(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle
Bureau international

(43) Date de la publication internationale
5 octobre 2006 (05.10.2006)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2006/103287 A2

(51) Classification internationale des brevets :
H01J 65/04 (2006.01) *A61L 2/10* (2006.01)
B01J 19/12 (2006.01) *C02F 1/32* (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2006/061222

(22) Date de dépôt international : 31 mars 2006 (31.03.2006)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
05/03209 1 avril 2005 (01.04.2005) FR

(71) Déposant *(pour tous les États désignés sauf US)* : **RC-LUX** [FR/FR]; 30, chemin de Rochasson, F-38240 Meylan (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants *(pour US seulement)* : **SORTAIS, Pascal** [FR/FR]; 30, Chemin de Rochasson, F-38240 Meylan (FR). **PELLET, Xavier** [FR/FR]; 18, allée des Brandons, F-38240 Meylan (FR).

(74) Mandataire : **CABINET REGIMBEAU - MARTIN, SCHRIMPF, WARCOIN, AHNER, TEXIER, LE FORESTIER, CALLON DE LAMARCK, COLLIN, TETAZ**; 129, Rue Servient, F-69326 Lyon cedex 03 (FR).

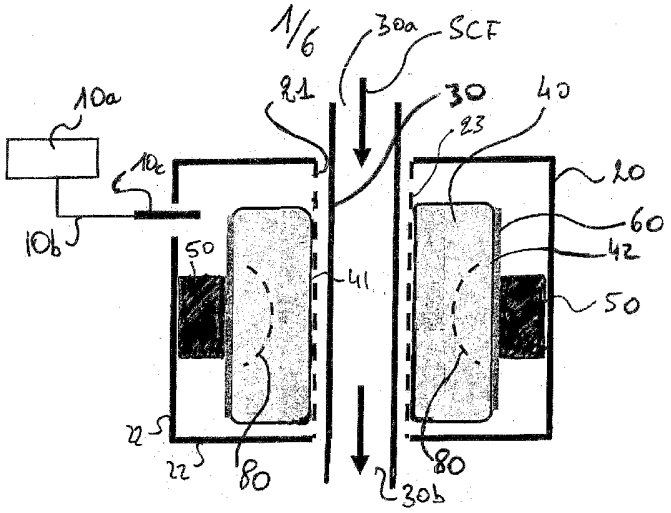
(81) États désignés *(sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible)* : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés *(sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible)* : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT,

[Suite sur la page suivante]

(54) **Title:** MICROWAVE DEVICE FOR TREATING A FLUX WITH VISIBLE RADIATION

(54) **Titre :** DISPOSITIF MICRO-ONDE POUR LE TRAITEMENT D'UN FLUX PAR UN RAYONNEMENT LUMINEUX



(57) **Abstract:** The invention relates to a device for treating a flux with visible radiation. The inventive device comprises: microwave generation means (10a, 10b, 10c); at least one microwave cavity (20) comprising microwave-tight walls for confining the microwaves; at least one irradiation channel (30) through which the flux to be treated travels; at least one chamber (40) containing a plasma, which is disposed inside the microwave cavity; and means for generating a magnetic field (50). According to the invention, the chamber(s), the cavity or cavities and the magnetic field and microwave generation means are arranged such as to generate an electron cyclotron resonance inside the chamber(s) in order to emit visible radiation, thereby enabling the irradiation of the fluid to be treated. The invention is characterised in that the magnetic field generation means comprise at least one permanent magnet and in that each chamber is disposed in close proximity to at lest one magnet.

[Suite sur la page suivante]

WO 2006/103287 A2

RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Déclaration en vertu de la règle 4.17 :

— *relative au droit du déposant de revendiquer la priorité de la demande antérieure (règle 4.17.iii))*

Publiée :

— *sans rapport de recherche internationale, sera republiée dès réception de ce rapport*

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

(57) Abrégé : La présente invention concerne un dispositif pour le traitement d'un flux par un rayonnement lumineux, le dispositif comprenant des moyens de génération de micro-ondes (10a, 10b, 10c), au moins une cavité micro¬ ondes (20) comprenant des parois étanches aux micro-ondes pour confiner les micro-ondes, au moins un canal d'irradiation (30) dans lequel circule le flux à traiter, au moins une enceinte (40) contenant un plasma, située à l'intérieure de la cavité micro-ondes, des moyens de génération d'un champ magnétique (50), enceinte(s), cavité(s), et moyens de génération du champ magnétique et des micro-ondes étant agencés de manière à générer une résonance cyclotronique d'électrons à l'intérieur de(s) l'enceinte(s) pour émettre un rayonnement lumineux permettant l'irradiation du fluide à traiter, remarquable en ce que les moyens de génération du champs magnétique sont constitués par au moins un aimant permanent et en ce que chaque enceinte est disposée à proximité immédiate d'au moins un aimant.

DISPOSITIF MICRO-ONDE POUR LE TRAITEMENT D'UN FLUX PAR UN RAYONNEMENT LUMINEUX

L'invention concerne le domaine technique général du traitement d'un flux par irradiation lumineuse.

Plus particulièrement, l'invention concerne le domaine technique du traitement d'un gaz, d'un liquide, ou d'un solide au moyen d'un rayonnement lumineux infrarouge, visible ou ultraviolet émis par un dispositif excité par micro-onde et générant une Résonance Cyclotronique d'Électrons (RCE).

L'invention trouve avantageusement mais non limitativement application dans le domaine de la stérilisation de l'eau et de l'air.

PRESENTATION GENERALE DE L'ART ANTERIEUR

Il a déjà été proposé des dispositifs permettant de traiter un flux par une irradiation lumineuse.

Parmi ces dispositifs, on connaît des dispositifs comprenant une ou plusieurs lampes basse ou moyenne pression mercure, alimentée en haute tension, positionnées à l'intérieur d'un réservoir permettant la circulation d'un flux.

Cependant, ces dispositifs présentent de nombreux inconvénients notamment en terme d'encombrement, de durée de vie, de difficulté d'allumage et de puissance non modulable des lampes moyenne et basse pression.

Pour pallier les inconvénients de ces dispositifs, on a proposé des dispositifs excités par micro-ondes.

Ces dispositifs comprennent :

- une cavité pour le confinement de micro-ondes et permettant l'entrée et la sortie du flux,
- des moyens de génération de micro-ondes comprenant un générateur de micro-ondes et des moyens permettant d'amener les micro-ondes du générateur à la cavité,
- un canal d'irradiation dans lequel circule le flux à irradier,

- au moins une enceinte, positionnée à l'intérieure de la cavité, contenant un plasma destiné à être excité par les micro-ondes de manière à émettre un rayonnement lumineux.

Ces dispositifs ont des géométries et des agencements spécifiques en fonction de la substance à irradier et du mode d'irradiation désiré.

Les brevets WO9837962 et WO9953524 définissent une cavité micro-ondes rectangulaire, un canal d'irradiation tubulaire, une enceinte annulaire positionnée à l'intérieure de la cavité micro-ondes autour du canal d'irradiation d'un flux de gaz ou de liquide.

Les brevets JP611046290 et JP61198545 définissent une cavité rectangulaire, un canal d'irradiation confondu avec la cavité micro-ondes et servant de réservoir d'eau. L'enceinte plasma est à l'intérieure de la cavité micro-ondes, immergée dans l'eau à traiter.

Les brevets FR2674526 et US3911318 décrivent une cavité micro-ondes tubulaire, un canal d'irradiation tubulaire et une enceinte annulaire positionnée à l'intérieure de la cavité micro-ondes, autour du canal d'irradiation d'une fibre optique ou d'un fluide.

Le brevet US5931557 définit une cavité rectangulaire et plusieurs géométries de canaux d'irradiation associés à des enceintes plasma destinées à irradier un flux d'air.

Le brevet US6559460, conçu dans une géométrie de cavité micro-ondes plus complexe, rajoute des moyens de réflexion de la lumière pour améliorer l'uniformité de l'irradiation d'un flux de substrat.

Cependant, ces dispositifs induisent des contraintes opératoires sur :

- les dimensions et la forme de la cavité micro-onde (cf. WO9837962, JP611046290, JP61198545, US3911318, US5931557),
- la puissance micro-onde minimum à fournir (cf. WO9837962, JP61198545, FR2674526, US5931557, US6559460),
- le positionnement de la ou des enceinte(s) plasma à l'intérieur de la cavité micro-ondes (cf. US5931557 et US6559460)

qui rendent ces dispositifs complexes à mettre en œuvre.

Ces conditions multiples enseignées à l'homme du métier pour mettre en œuvre un dispositif excité par micro-ondes pour le traitement d'un flux ne lui permettent pas de fournir un dispositif compact.

De plus, les contraintes imposées dans ces documents sur la taille et la forme de la cavité micro-ondes, et sur le positionnement des enceintes à l'intérieur de la cavité empêchent d'optimiser l'irradiation du flux. De plus, ces dispositifs ont une efficacité et une brillance limitée.

On entend, dans le cadre de la présente invention, par « brillance », la densité de rayonnement par unité de surface.

On entend, dans le cadre de la présente invention, par « efficacité », un rendement correspondant au rapport de l'énergie lumineuse générée par le dispositif sur la puissance micro-onde fournie au dispositif.

Enfin, ces dispositifs fonctionnent très mal à faible puissance (inférieur à 200 Watts).

Pour pallier les inconvénients de faible brillance des dispositifs précités excités par micro-ondes, on a proposé des dispositifs utilisant le phénomène de RCE.

La RCE est connue pour améliorer le niveau énergétique des plasmas excité par micro-onde.

Elle consiste à introduire un champ magnétique qui, en fonction de la fréquence de l'onde micro-onde et la valeur du champ magnétique provoque, à l'intérieur de l'enceinte d'un plasma à très faible pression, une résonance cyclotronique des électrons du plasma.

Ce phénomène améliore la brillance du rayonnement de l'enceinte.

Le document US 3 911 318 décrit un dispositif micro-onde permettant de traiter un flux de matériau par irradiation lumineuse.

Le dispositif comprend des bobines de Helmholtz pour la génération d'un champ magnétique afin d'obtenir une RCE à l'intérieur d'une enceinte plasma annulaire enveloppant un circuit d'irradiation tubulaire.

Cet appareil améliore la brillance de l'enceinte mais il présente les inconvénients suivants :

- ce dispositif est encombrant du fait de l'utilisation de bobines de Helmholtz,

- ce dispositif est peu compact car la cavité micro-ondes est de volume multiple de la longueur d'onde (volume inutile entre la cavité micro-ondes et l'enceinte plasma) pour permettre l'obtention de zones de champ électromagnétique maximum,
- ce dispositif ne protége pas le canal d'irradiation des micro-ondes, ce qui est particulièrement pénalisant dans le cas du traitement d'un liquide,
- ce dispositif ne présente pas toutes les conditions de sécurité nécessaires pour le traitement d'un flux et plus particulièrement d'un liquide:
    - en particulier, le dispositif présente des fuites micro-ondes au niveau de l'entrée et la sortie du flux à traiter,
    - l'utilisation du dispositif décris dans US 3 911 318 est dangereuse si le flux à irradier est de l'eau car l'utilisation de bobines de Helmholtz nécessite l'application de courants importants pour permettre la génération d'un champ magnétique suffisamment puissant pour qu'une Résonance Cyclotronique d'électrons soit obtenue.

