce qu'elle est essentiellement constituée par un dispositif d'application d'énergie micro-ondes  
35 alimenté par une source d'énergie en hyperfréquence du type klystron ou magnétron, par un dispositif de transport

de ladite énergie du type guide d'ondes, câble coaxial, ou analogue, par un dispositif applicateur couplé avec la source d'énergie en hyperfréquence, rayonnant ladite énergie vers le fluide à chauffer, fermé par un diffuseur étanche au fluide et perméable aux ondes, et qui coopère avec l'enceinte conductrice et/ou absorbante métallique de forme cylindrique, parallélépipédique, ou sphérique, ou d'autre forme, délimitant les zones de traitement thermique du fluide, et par des éléments de sécurité empêchant l'écoulement des micro-ondes hors de l'enceinte de la chaudière.

L'invention a également pour objet un procédé de production de fluide chaud mis en oeuvre dans la chaudière précitée caractérisé en ce qu'il consiste à appliquer un rayonnement d'énergie micro-ondes à un fluide à une fréquence correspondant à la fréquence de relaxation du fluide considéré à une température donnée, à l'intérieur d'une enveloppe conductrice et absorbante thermiquement et électromagnétiquement isolée, au moyen d'une source micro-ondes dont l'onde de puissance est transmise par l'intermédiaire d'un guide d'ondes et/ou d'un applicateur au milieu à chauffer, le chauffage du fluide s'effectuant par convection ou conduction et par utilisation de ses propriétés diélectriques, notamment les pertes diélectriques et/ou par relaxation.

L'invention sera mieux comprise grâce à la description ci-après, qui se rapporte à des modes de réalisation préférés, donnés à titre d'exemples non limitatifs, et expliqués avec référence aux dessins schématiques annexés, dans lesquels :

la figure 1 est une vue en coupe d'une chaudière conforme à l'invention ;

les figures 2 et 3 représentent en des vues en coupe, respectivement le montage de la chaudière dans un circuit de chauffage et le détail du dispositif de commande et de régulation ;

la figure 4 montre la variation de la constante diélectrique de l'eau avec la fréquence à une température de 25 ° C,

la figure 5 représente la courbe de la puissance optimale dissipée dans l'eau en fonction de la fréquence et les figures 6 à 12 montrent d'autres variantes de réalisation de l'invention.

Conformément à l'invention, et comme le montre plus particulièrement, à titre d'exemple, la figure 1 des dessins annexés, la chaudière à micro-ondes pour la production d'un fluide chaud à usage domestique, industriel, ou de chauffage de locaux, est constituée par un dispositif d'application d'énergie micro-ondes 1 alimenté par une source d'énergie en hyperfréquence 2 du type klystron ou magnétron, par un dispositif 3 de transport de l'énergie, du type guide-d'ondes, câble coaxial, ou analogue, et par un dispositif applicateur 4 couplé avec la source d'énergie 2, qui rayonne ladite énergie vers le fluide à chauffer 6, et qui est fermé par un diffuseur étanche au fluide et perméable aux ondes 5 et/ou à l'enceinte 7 conductrice et/ou absorbante métallique de forme cylindrique qui délimitent les zones de traitement thermique du fluide.

L'enceinte 7 peut également présenter une forme parallélépipédique, sphérique, ou autre.

L'applicateur 4 peut avantageusement être complété par au moins une antenne rayonnante 8 dont les éléments présentent une longueur électrique effective égale à un nombre entier représentant le quart de la longueur d'onde de la fréquence de l'énergie rayonnée. Cet applicateur 4 et/ou l'antenne 8 rayonnent l'énergie micro-ondes dans l'enceinte 7 du fluide à chauffer 6 de telle manière que soit obtenu un rendement optimal de ladite énergie.

Les types d'applicateurs peuvent être quelconques, de sorte que n'importe quel volume de fluide peut être

traité. De même, les dimensions de l'enceinte sont prévues de manière à correspondre à la fréquence utilisée.

La chaudière à micro-ondes conforme à l'invention est munie d'une enceinte conductrice et/ou absorbante 7  
5 pourvue d'une enveloppe de protection 12, d'un calorifugeage 7', et d'au moins une trappe de visite 9 pourvue d'un dispositif de fermeture 10 en une matière conductrice et/ou absorbante permettant l'arrêt des micro-ondes et présentant un dispositif d'étanchéité 11 pour le fluide et permettant  
10 l'arrêt du rayonnement micro-ondes.

La chaudière est munie, en outre, d'ouvertures 13 à 16 permettant la circulation du fluide 6 vers les canalisations du réseau de distribution de l'énergie et des radiateurs ainsi que le remplissage ou la vidange de l'encein-  
15 te au moyen de canalisations 17 et 18, ces ouvertures 13 à 16 logeant chacune un dispositif d'arrêt des micro-ondes 19 à 22 permettant la réflexion et/ou l'absorption desdites micro-ondes et empêchant ainsi la fuite de ces dernières à travers lesdites canalisations et les différents auxiliaires  
20 23 à 25 reliés à la chaudière.

La forme des dispositifs d'arrêt 19 à 22 est fonction du diamètre des ouvertures 13 à 16 et de la longueur d'onde des micro-ondes utilisées, et ces dispositifs sont pourvus chacun d'une ou de plusieurs ouvertures permettant l'écoule-  
25 ment du fluide 6 tout en empêchant le passage des micro-ondes.

Il est également possible, selon une autre caractéristique de l'invention, de réaliser les canalisations sous forme d'éléments conducteurs et/ou absorbants, de  
30 sorte que les dispositifs d'arrêt des micro-ondes deviennent inutiles.