Un but de l'invention est de proposer un dispositif micro-onde de traitement du flux (liquide, gaz ou solide) présentant toute la sécurité nécessaire et qui concilie à la fois compacité, brillance et efficacité, fonctionnement à faible puissance et qui permet optionnellement de protéger le fluide des micro-ondes si cela est nécessaire.

PRESENTATION DE L'INVENTION

A cet effet, on prévoit un dispositif pour le traitement d'un flux par un rayonnement lumineux, le dispositif comprenant :

- des moyens de génération de micro-ondes,
- au moins une cavité micro-ondes comprenant des parois étanches aux micro-ondes pour confiner les micro-ondes,
- au moins un canal d'irradiation dans lequel circule le flux à traiter,
- au moins une enceinte contenant un plasma, située à l'intérieure de la cavité micro-ondes,

- des moyens de génération d'un champ magnétique,

enceinte(s), cavité(s), et moyens de génération du champ magnétique et des micro-ondes étant agencés de manière à générer une résonance cyclotronique d'électrons à l'intérieur de(s) l'enceinte(s) pour émettre un rayonnement lumineux permettant l'irradiation du fluide à traiter, dans lequel les moyens de génération du champs magnétique sont constitués par au moins un aimant permanent et chaque enceinte est disposée à proximité immédiate d'au moins un aimant.

On entend, dans le cadre de la présente invention, par « flux », un gaz, un liquide, ou un solide en mouvement, c'est-à-dire plus particulièrement qui circulent dans le canal.

On entend, dans le cadre de la présente invention, par « proximité immédiate » une distance D entre l'enceinte et l'aimant permanent inférieure ou égale à une dimension L de l'aimant le long d'un axe (parallèle au vecteur d'aimantation de l'aimant) d'aimantation privilégié de l'aimant, préférentiellement inférieure ou égale à L/2.

Des aspects préférés mais non limitatifs du dispositif selon l'invention sont les suivants :

- chaque cavité s'inscrit dans un volume, au moins une des dimensions caractéristiques (hauteur, longueur, largeur) du plus petit volume dans lequel s'inscrit la cavité micro-ondes étant inférieure à 25 centimètres,
- le dispositif comporte des moyens d'asservissement, à une intensité lumineuse de consigne, de la puissance micro-onde, et/ou de la pression du gaz et/ou de la température du dispositif,
- le dispositif comprend des moyens de modulation de la puissance des micro-ondes dans l'enceinte, ces moyens de modulation de la puissance générant des impulsions,
- chaque cavité est associée à une antenne unique.

Dans un mode de réalisation, le (ou les) aimant(s) permanent(s) est (sont) disposé(s) à l'intérieur de la (ou des) cavité(s) micro-ondes.

Selon une première variante de ce mode de réalisation, le (ou les) canal(s) est (sont) disposé(s) à l'intérieur de la (ou des) cavité(s). Optionnellement, les parois formant la (ou les) cavité(s) et les parois formant le (ou les) canal(aux) peuvent être confondues, et le dispositif

peut comprendre une pluralité de d'enceintes et une pluralité d'aimants permanents.

Selon une deuxième variante de ce mode de réalisation, le dispositif comprend une (ou des) cavité(s) disposée(s) de manière à englober le (ou les) canal(aux), les parois de la (ou des) cavité(s) en regard du (ou des) canal(aux) étant transparente(s) au rayonnement lumineux. Par ailleurs, le (ou les) canal(aux) est (ou sont) de forme tubulaire, et la (ou les) cavité(s) est (ou sont) de forme annulaire.

La deuxième variante du mode de réalisation peut :

- soit comprendre une enceinte unique de forme annulaire,
- soit comprendre une pluralité d'enceintes autour du canal.

Optionnellement, dans le dispositif selon l'invention, soit :

- chaque enceinte est associée à un aimant permanent qui lui est propre, soit
- chaque aimant est associé à une pluralité d'enceintes, soit
- chaque enceinte est associée à une pluralité d'aimants permanents.

Dans tous les cas, le dispositif peut comprendre des moyens de réflexion du rayonnement lumineux agencés de manière à diriger le rayonnement lumineux vers le flux à traiter.

Par ailleurs, dans tous les cas, la (ou les) paroi(s) externe(s) de la (ou des) cavité peut(vent) être opaque(s) au rayonnement lumineux.

De plus, dans tous les cas, les moyens de génération de micro-ondes comprennent soit :

- un générateur d'énergie micro-onde et un guide d'onde, le guide d'onde étant disposé entre le générateur et la cavité pour guider les micro-ondes générées par le générateur vers la cavité, soit
- un générateur d'énergie micro-onde, au moins un câble coaxial, et au moins une antenne, le (ou les) câble(s) étant disposé(s) entre le générateur et la cavité, la (ou les) antenne(s) étant disposé(es) à l'intérieur de la (ou des) cavité(s).

L'invention concerne également un procédé pour le traitement d'un flux par un rayonnement lumineux en utilisant un dispositif selon l'une des deux revendications précédentes, le rayonnement lumineux

présentant un spectre de lumière et une intensité prédéterminés, caractérisé en ce que le procédé comprend une étape de contrôle du spectre en fonction de la puissance moyenne temporelle des micro-ondes dans l'enceinte et de la puissance maximum des micro-ondes dans l'enceinte.

PRESENTATION DES FIGURES

D'autres caractéristiques, buts et avantages de la présente invention ressortiront encore de la description qui suit, laquelle est purement illustrative et non limitative et doit être lue en regard des dessins annexés sur lesquels :

- les figures 1, 2, 6, 7, 9, et 11 sont des vues en coupe longitudinale de différents modes de réalisation du dispositif selon l'invention,
- les figures 3, 4, 5, 8, 10 et 12 sont des vues en coupe transversales de différents modes de réalisation du dispositif selon l'invention,
- la figure 13 illustre schématiquement un mode de réalisation particulier d'un ensemble comportant quatre dispositifs selon l'invention,
- la figure 14 représente, en fonction du temps, trois modes de réalisations particuliers de l'énergie micro-onde alimentant le dispositif selon l'invention.

DESCRIPTION DE L'INVENTION

Le dispositif pour le traitement d'un flux par un rayonnement lumineux selon l'invention va maintenant être décrit en référence aux figures 1 à 14.

En référence à la figure 1, le dispositif selon l'invention comprend :

- des moyens de génération de micro-ondes 10a, 10b, 10c,
- au moins une cavité micro-ondes 20 pour confiner les micro-ondes,
- au moins un canal d'irradiation 30 dans lequel circule le flux à traiter,

- au moins une enceinte 40 contenant un plasma, située à l'intérieure de la cavité micro-ondes, et
- des moyens de génération d'un champ magnétique 50.

Les moyens de génération de micro-ondes 10a, 10b, 10c comprennent un générateur d'énergie micro-ondes 10a et des moyens pour amener les micro-ondes 10b, 10c dans la cavité 20.

Le générateur d'énergie micro-ondes 10a et les moyens pour guider les micro-ondes 10b, 10c dans la cavité 20 peuvent être tous moyens connus de l'homme du métier pour remplir ces fonctions.

Le générateur d'énergie micro-ondes 10a est par exemple du type tube à électrons, transistor, ou magnétron.

Les moyens pour amener les micro-ondes 10b, 10c dans la cavité 20 sont par exemple :

- un (ou des) guide(s) d'ondes,
- un (ou des) câble(s) coaxial(aux) 10b et une (ou des) antenne(s) 10c.

On entend, dans le cadre de la présente invention par « micro-ondes » des ondes électromagnétiques de fréquences supérieures à 1 GHz, de préférence inférieures à 30 GHz, plus préférentiellement compris entre 1,8 GHz et 6,4 GHz.

Les générateurs d'énergie micro-ondes des fours à micro-ondes standard permettent la génération d'ondes magnétiques de fréquence égale à 2,45 GHz. Ces générateurs d'énergie micro-ondes étant très répandus, on pourra avantageusement utiliser des générateurs d'énergie micro-ondes permettant la génération d'ondes magnétiques de fréquence égale à 2,45 GHz.

La cavité micro-ondes 20 est une cage de Faraday. La cavité micro-ondes 20 est destinée à confiner les micro-ondes en son sein pour protéger l'environnement extérieur contre les champs électromagnétiques produits à l'intérieur de la cavité 20. A cet effet, la cavité 20 comprend des parois opaques aux micro-ondes. La cavité peut comprendre des parois transparentes à la lumière, et plus particulièrement les parois de la cavité directement en regard du canal dans lequel circule le flux à traiter. Les parois transparentes à la lumière, et opaques aux micro-ondes peuvent être un grillage électriquement

conducteur 23 ou 24. La cavité micro-ondes 20 est de forme et de dimensions quelconques. Plus particulièrement, la forme et les dimensions de la cavité 20 sont indépendantes de la fréquence des micro-ondes.

Le canal d'irradiation 30 est un volume de forme et de dimensions quelconques et variables le long du canal 30. Le canal 30 comprend une entrée de flux 30a et une sortie de flux 30b. Le canal d'irradiation 30 permet la circulation du flux à irradier, le sens de circulation du flux étant donné par la flèche référencée SCF sur les dessins annexés. Le canal d'irradiation est en un matériau transparent au rayonnement lumineux, préférentiellement en quartz ou en verre. Dans certains modes de réalisation, le canal est un tube amovible. Ainsi, dans le cas d'un flux d'eau, au lieu d'effectuer un détartrage d'un canal solidaire du dispositif, le tube peut simplement être remplacé par un tube propre. Le détartrage peut également être effectué grâce à une balayette.

L'enceinte 40 contenant le plasma est une enceinte étanche pour le confinement d'un gaz quelconque à basse pression. Cette enceinte 40 est de forme et de dimensions quelconques. Les parois de l'enceinte 40 sont transparentes aux micro-ondes. L'enceinte 40 comprend au moins une paroi transparente au rayonnement lumineux émis par le plasma. Cette paroi transparente est la paroi en regard du canal dans lequel circule le flux à traiter. L'autre paroi de l'enceinte peut éventuellement être opaque au rayonnement lumineux, et préférentiellement comprendre un revêtement réfléchissant pour réfléchir le rayonnement lumineux vers le canal.

On entend, dans le cadre de la présente invention, par « basse pression », une pression comprise entre 10^{-4} et 10 millibars.

Les moyens de génération d'un champ magnétique 50 sont des moyens permettant la génération d'un champ magnétique.

L'enceinte 40 (ou les enceintes), la (ou les) cavité(s) 20, et les moyens 10a, 10b, 10c, 50 de génération du champ magnétique et des micro-ondes sont agencés de manière à générer une Résonance Cyclotronique d'Électrons (ci-après dénommée RCE) à l'intérieur de l'enceinte (ou des enceintes) pour émettre un rayonnement lumineux permettant l'irradiation du fluide à traiter.

La RCE, ou Résonance Gyromagnétique est une technique d'activation d'un plasma. Le principe de l'activation du plasma consiste à superposer à une onde électromagnétique de fréquence donnée un champ magnétique statique de telle sorte que la fréquence de giration des électrons dans le champ magnétique soit égale à la fréquence de l'onde électromagnétique excitatrice.

Lorsque le phénomène de résonance se produit, les électrons du plasma gagnent de l'énergie et, par collision, ionisent le plasma : un rayonnement lumineux est alors généré.

Le phénomène de RCE améliore la brillance et l'efficacité du rayonnement de l'enceinte.

Une première particularité du dispositif selon l'invention concerne le fait que les moyens de générations du champ magnétiques 50 sont constitués par au moins un aimant permanent.

Cet aimant permanent 50 est de forme quelconque. Les dimensions de l'aimant permanent 50 sont choisies les plus petites possibles pour permettre d'obtenir la RCE dans l'enceinte. L'homme du métier sait déterminer les dimensions minimales de l'aimant permettant d'obtenir une RCE dans l'enceinte.

Quelque soit la forme de l'aimant permanent 50, celui-ci présente une axe privilégiée d'aimantation parallèle au vecteur d'aimantation de l'aimant.

L'aimant permanent 50 peut être constitué par un aimant unique ou par une pluralité d'aimants permanents élémentaires accolés.

Une deuxième particularité du dispositif selon l'invention concerne le fait que les moyens de génération du champ magnétique 50 sont disposés à proximité d'au moins une enceinte 40.

On entend, dans le cadre de la présente invention, par « proximité immédiate » une distance D entre l'enceinte 40 et l'aimant permanent 50 inférieure ou égale à la dimension L de l'aimant 50 le long de l'axe d'aimantation privilégié de l'aimant 50, préférentiellement inférieure ou égale à L/2.

De manière encore plus préférentielle, l'aimant permanent 50 est en contact avec la paroi de l'enceinte 40 - en d'autres termes la distance D entre l'enceinte 40 et l'aimant 50 est nulle - éventuellement avec une

paroi de réflecteur 60 ou de cavité 20 entre l'aimant permanent 50 et l'enceinte 40.

Le fait que les moyens de génération du champ magnétique 50 consistent en un ou plusieurs aimants 50 disposés à proximité immédiate d'une ou de plusieurs enceintes 40 permet :

- d'améliorer la brillance et l'efficacité du rayonnement des enceintes 40,
- de concevoir des dispositifs avec des cavités 20 totalement étanches aux micro-ondes, de dimension quelconque non nécessairement multiple de la longueur d'onde des micro-ondes et de forme compacte, qui peuvent éventuellement protéger le canal d'irradiation des micro-ondes,
- d'accéder à des fonctionnements avec allumage immédiat à très faible puissance (quelques watts) lorsque la cavité a une dimension supérieure au ¼ de la longueur d'onde,
- de créer des zones 80 de brillance par RCE qui peuvent être positionnées, de manière libre et précise, afin d'optimiser l'efficacité de l'irradiation vis à vis du flux à traiter.

La description des éléments du dispositif selon l'invention faite ci-dessus en référence à la figure 1 s'applique également aux autres modes de réalisation illustrés aux figures 2 à 14.

Dans le mode de réalisation illustré à la figure 1, l'enceinte 40 est de forme annulaire et comprend par exemple un plasma de mercure pour émettre un rayonnement de longueur d'onde de 254 nm qui est bactéricide.

L'enceinte 40 est disposée autour du canal d'irradiation 30 qui a une forme tubulaire.

L'enceinte 40 est disposée à l'intérieur de la cavité micro-onde 20 qui est également de forme annulaire et englobe le canal d'irradiation 30.

Une application du mode de réalisation illustré à la figure 1 peut être le traitement de petits débits d'eau par un rayonnement lumineux de longueur d'onde égale à 254nm.

Ce dispositif permet en effet d'émettre un rayonnement lumineux sur un flux d'eau de quelques m3/h passant sur une canalisation standard (3/4 de pouces).

Le canal 30 est de préférence tubulaire et transparent au rayonnement lumineux sur toute sa surface pour permettre une irradiation très efficace, sous 4pi, du flux afin d'en éliminer les bactéries par exemple.

Les moyens de génération des micro-ondes 10a, 10b, 10c comprennent un générateur d'énergie micro-onde 10a relié à un (ou des) câble(s) coaxial(aux) 10b et une (ou des) antenne(s) 10c permettant d'amener les micro-ondes générées par le générateur à l'intérieur de la cavité.

Un câble coaxial – qui présente la particularité d'être souple - associé à une antenne est plus facile à disposer qu'un guide d'onde – qui est rigide et encombrant (en effet, au moins une des dimensions caractéristiques du guide est généralement supérieure à une demi fois la longueur d'onde des micro-ondes).

Par ailleurs, l'efficacité d'un guide d'onde pour amener les micro-ondes dans la cavité dépend de sa forme et de ses dimensions. Au contraire, l'association d'une antenne et d'un câble coaxial pour amener les micro-ondes dans la cavité ne présente pas de contraintes de forme.

Par conséquent, l'utilisation d'un câble coaxial 10b associé à une antenne 10c pour l'amené des micro-ondes dans la cavité 20 permet une plus grande souplesse dans la mise en œuvre du dispositif selon l'invention. Toutefois, le dispositif selon l'invention peut également être mis en œuvre avec un guide d'onde.

L'antenne 10c est de préférence entièrement disposée à l'intérieur de la cavité 20 opaque aux micro-ondes.

Ainsi, le canal et l'environnement extérieur sont complètement protégés d'une éventuelle irradiation par les micro-ondes.

Une irradiation par les micro-ondes du canal 20 peut entraîner des interactions entre le flux à traiter et les micro-ondes.

En particulier, l'interaction des micro-ondes avec un liquide à moment dipolaire non nul tel que de l'eau, peut entraîner :

- une augmentation de la température du liquide par absorption des micro-ondes,
- une diminution de l'efficacité du rayonnement de l'enceinte 40 du fait de l'absorption des micro-ondes par le liquide à traiter.

Par ailleurs, dans le cas d'une stérilisation d'eau, l'augmentation de la température de l'eau par irradiation micro-ondes présente l'inconvénient de favoriser la contamination de l'eau.

Une irradiation de l'environnement extérieur par les micro-ondes peut provoquer des lésions graves chez les utilisateurs proches du dispositif (altérations des chromosomes, etc.).

Dans le dispositif illustré à la figure 1, ces inconvénients sont palliés par la présence de la cavité 20 annulaire et totalement fermée donc opaque aux micro-ondes et par la disposition de l'antenne 10c à l'intérieur de cette cavité 20.

Les différents éléments du dispositif selon l'invention sont agencés de manière à provoquer dans l'enceinte une RCE. Ceci permet un allumage instantané, par exemple en une milliseconde. Ceci permet des applications multiples du dispositif selon l'invention et en particulier le traitement d'un flux non continu, comme par exemple la stérilisation de l'eau à la demande, où le dispositif doit en principe, être allumé uniquement lorsqu'un robinet d'eau est ouvert.

Dans le mode de réalisation illustré à la figure 1, les aimants permanent 50 sont disposés à l'intérieur de la cavité 20 et en contact avec la paroi externe de l'enceinte 40.

Les aimants 50 sont répartis autour de l'enceinte 40 pour homogénéiser le rayonnement des zones de résonance 80 sur le canal d'irradiation 30.

Tandis que les parois 41 proximales (par rapport au canal 30) de l'enceinte 40, disposées en regard du canal 30, doivent être transparentes au rayonnement lumineux, les parois distales 42 (par rapport au canal 30) de l'enceinte 40 peuvent être opaques au rayonnement lumineux, et préférentiellement réfléchissante pour réfléchir le rayonnement lumineux vers le canal dans lequel circule le flux.

La cavité comporte des parois proximales 21, par rapport au canal 30, transparentes au rayonnement lumineux. Cependant, les parois distales 22 par rapport au canal 30 de la cavité 20 peuvent être opaques au rayonnement lumineux. C'est le cas en particuliers lorsque le plasma contenu dans l'enceinte 40 est du mercure qui émet un rayonnement lumineux dans le domaine de l'UV qui ne doivent pas sortir de la cavité

pour des raisons de sécurité afin de ne pas irradier les utilisateurs proches du dispositif.

Le dispositif illustré à la figure 1 comprend en outre des moyens de réflexion du rayonnement lumineux 60 agencés de manière à diriger le rayonnement lumineux vers le flux à traiter.

Ces moyens de réflexion du rayonnement lumineux 60 permettent de concentrer le rayonnement lumineux en direction du canal 30 dans lequel circule le flux à traiter afin d'augmenter l'efficacité du traitement.

Dans le mode de réalisation illustré à la figure 1, les moyens de réflexion du rayonnement lumineux 60 sont une couche de revêtement réfléchissant déposée sur la face externe de la paroi de l'enceinte 40 et disposée de manière à réfléchir le rayonnement lumineux vers le canal 30.

Plus particulièrement, la couche de revêtement réfléchissant est déposée sur la portion de la face externe de l'enceinte 40 la plus éloignée du canal 30 dans lequel circule le flux.

Le dispositif illustré à la figure 1 peut par exemple être intégré dans le pommeau d'une douche avec un système bloquant les UV vers l'extérieur, ou être associé dans un système extrêmement compact intégrant un pré-filtre et un système anti-tartre.

En référence à la figure 2, on a illustré un autre mode de réalisation du dispositif selon l'invention adapté au traitement d'un liquide tel que l'eau pour des débits compris entre 10 et 100 m3/h.

Ce mode de réalisation diffère du mode de réalisation illustré à la figure 1 en ce que, dans ce mode de réalisation, les aimants 50 sont disposés à l'extérieur de la cavité 20 mais en contact avec la cavité 20, et l'enceinte 40 occupe la quasi totalité du volume de la cavité (à savoir le volume de la cavité moins le volume nécessaire pour disposer l'antenne 10c).

Avec un tel dispositif, on maximise le volume du canal directement en regard de l'enceinte pour maximiser le temps de passage de l'eau dans l'enceinte, tout en minimisant les dimensions de la cavité 20.

Ceci permet d'optimiser la compacité du dispositif selon l'invention.