La chaudière est, en outre, munie d'au moins un dispositif de sécurité contre la surchauffe de l'enceinte 7, non représenté, sous forme d'un détecteur de manque  
35 d'eau, d'un dispositif de mesure de l'énergie micro-onde, ou analogue, d'au moins un thermocouple 26, d'un tableau 27 de contrôle et de fonctionnement de la chaudière présentant des organes de commande et de signalisation 28, d'un manomètre 29, d'un dispositif 30 de commande et de

régulation du dispositif 1 d'application d'énergie micro-ondes coopérant avec un ou plusieurs contrôleurs thermiques 31.

Les parois de l'enceinte 7 sont avantageusement réalisées en tous matériaux conducteurs permettant l'arrêt des rayonnements électromagnétiques et/ou l'absorption de ces rayonnements, par exemple par effet de corps noir, ces matériaux pouvant être des métaux et alliages légers tels que des alliages d'aluminium, ou de l'acier inoxydable.

Comme le montre la figure 2, la chaudière conforme à l'invention peut servir pour le chauffage direct en continu d'un fluide par micro-ondes, ce fluide circulant dans un réseau de distribution d'énergie thermique. Un tel réseau est constitué par la chaudière décrite ci-dessus et désignée par la référence 32, par des canalisations d'arrivée 33 et de départ 34 du fluide traité, reliées à un circuit d'utilisation comportant des éléments rayonnants 35 tels que des radiateurs, et par des organes 36 de commande de la circulation du fluide.

Le dispositif 30 de commande et de régulation du dispositif 1 d'application d'énergie micro-ondes (figure 3) agit directement sur l'émission du rayonnement électromagnétique, auquel est soumis le fluide 6 à l'intérieur de l'enceinte 7, permettant ainsi de porter à la température souhaitée ledit fluide, et qui est constitué par un récepteur électrique 37 relié à la source d'énergie en hyperfréquence 2 par l'intermédiaire d'un convertisseur statique 38, ou dispositif analogue, agissant sur le circuit d'alimentation 39 de la source 2, et par une unité de traitement à microprocesseur 40, ou autre dispositif électronique, assurant la régulation et la sécurité de fonctionnement de l'ensemble de la chaudière ainsi que des auxiliaires 23 à 25, et à laquelle sont reliés le contrôleur thermique 31, le thermostat 26, des capteurs de température 41 et des sécurités de fonctionnement 42 - 43, le dispositif 30 étant muni, en outre, d'un circuit de refroidissement 2' de la source à micro-ondes 2, de sorte que des calories peuvent être récupérées pour améliorer le rendement de la chaudière.

Le fluide à chauffer 6, présent dans l'enceinte et soumis au rayonnement micro-ondes, subit un échauffement dans des conditions très rapides et contrôlées par l'unité de traitement 40.

5 Ainsi les fluides ou mélanges utilisés dans l'enceinte, ont pour la plupart des facteurs de pertes suffisamment grands pour permettre leur échauffement par des courants HF élevés. Il en résulte que plus ce facteur de pertes est faible, plus l'échauffement est lent. Au contraire plus ce facteur est élevé, plus les courants HF 10 auront une action rapide. En réalité, cette unité de traitement contrôle le traitement du fluide qui s'échauffe par pertes diélectriques et/ou par pertes par relaxation.

15 Les principales caractéristiques de cette régulation sont traduites par le facteur de puissance du produit à chauffer puisque c'est de sa valeur que dépend la possibilité de chauffer un produit déterminé.

La puissance active consommée dans la chaudière, à l'intérieur de l'enceinte 7 est en toute approximation 20 égale à la valeur réelle de la puissance complexe :

$$P = W.S.E^2.d\epsilon.e^{-\gamma} (\frac{1}{2} - \delta)$$

Cette expression est plus connue sous la forme :

$$P_a = k.f.E^2.V.\epsilon' \operatorname{tg} \delta$$

avec E : le champ électrique  
 25 V : est le volume du fluide à traiter  
 k : est un coefficient  
 $\epsilon' \operatorname{tg} \delta$  : est le facteur de pertes  
 f : est la fréquence de la source micro-onde

30 Cette expression fait apparaître que la puissance dissipée dans le fluide 6, est proportionnelle au carré du champ électrique. Le facteur de pertes  $\epsilon' \operatorname{tg} \delta$  est une fonction de la fréquence en raison du fait que diverses charges électriques sont affectées par les champs électriques à des longueurs d'ondes bien spécifiques.

35  $\epsilon$  est la valeur absolue de la permittivité du diélectri-

que. Sachant que la permittivité d'un matériau est une valeur complexe, elle peut être mise sous la forme :

$$\epsilon = \epsilon' - j\epsilon''$$

mettant en évidence le déphasage entre le champ  $\vec{E}$  et l'induction  $\vec{D}$ , lié à des freinages de l'orientation des dipôles sous l'action du champ.

Les variations de  $\epsilon'$  et  $\epsilon''$  en fonction de la fréquence caractérisent un matériau et son comportement en fonction de la fréquence. Si la relaxation dipolaire est du type de DEBEYE,  $\epsilon''$  prend une valeur maximale à une fréquence  $f_D$  dite fréquence de DEBEYE ; cette fréquence correspond à la dissipation maximale de chaleur dans le diélectrique. Cette fréquence  $f_D$  est une caractéristique du matériau. Aussi le procédé utilisé dans la chaudière à micro-ondes selon l'invention, permet de mettre en oeuvre ce principe physique représenté à la figure 4 pour le cas de l'eau. La figure 4, représente, à titre d'exemple, la variation de la constante diélectrique de l'eau avec la fréquence à la température de 25° C. Les valeurs de  $\epsilon'$  et  $\epsilon''$  évoluent en fonction de la température, il en est de même de la fréquence de DEBEYE.