Les aimants permanents du dispositif illustré à la figure 2 sont disposés à l'extérieur de la cavité micro-ondes et en contact avec la paroi

de la cavité 20 pour être en proximité immédiate de l'enceinte 40. Ceci permet l'utilisation de cavités de dimensions non multiple de la longueur d'onde des micro-ondes et de diamètre inférieur à 24,4 centimètres, ce qui correspond à deux fois la longueur d'onde des micro-ondes à la fréquence de 2,45 GHz.

Ainsi, de préférence, chaque cavité 20 s'inscrit dans un volume, au moins une des dimensions caractéristiques (hauteur, longueur, largeur) du plus petit volume dans lequel s'inscrit la cavité micro-ondes 20 étant inférieure à environ 25 centimètres (plus précisément 24,4 centimètres), ce qui correspond à deux fois la longueur d'onde des micro-ondes à la fréquence de 2,45 GHz.

L'homme du métier appréciera que pour des fréquences supérieures, par exemple une fréquence de 5 GHz, au moins une des dimensions caractéristiques du plus petit volume dans lequel s'inscrit la cavité sera préférentiellement inférieure à 12 centimètres. De même, pour des fréquences inférieures, par exemple une fréquence de 1 GHz, au moins une des dimensions caractéristiques du plus petit volume dans lequel s'inscrit la cavité sera préférentiellement inférieure à environ 48 centimètres.

Bien entendu, on peut également utiliser un générateur d'énergie micro-onde 10a générant des micro-ondes à la fréquence de 1GHz ou de 5 GHz avec un dispositif dont une des dimensions caractéristiques du plus petit volume dans lequel s'inscrit la cavité est inférieur à 25 cm.

Les aimants sont répartis autour de l'enceinte pour homogénéiser le rayonnement des zones de résonance sur le canal d'irradiation.

En référence à la figure 3, on a illustré en vue en coupe transversale, le mode de réalisation illustré à la figure 1 qui permet de mieux apprécier la disposition particulière des aimants permanents 50 dans la cavité 20.

Quatre aimants permanents sont disposés autour de l'enceinte annulaire 40 située à l'intérieur de la cavité 20. Les aimants 50 sont disposés symétriquement par rapport à l'axe du canal 30, et en proximité immédiate de la paroi de l'enceinte 40.

L'enceinte 40 et la cavité 20 enveloppent un canal de forme tubulaire.

Une antenne 10c est disposée à l'intérieur de la cavité 20 pour la génération de micro-ondes.

Les aimants permanents 50 génèrent des lignes de champ qui permettent l'obtention de zones de résonance 80 autour du canal 30 dans lequel circule le flux à traiter.

La paroi de l'enceinte 40 la plus éloignée du canal 30 comprend un revêtement réfléchissant qui permet de réfléchir le rayonnement lumineux R vers le canal 30. Par exemple, la paroi la plus éloignée du canal est en aluminium pour être opaque aux micro-ondes et réfléchir le rayonnement lumineux.

La paroi proximale 21 de la cavité 20 est un grillage électriquement conducteur 23 pour être opaque aux micro-ondes et transparent au rayonnement lumineux.

En variante, la paroi proximale 21 en grillage peut être enlevée pour être transparente au rayonnement lumineux et aux micro-ondes, par exemple lorsque le flux à traiter n'interagit pas avec les micro-ondes (en les absorbant).

Dans ce cas, le dispositif peut être associé à des moyens externes au dispositif permettant d'éviter une irradiation des utilisateurs situés à proximité du dispositif. Ces moyens externes peuvent par exemple être disposés le long du canal 30, en entrée et en sortie du dispositif selon l'invention.

Dans le cas du traitement d'un flux d'eau à petit débit, un dispositif conforme à la variante décrite ci-dessus peut être utilisé. Cependant, l'eau interagissant avec les micro-ondes en les absorbant, l'efficacité du dispositif est amoindri, et l'eau est échauffé.

En référence à la figure 4, on a illustré un autre mode de réalisation du dispositif selon l'invention.

Ce mode de réalisation, tout comme le mode de réalisation illustré à la figure 5, est particulièrement adapté au traitement de liquide tel que l'eau pour des débits compris entre 100 et 1000 m3/h.

Dans ce mode de réalisation, les aimants permanents 50 sont disposés à l'intérieur de la cavité 20. Ceci est rendu possible par l'utilisation d'aimants permanents comme moyens de génération du champ magnétique au lieu de bobines de Helmholtz qui, contrairement

aux aimants permanents, ne peuvent pas être disposées à l'intérieur de la cavité 20 à cause de l'incompatibilité entre les bobines et les micro-ondes.

Par ailleurs, l'utilisation d'aimants permanents 50 disposés à l'intérieur de la cavité 20 permet de réduire les dimensions du dispositif aux dimensions de la cavité 20 et ainsi améliorer la compacité du dispositif, tandis que l'utilisation de bobines de Helmholtz, nécessairement placés à l'extérieur de la cavité, engendre un augmentation des dimensions du dispositif, les dimensions des bobines s'ajoutant aux dimensions de la cavité.

Dans le mode de réalisation illustré à la figure 4, le dispositif comprend une pluralité d'enceintes. Ces enceintes sont associées à une pluralité d'aimants permanents.

La forme des enceintes illustrées à la figure 4 diffère de celle des enceintes illustrées aux figures 1 à 3. En effet, dans le mode de réalisation illustré à la figure 4, chaque enceinte 40 présente une forme tubulaire.

Les enceintes du dispositif illustré à la figure 4 sont disposées autour du canal d'irradiation 30, le long de celui-ci. En d'autres termes, les axes de symétrie de révolution des enceintes sont parallèles à l'axe de symétrie de révolution du canal (lorsque celui-ci est de forme tubulaire).

Dans le mode de réalisation illustré à la figure 4, les moyens de réflexion du rayonnement lumineux 60 sont une couche de revêtement réfléchissant déposée sur la face intérieure de la paroi externe de la cavité 20 et disposée de manière à réfléchir le rayonnement lumineux R vers le canal 30. Plus particulièrement la couche de revêtement réfléchissant est déposée sur la portion de la face intérieure de la cavité 20 autre que celle directement en regard du canal 30 dans lequel circule le flux, qui peut être un grillage 23.

En référence à la figure 5, on a illustré un autre mode de réalisation du dispositif selon l'invention.

Dans ce mode de réalisation, le dispositif comporte une pluralité d'enceintes 40, de cavités et d'antenne 10c, notamment quatre de chaque sur la figure 5, représentées en coupe.

Les cavités sont disposées de manière à envelopper le canal dans lequel circule le flux à traiter. De préférence, les parois en contact de deux cavités adjacentes sont un grillage électriquement conducteur 24 de manière à être opaque aux micro-ondes et transparent au rayonnement lumineux.

Chaque cavité 20 comporte une enceinte 40 associée et une antenne 10c associée.

Les enceintes 40 sont disposées autour du canal 30. Les enceintes 40 ont de préférence une forme tubulaire cylindrique et sont disposées le long du canal 30, lui-même tubulaire et cylindrique.

Dans ce mode de réalisation, les moyens de réflexion du rayonnement lumineux 60 sont des réflecteurs indépendants.

Chaque réflecteur 60 est associé à une cavité 20, et comprend une surface réfléchissante disposée en regard de l'enceinte 40 et faisant face au canal 30 dans lequel circule le flux.

Le dispositif comprend en outre une pluralité d'aimants permanents. Chaque cavité 20 est associée à un aimant 50. Les aimants permanents 50 sont disposés à l'extérieur des cavités, chaque aimant étant en contact avec la paroi extérieur de sa cavité 20 associée pour être en proximité immédiate de son enceinte associée.

Chaque aimant crée un champ magnétique à l'intérieur de l'enceinte qui lui est associée. Chaque antenne 10c émet des micro-ondes dans sa cavité 20 associée, et ainsi dans son enceinte associée, ce qui permet l'obtention du phénomène de RCE.

Le fait que le dispositif illustré à la figure 5 comprenne une pluralité de cavités permet de maîtriser la répartition de la puissance micro-onde dans chaque cavité, et ainsi d'homogénéiser le rayonnement sur toutes les enceintes pour optimiser l'irradiation du flux.

Dans le mode de réalisation illustré à la figure 6, le dispositif selon l'invention est utilisé pour la stérilisation de l'eau. Pour cette utilisation, le dispositif comporte des moyens de fixation rapide 70 permettant de le raccorder le canal d'irradiation à un point de distribution du flux 80, tel qu'un robinet d'eau.

Les moyens de fixation rapide 70 comprennent des moyens de fixation par vissage ou par encliquetage, et comprennent de préférence un joint flexible adaptable sur le point de distribution du flux 80.

Comme illustré à la figure 6, le générateur d'énergie micro-onde 10a est disposé à distance de la cavité 20, et relié à la cavité par l'intermédiaire d'un câble coaxial 10b et d'une antenne 10c pour l'amener des micro-ondes dans la cavité 20.

Le dispositif illustré à la figure 6 permet notamment de traiter la dernière goutte sortant du point de distribution 80.

En référence aux figures 7 et 8, on a illustré un autre mode de réalisation selon l'invention.

Ce mode de réalisation est par exemple adapté au traitement d'un gaz. Plus spécifiquement, ce dispositif est par exemple adapté au traitement de l'air par irradiation.

Ce mode de réalisation permet par exemple d'émettre un rayonnement lumineux (par exemple à une longueur d'onde de 254 nm) sur un flux d'air pour le débarrasser de ses bactéries.

Dans ce mode de réalisation, les parois du canal d'irradiation 30 et de la cavité 20 sont confondues. En effet, il n'y a pas d'interaction entre les micro-ondes et l'air.

Le canal 20 est par exemple de forme cylindrique et de taille quelconque.

Le dispositif comprend une enceinte unique 40 associée à un aimant permanent 50 unique.

L'enceinte 40 est disposée à l'intérieur de la cavité 20, et comprend par exemple un plasma de mercure pour émettre un rayonnement à une longueur d'onde de 254 nm bactéricide.

L'entrée et la sortie du canal 30 sont fermées par un grillage électriquement conducteur pour éviter une irradiation micro-ondes vers l'extérieur de la cavité 20.

L'aimant permanent 50 disposé à l'intérieur de la cavité 20, ce qui permet d'augmenter la compacité du dispositif.

Le dispositif comprend des moyens de réflexions du rayonnement lumineux 60 sur la face interne de la paroi externe de la cavité 20.

En référence aux figures 9 et 10, on a illustré un autre mode de réalisation qui diffère du mode de réalisation illustré aux figures 7 et 8 en ce que dans ce mode de réalisation, l'aimant permanent 50 est disposé à l'intérieur de l'enceinte 40. Ceci permet d'éviter des zones d'ombre à l'intérieur de la cavité, et ainsi d'augmenter l'efficacité du dispositif de traitement selon l'invention.

En référence aux figures 11 et 12 qui sont des vues en coupe longitudinale et transversale, on a illustré un autre mode de réalisation du dispositif selon l'invention.