Les résultats expérimentaux indiquent qu'en utilisant une source micro-onde fonctionnant à la fréquence de 2450 MHz, fréquence couramment utilisée dans les fours à micro-ondes, on arrive à chauffer un litre d'eau à 65° C en six minutes avec un dispositif de Puissance maximale de 1200 W. A titre de comparaison avec une résistance électrique de même puissance, on met une dizaines de minutes, d'où la grande efficacité de ce procédé de chauffage. En effet, au lieu d'utiliser le lent processus de conduction, les micro-ondes produisent simultanément la chaleur dans toute la matière. Elles constituent un chauffage

direct et intense avec une dissipation en volume, instantanée et évitent le chauffage de l'enceinte de traitement et les déperditions correspondantes, ce qui entraîne une réduction considérable de la durée de traitement thermique, et donc des économies d'énergie très importantes.

La figure 5 indique la puissance optimale dissipée dans l'eau en fonction de la fréquence et du volume pour une chaudière micro-ondes de 1200 W de puissance nominale installée. L'efficacité obtenue à la fréquence de DEBEYE est très importante puisqu'elle indique que pour chauffer un volume de 1 litre d'eau à 60 ° C, le temps de chauffage sera très inférieur à celui de la fréquence de 2,450 GHz.

On peut donc affirmer que lorsqu'un fluide et/ou un matériau est soumis à un champ électrique haute fréquence, il absorbe une certaine quantité d'énergie électromagnétique qui se retrouve sous la forme de chaleur. Cette énergie absorbée est proportionnelle au facteur de perte du fluide et/ou du matériau  $\epsilon' \operatorname{tg} \delta$  produit dans lequel  $\epsilon'$  désigne le coefficient diélectrique et  $\operatorname{tg} \delta$  la tangente de l'angle de pertes du corps considéré.

Ainsi selon l'invention, la chaudière à micro-ondes qui utilise les performances optimales des ondes électromagnétiques et les propriétés physiques d'absorption des fluides à chauffer, permet de voir sa mise en oeuvre dans des applications aussi diverses que le chauffage des locaux de toute nature du secteur résidentiel, tertiaire, industriel et autres, car le niveau de température du fluide à chauffer (air ou eau de 50 ° à 70 ° C) est proche des meilleurs coefficients de performances de ce principe de chauffage aux fréquences appropriées.

L'invention a également pour objet le procédé mis en oeuvre par la chaudière décrite ci-dessus, qui consiste en l'utilisation de l'agitation thermique générée par les états d'excitation des molécules à chauffer dudit fluide contenu dans une enceinte conductrice et/ou absorbante.

Le procédé selon l'invention utilisé l'un des mécanismes fondamentaux d'interaction des micro-ondes avec un fluide, au niveau moléculaire, qui est la rotation des molécules polaires induite dans le champ. Placées dans un champ électrique, les molécules comme l'eau sont soumises à un couple qui tend à les aligner avec le champ, de façon à réduire le plus possible l'énergie potentielle des dipôles. Lorsque la polarité ou la direction du champ change, la réorientation cyclique des dipôles dépend de la dissipation énergétique visqueuse à laquelle est soumise la molécule.

Une molécule polaire possède donc une fréquence critique d'absorption, appelée fréquence de relaxation, qui est une fonction des caractéristiques de la molécule, de la viscosité du fluide et de la température. A la fréquence critique de rotation, le champ transmet le maximum d'énergie à la molécule et l'énergie de rotation est transformée en énergie thermique.

Ce mode d'interaction explique le comportement de la permittivité en fonction de la fréquence. Dans le segment spectral des micro-ondes (10 MHz à 300 GHz), plusieurs modes de mouvements moléculaires se produisent. Par exemple, l'eau qui peut constituer l'élément chauffant présente une fréquence de relaxation dont le pic d'absorption se situe dans les fréquences 2 à 80 GHz. Pratiquement, les interactions rayonnement - molécules s'intègrent dans la permittivité électrique du matériau et l'énergie absorbée par ledit fluide devient calculable par les équations de la conservation de l'énergie et les équations des ondes dites équations de Maxwell.

Les figures 6 à 18 donnent à titre d'exemples non limitatifs diverses applications possibles du procédé et de la chaudière à micro-ondes selon l'invention.

La figure 6 représente une variante de réalisation du dispositif de la chaudière à micro-ondes selon l'invention dans laquelle un dispositif d'application d'énergie micro-ondes 1 est placé dans un élément

radiateur 44 et constitue un système de chauffage par convection autonome à circuit simple et fermé de faible encombrement.

Il est également possible d'intégrer ce dispositif  
5 l dans un circuit d'accumulation 45 (figure 7), ou dans un aérotherme 46 (figure 8), sous une forme et à des emplacements quelconques.

La figure 9 représente un autre exemple d'application de l'invention, dans lequel le dispositif d'application d'énergie micro-ondes 1 est monté sur une cana-  
10 lisation conductrice 47 d'un réseau de distribution d'énergie géothermique 48 dans lequel circule ou stationne un fluide, des dispositifs 49 d'arrêt du rayonnement micro-ondes étant prévus à l'intérieur du réseau 48, de part  
15 et d'autre de la source 2, et de l'antenne éventuelle 8.

Il est également possible de réaliser un montage en série ou en parallèle d'un certain nombre de chaudières ou de sources à micro-ondes du type décrit ci-dessus.

Ainsi, comme le montre la figure 10, une chaudière  
20 mixte à micro-ondes 50 peut être prévue simultanément pour le chauffage de locaux et la production d'eau chaude sanitaire, l'énergie micro-ondes nécessaire pour le chauffage des deux enceintes 51 et 52 pouvant être fournie par une source unique ou par plusieurs sources.

Les figures 11 et 12 représentent deux autres  
25 applications possibles de la chaudière à micro-ondes, d'une part, par adaptation sur un circuit de chauffage à chaudière électrique classique 53 (figure 11), dans lequel le fluide contenu dans l'échangeur 54 de la chau-  
30 dière 53 est réchauffé à l'intérieur de la chaudière à micro-ondes 56, les radiateurs 57 étant chauffés directement, et, d'autre part, par adaptation dans un circuit de chauffage classique dont le fluide est réchauffé à l'intérieur de la chaudière 58.