Une application de ce mode de réalisation du dispositif selon l'invention est par exemple le traitement de l'air par photo-catatlyse, en utilisant par exemple un catalyseur de type Ti02 (dioxyde de titane) qui peut être déposé sur les faces internes de la cavité 20 ou sur un support autre.

D'autres types de catalyseur connus de l'homme du métier peuvent être utilisés.

Ce mode de réalisation du dispositif selon l'invention diffère du mode de réalisation illustré aux figures 7 à 10 en ce qu'il comprend une pluralité d'enceintes 40 et une pluralité d'aimants.

Chaque enceinte est de préférence tubulaires et contient par exemple un plasma d'azote (pour émettre un rayonnement d'UV-A et d'UV-B qui optimise le phénomène de catalyse TiO2).

La disposition (en fagot) et la forme des enceintes permettent de maximiser la surface de rayonnement et de contact entre l'air, le TiO2, et le rayonnement UV.

Les aimants permanents et les enceintes sont disposés à l'intérieur de la cavité et du canal d'irradiation (les parois du canal et de la cavité étant confondues dans ce mode de réalisation).

Chaque aimant permanent 50 est associé à au moins une enceintes 40. Ceci permet d'augmenter encore la compacité du dispositif selon l'invention.

Sur la figure 13, on a représenté un ensemble comprenant quatre dispositifs D1, D2, D3, D4 selon l'invention. On peut ainsi irradier le flux circulant dans des canaux d'irradiation 30, 30', 30'' avec des

rayonnements lumineux différents, c'est-à-dire avec des rayonnements lumineux ayant des spectres ou des intensités différentes.

Une unité de contrôle 18 permet également de réaliser une modulation de la puissance P des micro-ondes injectées dans l'enceinte, par exemple sous forme d'impulsions de forme et de fréquence quelconques.

Ces impulsions sont de préférence, rectangulaires comme représenté à la figure 14. Les trois courbes P1, P2, P3 correspondent à une même puissance moyenne Pmn, et ainsi, à une même intensité lumineuse moyenne.

En effet, selon la courbe P1, une puissance continue est injectée dans l'enceinte. La puissance continue P1 est égale à la puissance moyenne Pmn. La puissance moyenne Pmn injectée est, de préférence, comprise entre 10 et 1000 Watts. La courbe P2 représente des impulsions rectangulaires ayant une puissance maximale Pmax2, par exemple avec une fréquence de 50 Hz, et ayant un rapport cyclique tel que la puissance moyenne Pmn injectée dans l'enceinte est la même que celle de la courbe P1. La courbe P3 présente une fréquence deux fois plus faible que celle de la courbe P2 (dans l'exemple 50 Hz) et une puissance maximale Pmax3 des impulsions rectangulaires deux fois supérieure à celle de la courbe P2.

Ainsi, la puissance moyenne Pmn des courbes P1, P2, P3 est effectivement égale. Cependant, les puissances maximales des courbes P1, P2, P3 étant différentes, les courbes P1, P2, et P3 correspondent à des spectres de lumière différents.

Selon un procédé d'utilisation d'au moins un dispositif selon l'invention, présentant un spectre de lumière et une intensité prédéterminés, le spectre est contrôlé par la puissance maximale des micro-ondes dans l'enceinte et l'intensité est contrôlé par la puissance moyenne des micro-ondes dans l'enceinte.

Lorsque plusieurs dispositifs élémentaires sont utilisés comme dans l'ensemble représenté à la figure 13, les spectres et les intensités des différents dispositifs D1, D2, D3, D4 peuvent être contrôlés par l'intermédiaire de la puissance maximale de la puissance moyenne

temporelle des micro-ondes injectées dans les enceintes correspondant aux dispositif D1, D2, D3, D4.

Le dispositif selon l'invention fournit un rayonnement dans le spectre visible et dans le spectre UV, correspondant à des raies d'émissions des atomes et des ions du gaz. La raie 254 nm de l'atome de mercure non ionisé peut être obtenue avec de faibles puissances maximales. Une lumière de longueur d'onde égale à 254 nm présente des effets photo-biologiques, en particulier un effet germicide.

Lorsque la puissance micro-onde injectée est augmentée, on peut également obtenir des raies d'émission des atomes ionisés ayant des longueurs d'onde inférieures à 200 nm, par exemple les raies du mercure ionisé une fois, ayant des longueurs d'onde de 164,9 nm et 194,2 nm. Une lumière avec ces longueurs d'ondes présente des effets photochimiques et permet, par exemple, de générer des radicaux libres hydroxyles par irradiation avec une brillance de l'ordre de 120 mJ/cm² pour une seule longueur d'onde donnée.

Ainsi, en passant d'une modulation de puissance comme celle représentée par la courbe P2, sur la figure 14, à une modulation de puissance comme celle illustrée par la courbe P3, sur la figure 14, il est possible de basculer d'un spectre dominé par la raie 254 nm à un spectre présentant également une forte émission à des longueurs d'ondes inférieures à 200 nm. Le choix du gaz et de la pression et/ou de la température dans l'enceinte permet d'adapter le spectre du dispositif à son utilisation, notamment au régime ultraviolet souhaité.

Par ailleurs, une lumière ultraviolette de 195 nm permet, de manière connue, de générer de l'ozone, tandis qu'une lumière ultraviolette de 254 nm permet de supprimer l'ozone. Ainsi, on peut envisager un système fluidique, par exemple un circuit d'eau désinfecté par de l'ozone, comportant un premier dispositif selon l'invention pour générer de l'ozone et un second dispositif selon l'invention, disposé en aval du premier dispositif (selon le sens de circulation SCF du flux), pour supprimer l'ozone afin que l'ozone ne sorte pas de l'ensemble. Seule la portion de l'ensemble disposé entre les deux dispositifs comporte alors de l'ozone, sans présenter un danger pour l'utilisateur.

Le lecteur appréciera que de nombreuses modifications peuvent être apportées au dispositif décrit précédemment sans sortir matériellement des enseignements donnés ici à l'homme du métier.

Par exemple, dans des modes de réalisation, l'enceinte contenant le plasma et la cavité sont disposées à l'intérieur du canal. Par ailleurs, le nombre d'enceintes, de cavités, de canal, et/ou d'aimants permanents peuvent varier en fonction des applications. Enfin, dans certains modes de réalisation, le dispositif peut comprendre des aimants permanents disposés à l'intérieur et à l'extérieur de la cavité, en proximité immédiate d'au moins une enceinte.

EXEMPLE DE MISE EN OEUVRE

L'exemple de mise en œuvre présenté ci-dessous se réfère à la figure 1.

Dans cet exemple, le flux à traiter est de l'eau.

Le dispositif comprend un canal d'irradiation en quartz (pour être transparent aux UV, de forme tubulaire, de diamètre égal à 20 millimètres et de longueur égale à 90 millimètres, soit un volume de 30 centimètres cube pour le canal).

Le dispositif comprend également une enceinte en quartz, de forme annulaire, de diamètre externe égal à 60 millimètres disposée dans une cavité métallique (par exemple en aluminium sur les parois distales 22, et en grillage électriquement conducteur sur la paroi proximale 21), également annulaire, de diamètre externe égal à 90 millimètres et de longueur 110 millimètres, et des aimants permanent dans la cavité disposés en croix en vue de dessus autour en en contact avec l'enceinte (pour respecter le critère de proximité immédiate).

Pour un débit de 4 litres/heure, l'eau reste environ 450 ms dans le canal d'irradiation.

Pour une puissance micro-onde de 30 Watts, l'enceinte remplie d'un plasma de mercure génère un rayonnement d'environ 10 Watts d'UV à 254 nanomètres.

Ce rayonnement permet de réduire par 10 000 000 (log 7) le nombre de bactéries (par exemple la bactérie E.coli).

L'invention permet par conséquent l'obtention d'un système très compact puisque l'encombrement total du dispositif, qui correspond à l'encombrement de la cavité dans ce mode de réalisation, est égal à 0,7 litre. Un tel dispositif peut être placé à l'extrémité d'un robinet tel qu'illustré 6.

REVENDICATIONS

1. Dispositif pour le traitement d'un flux par un rayonnement lumineux, le dispositif comprenant :
   - des moyens de génération de micro-ondes (10a, 10b, 10c),
   - au moins une cavité micro-ondes (20) comprenant des parois étanches aux micro-ondes pour confiner les micro-ondes,
   - au moins un canal d'irradiation (30) dans lequel circule le flux à traiter,
   - au moins une enceinte (40) contenant un plasma, située à l'intérieure de la cavité micro-ondes,
   - des moyens de génération d'un champ magnétique (50),

   enceinte(s), cavité(s), et moyens de génération du champ magnétique et des micro-ondes étant agencés de manière à générer une résonance cyclotronique d'électrons à l'intérieur de(s) l'enceinte(s) pour émettre un rayonnement lumineux permettant l'irradiation du fluide à traiter,
   caractérisé en ce que
   les moyens de génération du champs magnétique sont constitués par au moins un aimant permanent et en ce que chaque enceinte est disposée à proximité immédiate d'au moins un aimant.

2. Dispositif selon la revendication précédente, caractérisé en ce que chaque cavité (20) s'inscrit dans un volume, au moins une des dimensions caractéristiques (hauteur, longueur, largeur) du plus petit volume dans lequel s'inscrit la cavité micro-ondes (20) étant inférieure à 25 centimètres.

3. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'aimant permanent est disposé à l'intérieur de la cavité micro-ondes (20).

4. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le canal (30) est disposé à l'intérieur de la cavité (20).

5. Dispositif selon la revendication précédente, caractérisé en ce que les parois formant la cavité (20) et les parois formant le canal (30) sont confondues.

6. Dispositif selon l'une des deux revendications précédentes, caractérisé en ce que le dispositif comprend une pluralité de d'enceintes (40) et une pluralité d'aimants permanents.

7. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le dispositif comprend une ou plusieurs cavités (20) disposées de manière à englober le canal (30), les parois de(s) la cavité(s) en regard du canal étant transparentes au rayonnement lumineux.

8. Dispositif selon la revendication précédente, caractérisé en ce que le dispositif comprend une cavité (20) englobant le canal (30).

9. Dispositif selon la revendication précédente, caractérisé en ce que le canal (30) est de forme tubulaire, et la cavité (20) est de forme annulaire.

10. Dispositif selon la revendication précédente, caractérisé en ce que le dispositif comprend une enceinte (40) unique de forme annulaire.

11. Dispositif selon l'une des revendications 7 à 9, caractérisé en ce que le dispositif comprend une pluralité d'enceintes (40) autour du canal (30).

12. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que chaque enceinte (40) est associée à un aimant permanent qui lui est propre.

13. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 11, caractérisé en ce que chaque aimant est associé à une pluralité d'enceintes (40).

14. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 11, caractérisé en ce que chaque enceinte (40) est associée à une pluralité d'aimants permanents.

15. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le dispositif comprend des moyens de réflexion du rayonnement lumineux (60) agencés de manière à diriger le rayonnement lumineux vers le flux à traiter.

16. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la paroi externe de la cavité (20) est opaque au rayonnement lumineux.

17. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que les moyens de génération de micro-ondes comprennent un générateur d'énergie micro-onde (10a) et un guide d'onde, le guide d'onde étant disposé entre le générateur et la cavité pour guider les micro-ondes générées par le générateur vers la cavité.

18. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 16, caractérisé en ce que les moyens de génération de micro-ondes comprennent un générateur d'énergie micro-onde (10a), au moins un câble coaxial (10b), et au moins une antenne (10c), le (ou les) câble(s) étant disposé(s) entre le générateur et la cavité, la (ou les) antenne(s) étant disposé(es) à l'intérieur de la (ou des) cavité(s).

19. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que chaque cavité (20) est associée à une antenne (10c) unique.

20. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le dispositif comporte des moyens d'asservissement (18), à une intensité lumineuse de consigne, de la puissance micro-onde, et/ou de la pression du gaz et/ou de la température du dispositif.

21. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le dispositif comprend des moyens de modulation de la puissance des micro-ondes dans l'enceinte.

22. Dispositif selon la revendication précédente, caractérisé en ce que les moyens de modulation de la puissance génèrent des impulsions.

23. Procédé pour le traitement d'un flux par un rayonnement lumineux en utilisant un dispositif selon l'une des deux revendications précédentes, le rayonnement lumineux présentant un spectre de lumière et une intensité prédéterminés, caractérisé en ce que le procédé comprend une étape de contrôle du spectre en fonction de la puissance moyenne temporelle des micro-ondes dans l'enceinte et de la puissance maximum des micro-ondes dans l'enceinte.