35 Grâce à l'invention, il est possible de réaliser un chauffage direct de fluides, tels que l'eau, l'air,

l'huile, etc..., par exemple pour réaliser un chauffage de locaux.

Le procédé et la chaudière selon l'invention permettent, par exemple, une production d'eau chaude  
5 avec un rendement supérieur à celui produit par les solutions traditionnelles avec une moindre consommation d'énergie. Il en résulte donc que le chauffage dispensé par ces rayonnements est direct et intense, et le chauffage de l'enceinte de traitement usuel dans la  
10 plupart des systèmes traditionnels est évité et ainsi les déperditions correspondantes sont économisées.

La puissance utilisée est donc généralement beaucoup plus faible que celle nécessaire à un système de chauffage classique, d'autant plus que la localisation  
15 précise de la zone d'action du rayonnement au coeur de la matière peut conduire à réduire le volume à chauffer du fait que le temps du traitement est extrêmement faible, de sorte que d'importantes économies d'énergie peuvent être réalisées.

20 D'autres usages peuvent être envisagés notamment dans des applications de chauffage industriel, agricole, agro-alimentaire pour le chauffage de l'eau, de vapeur et autres fluides ou mélanges, ainsi que pour le chauffage des piscines avec un rendement élevé.

25 Les chaudières à micro-ondes selon l'invention peuvent également compléter ou se substituer totalement à des dispositifs de chaudière classique au gaz, fuel-oil, électriques, aux pompes à chaleur. Elles sont intéressantes pour la géothermie, l'héliothermie et en  
30 général en complément des dispositifs à énergie solaire.

Bien entendu, l'invention n'est pas limitée aux modes de réalisation décrits et représentés aux dessins annexés. Des modifications restent possibles, notamment du point de vue de la constitution des divers éléments  
35 ou par substitution d'équivalents techniques, sans sortir pour autant du domaine de protection de l'invention.

- R E V E N D I C A T I O N S -

1. Chaudière à micro-ondes pour la production d'un fluide chaud à usage domestique, industriel, ou de chauffage de locaux, caractérisée en ce qu'elle est essentiellement constituée par un dispositif (1) d'application d'énergie micro-ondes alimenté par une source d'énergie en hyperfréquence (2) du type klystron ou magnétron, par un dispositif (3) de transport de ladite énergie du type guide d'ondes, câble coaxial, ou analogue, par un dispositif applicateur (4) couplé avec la source d'énergie en hyperfréquence (2), rayonnant ladite énergie vers le fluide à chauffer (6), fermé par un diffuseur étanche au fluide et perméable aux ondes (5), et qui coopère avec l'enceinte (7) conductrice et/ou absorbante métallique de forme cylindrique, parallélépipédique, ou sphérique, ou d'autre forme, délimitant les zones de traitement thermique du fluide, et par des éléments de sécurité (19 à 22) empêchant l'écoulement des micro-ondes hors de l'enceinte de la chaudière.

2. Chaudière, suivant la revendication 1, caractérisée en ce que l'applicateur (4) est avantageusement complété par au moins une antenne rayonnante (8) dont les éléments présentent une longueur électrique effective égale à un nombre entier représentant le quart de la longueur d'onde de la fréquence de l'énergie rayonnée.

3. Chaudière, suivant la revendication 1, caractérisée en ce qu'elle est munie d'une enceinte conductrice et/ou absorbante (7) pourvue d'une enveloppe de protection (12), d'un calorifugeage (7'), et d'au moins une trappe de visite (9) pourvue d'un dispositif de fermeture (10) en une matière conductrice et/ou absorbante permettant l'arrêt des micro-ondes et présentant un dispositif d'étanchéité (11) pour le fluide et permettant l'arrêt du rayonnement micro-ondes, et les parois de l'enceinte (7) sont avantageusement réalisées en tous matériaux conducteurs permettant l'arrêt des rayonnements électromagnétiques

et/ou l'absorption de ces rayonnements, par exemple par effet de corps noir , ces matériaux pouvant être des métaux et alliages légers tels que des alliages d'aluminium, ou de l'acier inoxydable.

5           4. Chaudière, suivant l'une quelconque des revendications 1 et 3, caractérisée en ce qu'elle est munie, en outre, d'ouvertures (13 à 16) permettant la circulation du fluide (6) vers les canalisations du réseau de distribution de l'énergie et des radiateurs ainsi que le  
10 remplissage ou la vidange de l'enceinte au moyen de canalisations (17 et 18), ces ouvertures (13 à 16) logeant chacune un dispositif d'arrêt des micro-ondes (19 à 22) permettant la réflexion et/ou l'absorption desdites micro-ondes et empêchant ainsi la fuite de ces  
15 dernières à travers lesdites canalisations et les différents auxiliaires (23 à 25) reliés à la chaudière.

5. Chaudière, suivant l'une quelconque des revendications 1 et 4, caractérisée en ce que les canalisations sont réalisées sous forme d'éléments conducteurs et/ou  
20 absorbants, de sorte que les dispositifs d'arrêt des micro-ondes deviennent inutiles.

6. Chaudière, suivant l'une quelconque des revendications 1 et 3 à 5, caractérisée en ce qu'elle est munie d'au moins un dispositif de sécurité contre la  
25 surchauffe de l'enceinte (7), sous forme d'un détecteur de manque d'eau, d'un dispositif de mesure de l'énergie micro-onde , ou analogue, d'au moins un thermocouple (26), d'un tableau (27) de contrôle et de fonctionnement de la chaudière présentant des organes de commande et de  
30 signalisation (28), d'un manomètre (29), d'un dispositif (30) de commande et de régulation du dispositif (1) d'application d'énergie micro-ondes coopérant avec un ou plusieurs contrôleurs thermiques (31).

7. Chaudière, suivant la revendication 6, caractérisée en ce que le dispositif (30) de commande et de  
35 régulation du dispositif (1) d'application d'énergie

micro-ondes agit directement sur l'émission du rayonnement électromagnétique, auquel est soumis le fluide (6) à l'intérieur de l'enceinte (7), permettant ainsi de porter à la température souhaitée ledit fluide, et qui est

5 constitué par un récepteur électrique (37) relié à la source d'énergie en hyperfréquence (2) par l'intermédiaire d'un convertisseur statique (38), ou dispositif analogue, agissant sur le circuit d'alimentation (39) de la source (2), et par une unité de traitement à micro-

10 processeur (40), ou autre dispositif électronique, assurant la régulation et la sécurité de fonctionnement de l'ensemble de la chaudière ainsi que des auxiliaires (23 à 25), et à laquelle sont reliés le contrôleur thermique (31), le thermostat (26), des capteurs de température (41) et des

15 sécurités de fonctionnement (42 - 43), le dispositif (30) étant muni, en outre, d'un circuit de refroidissement (2') de la source à micro-ondes (2).

8. Chaudière, suivant la revendication 1, caractérisée en ce qu'elle est intégrée dans un circuit de chauffage

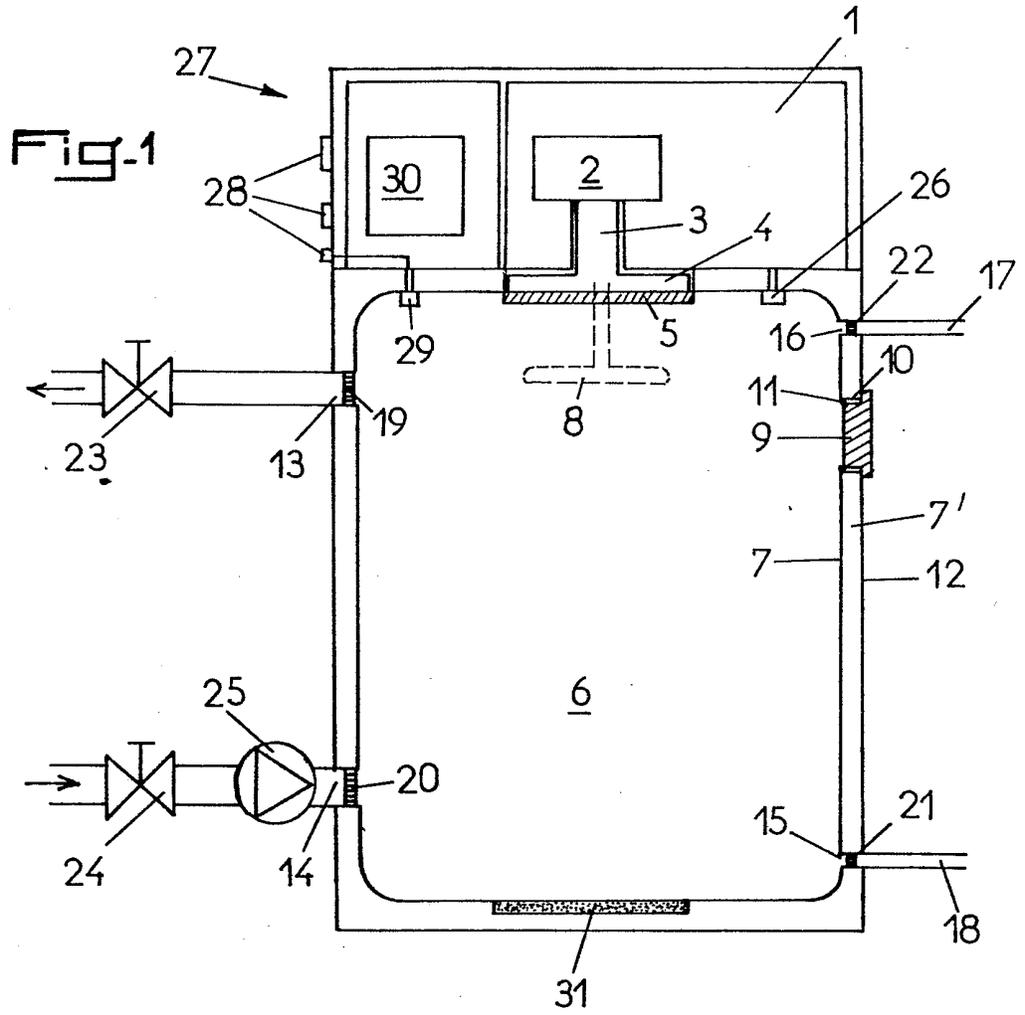
20 à accumulation, dans un aérotherme, dans un réseau de chauffage classique, ou montée en parallèle ou en série avec d'autres chaudières du même type, ou dans un réseau de distribution d'énergie géothermique.

9. Procédé de production d'un fluide chaud à usage

25 domestique, industriel, ou de chauffage de locaux, mis en oeuvre par la chaudière suivant l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce qu'il consiste à appliquer un rayonnement d'énergie micro-ondes à un fluide à une fréquence correspondant à la fréquence de relaxation du

30 fluide considéré à une température donnée, à l'intérieur d'une enveloppe conductrice et absorbante thermiquement et électromagnétiquement isolée, au moyen d'une source micro-ondes dont l'onde de puissance est transmise par l'intermédiaire d'un guide d'ondes et/ou d'un applicateur au

35 milieu à chauffer, le chauffage du fluide s'effectuant par convection ou par conduction et par utilisation de ses propriétés diélectriques, notamment les pertes diélectriques et/ou par relaxation.