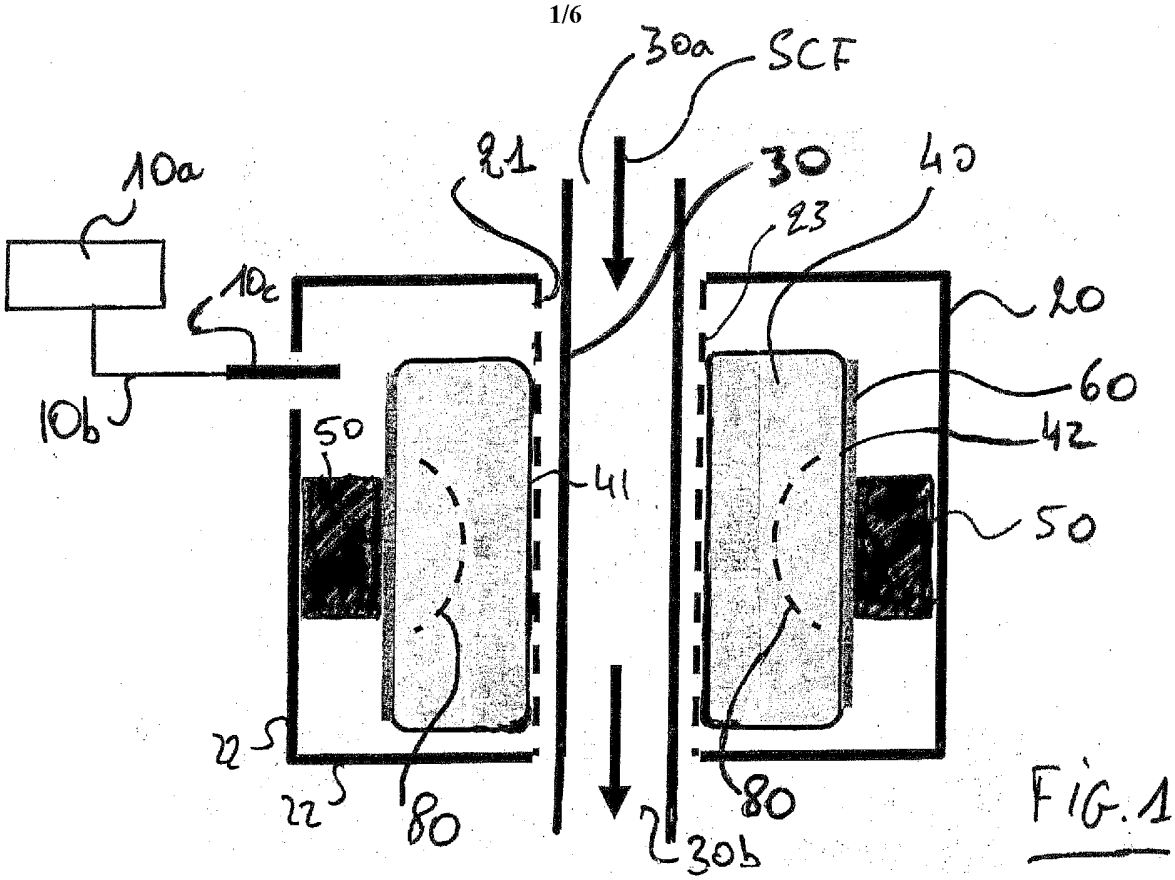

30a
SCF
21
30
40
23
10a
10c
20
60
10b
50
42
41
50
22
22
80
80
30b

FIG. 1

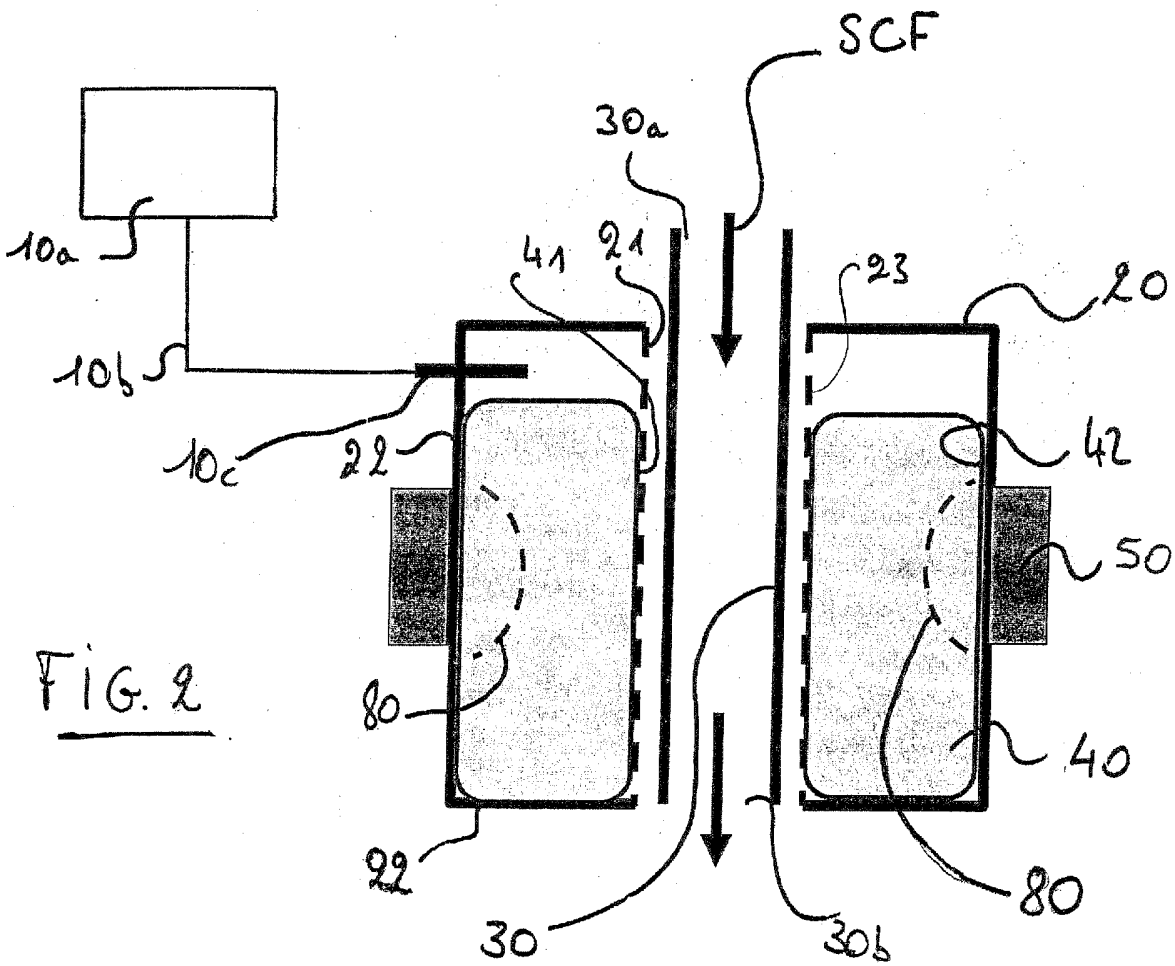

SCF
30a
10a
41
21
23
20
10b
42
10c
22
50
80
40
22
80
30
30b

FIG. 2

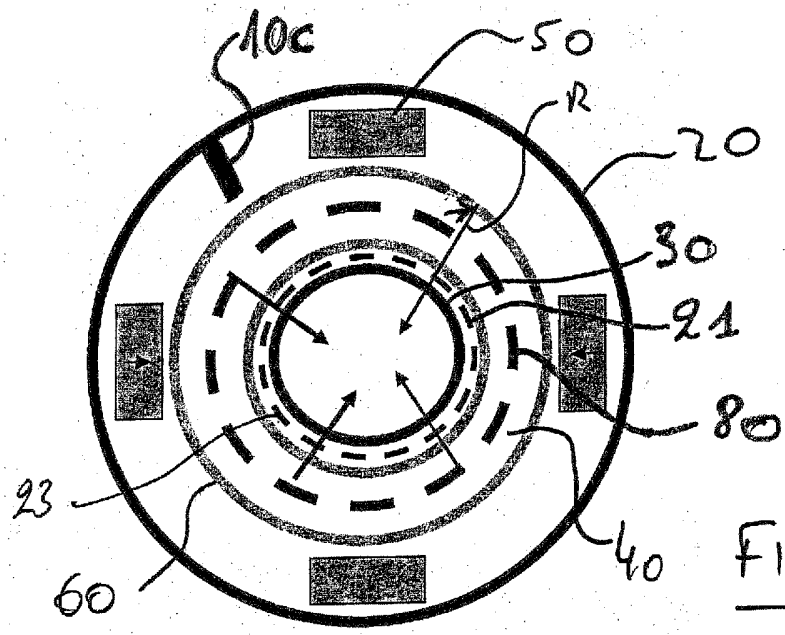


FIG. 3

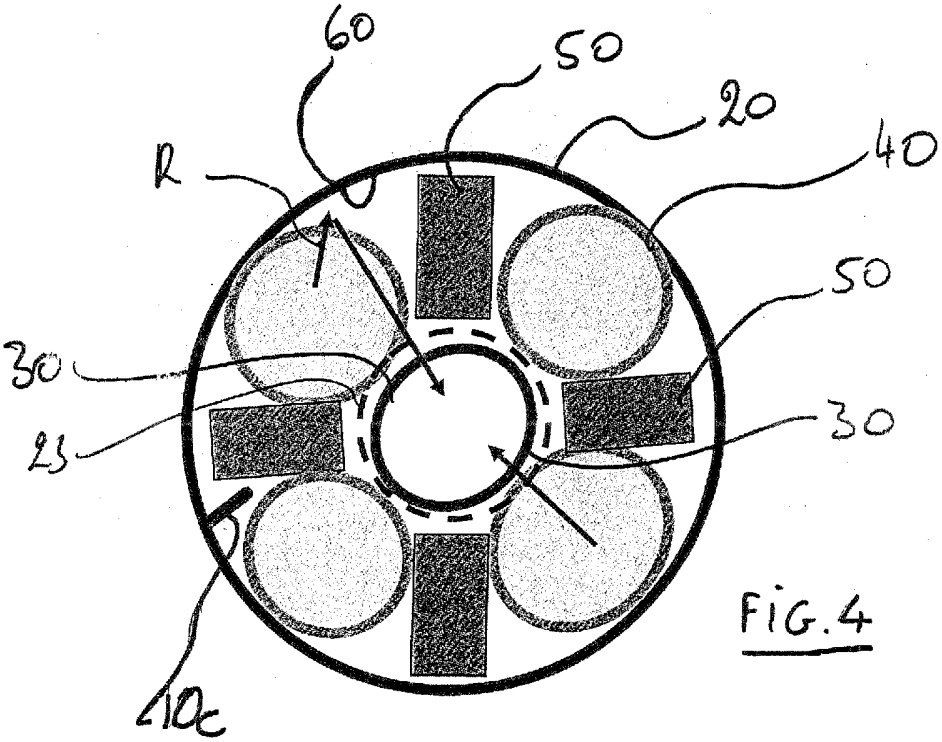


FIG. 4

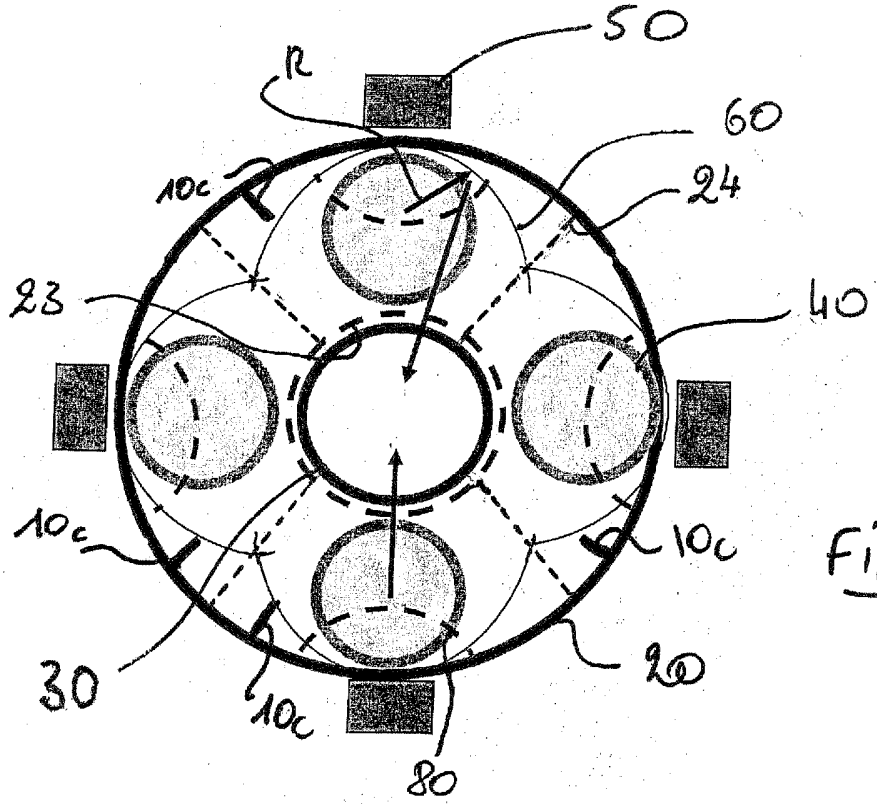


Fig.5

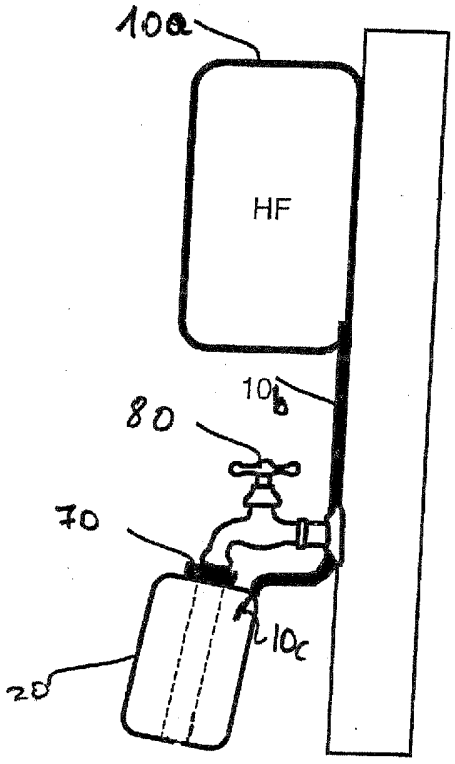


Fig.6

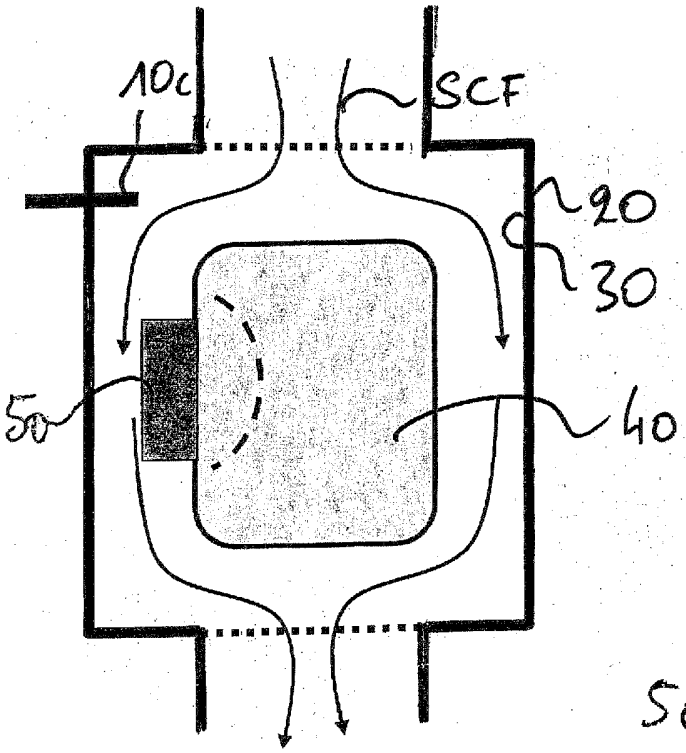