**Fig. 2**

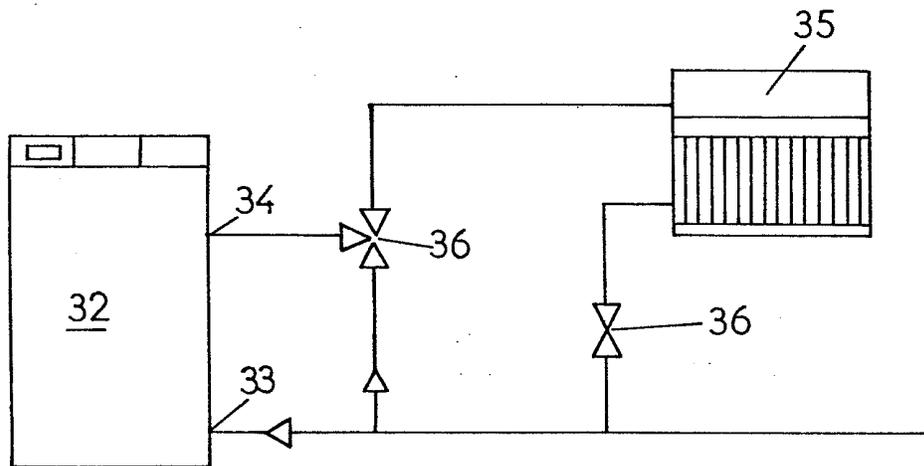
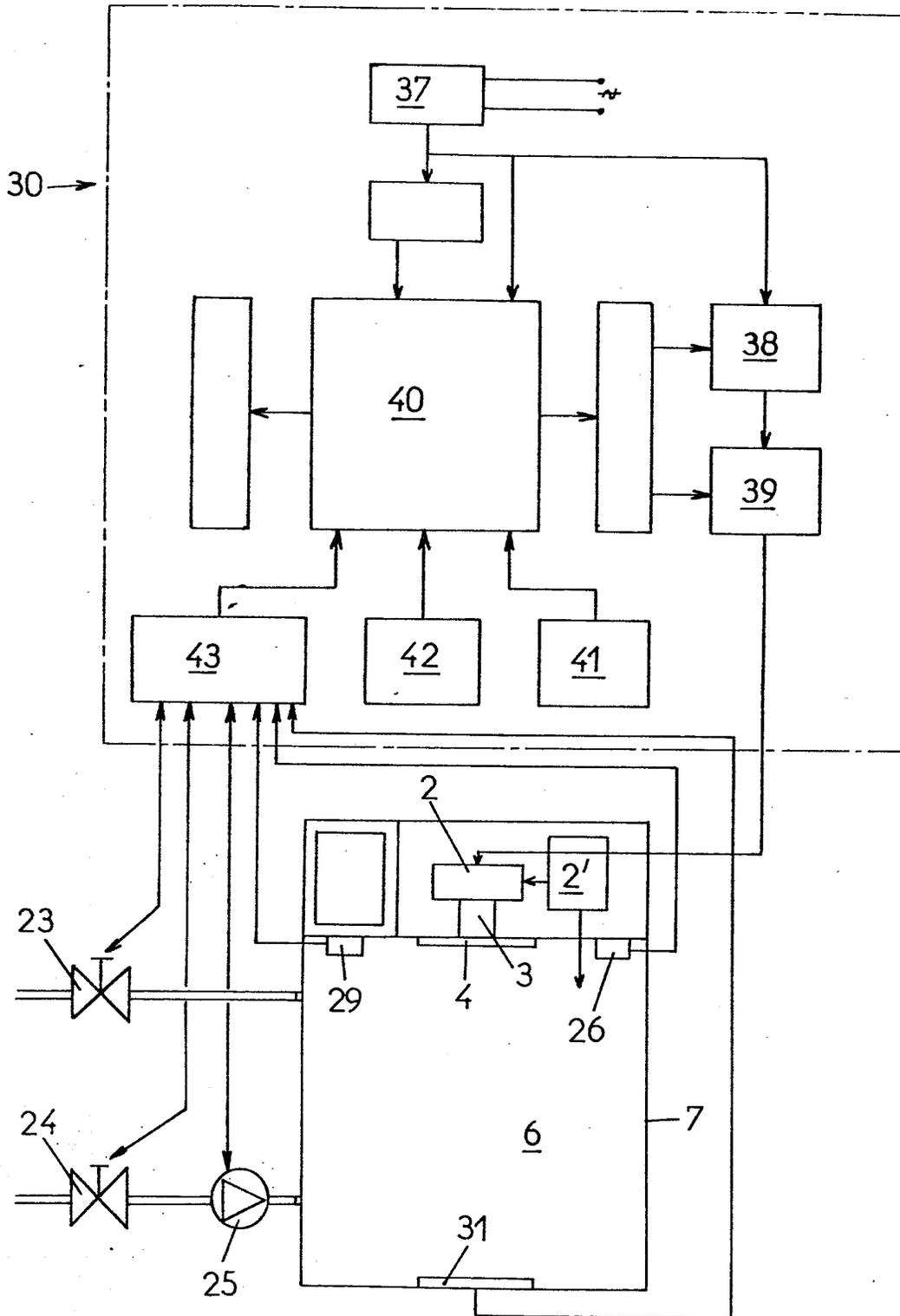
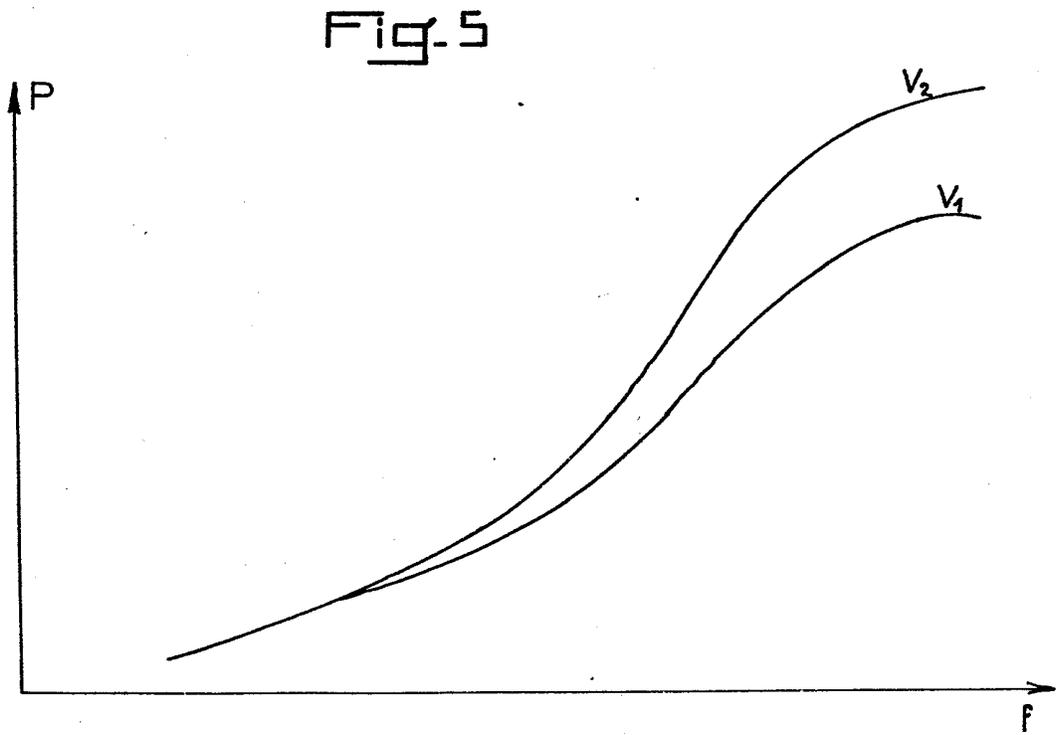
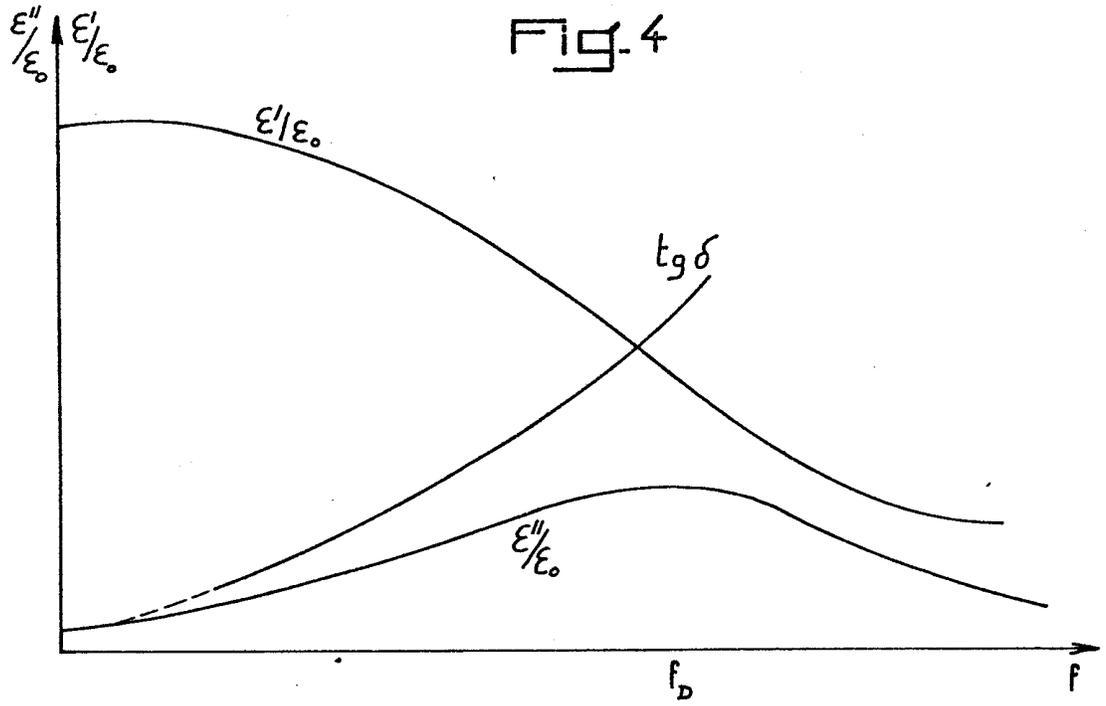