FIG. 7

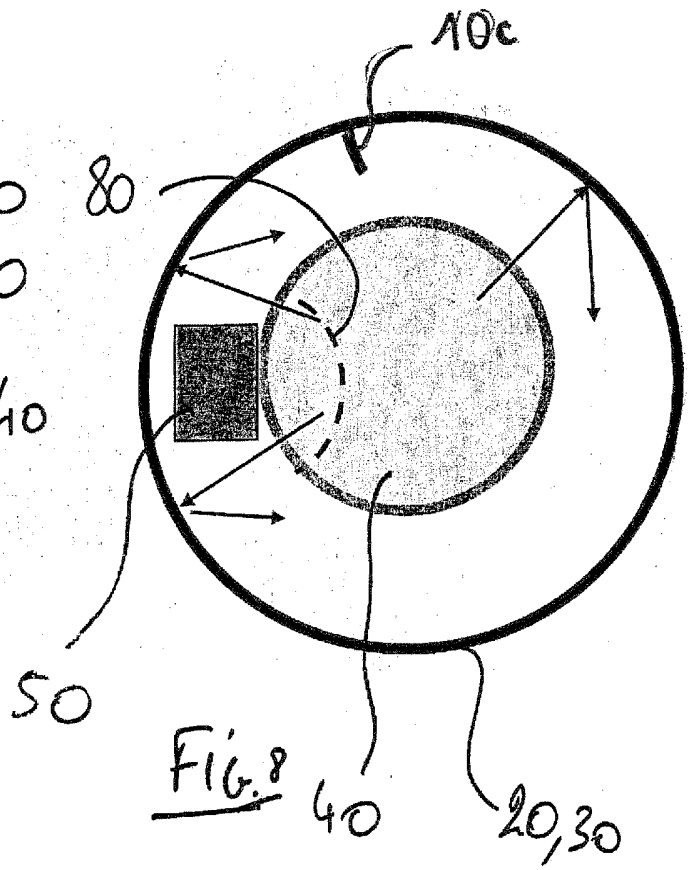


FIG. 8

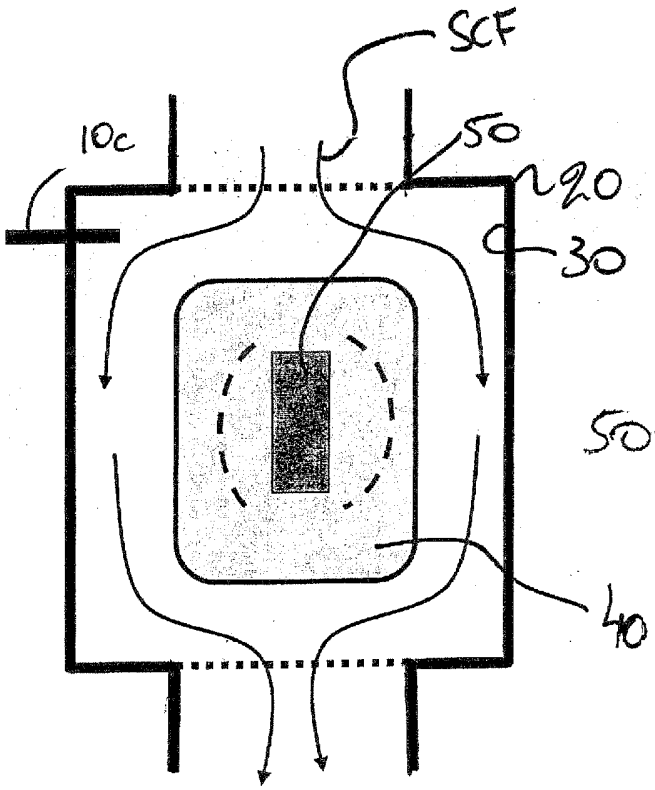


FIG. 9

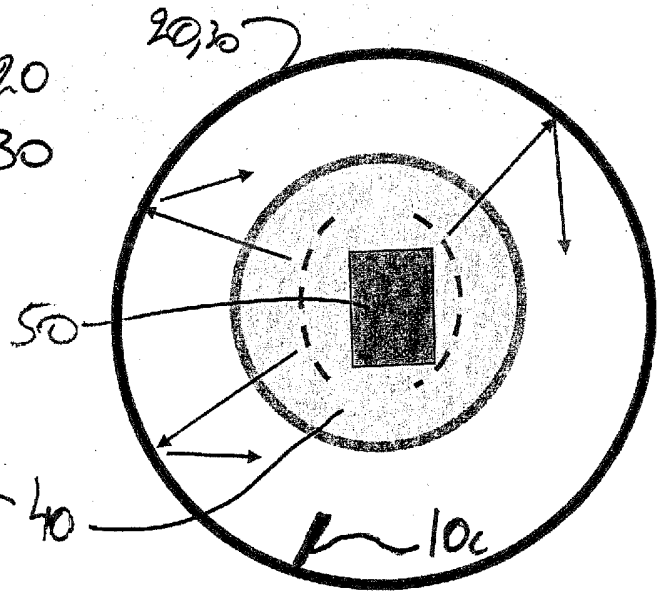


FIG. 10

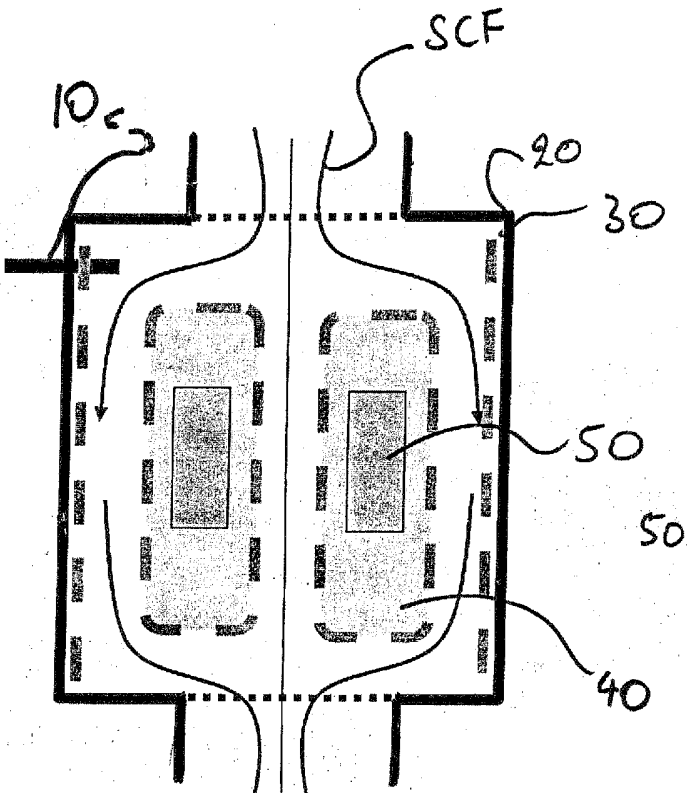


FIG. 11

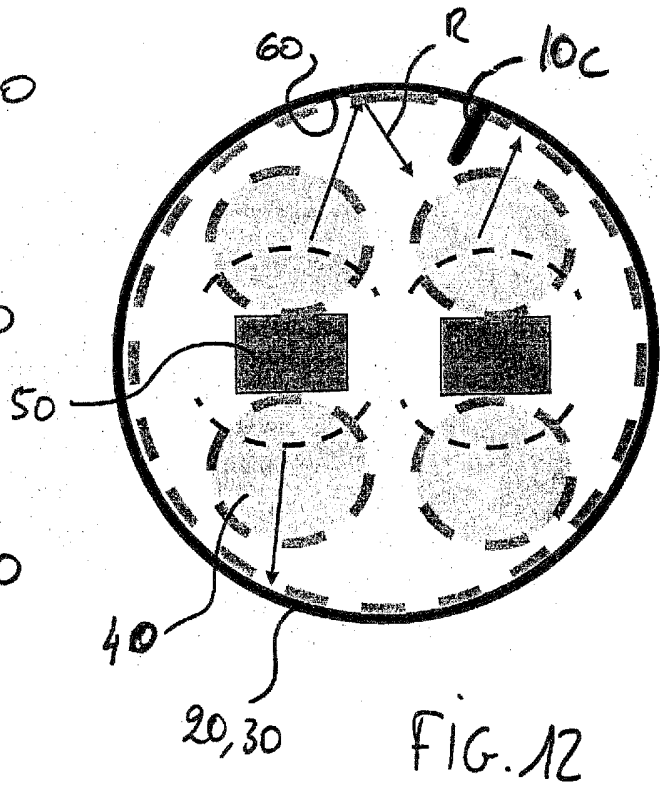


FIG. 12

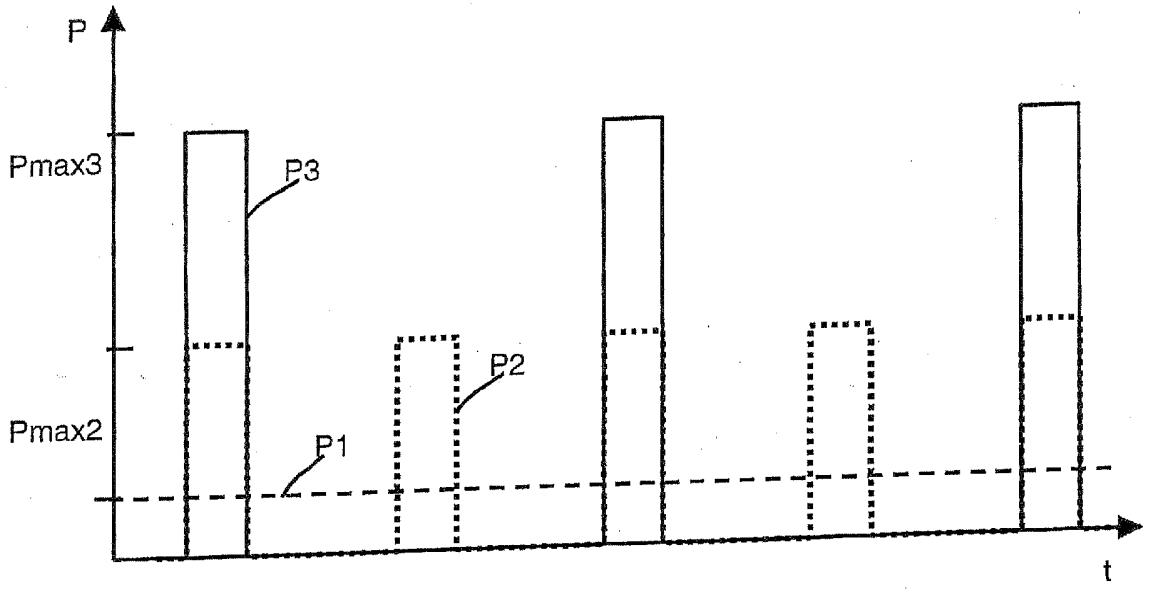

P
Pmax3
P3
P2
Pmax2
P1
t

FIG.14

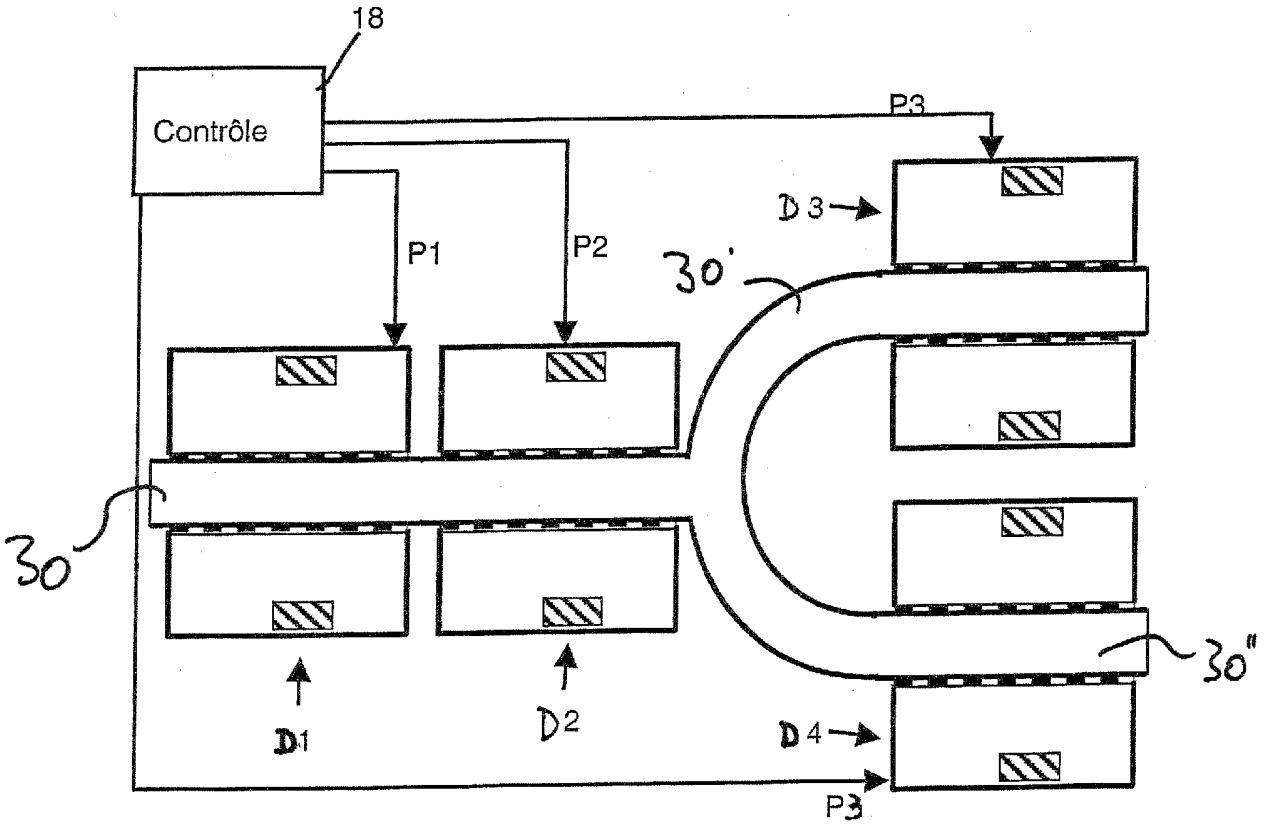

18
Contrôle
P3
P1
P2
D3
30'
30
30"
D1
D2
D4
P3

FIG.13