Fig. 3





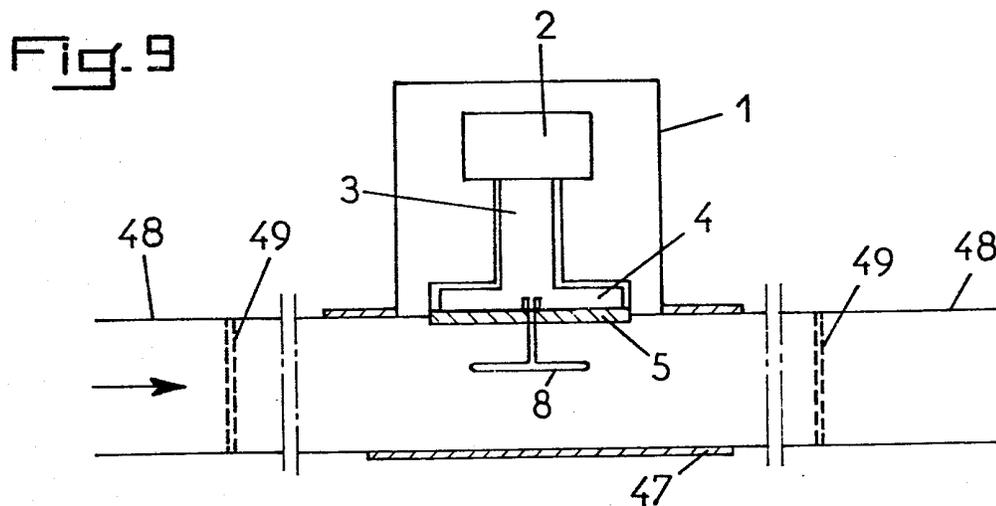
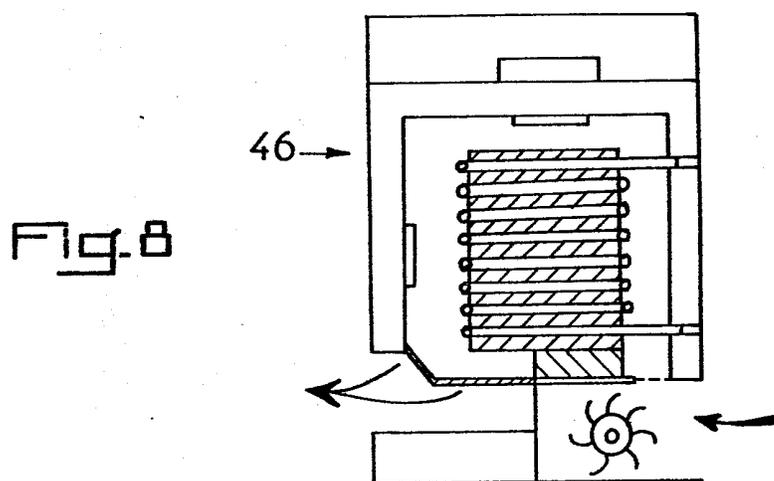
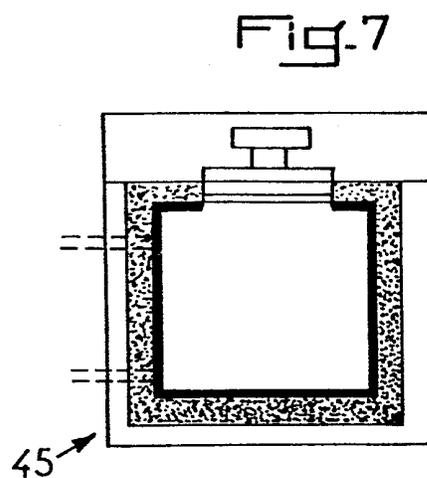
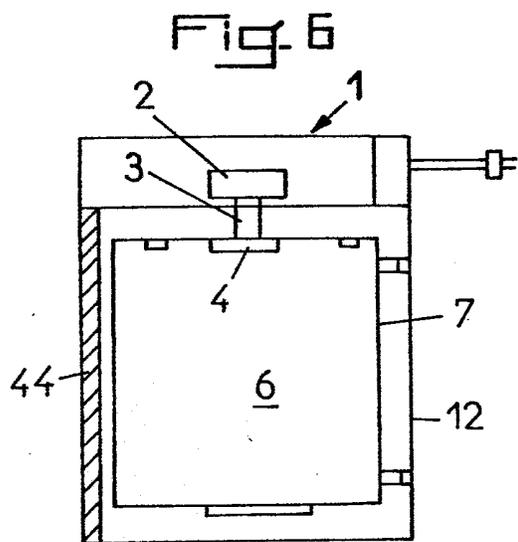


Fig.10

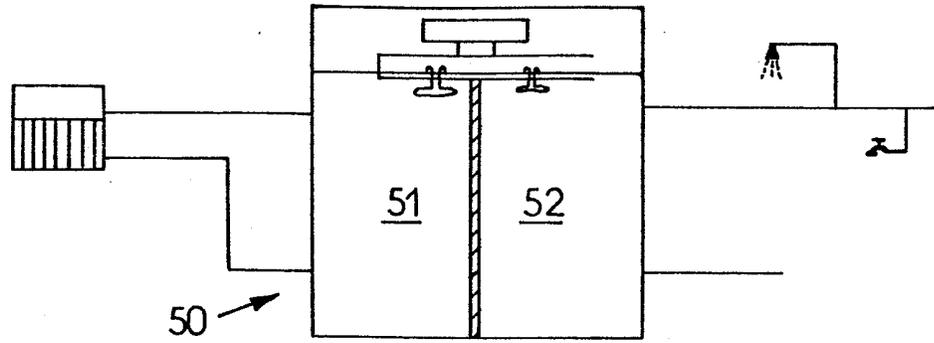


Fig.11

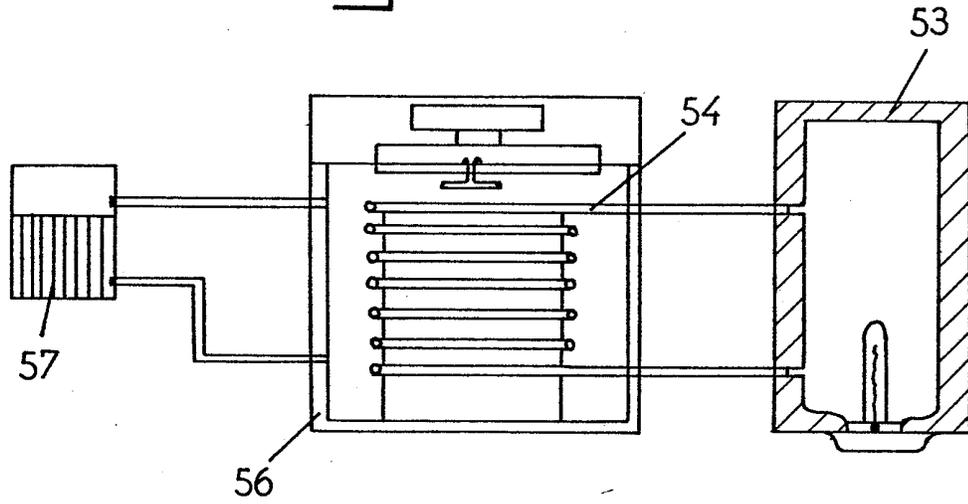


Fig.12

