

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication :
(A n'utiliser que pour les
commandes de reproduction).

2 478 322

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21) **N° 80 05625**

(54) Cellule de mesure pour la surveillance en continu de la concentration du tritium dans l'eau utilisant des billes scintillatrices en quartz dopé.

(51) Classification internationale (Int. Cl. 3). G 01 T 1/202, 1/20.

(22) Date de dépôt..... 13 mars 1980.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée :

(41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande B.O.P.I. — « Listes » n° 38 du 18-9-1981.

(71) Déposant : COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE, résidant en France.

(72) Invention de : Solange Descours et Louis Micheletti.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Brevatome,
25, rue de Ponthieu, 75008 Paris.

L'invention concerne une cellule de mesure pour la surveillance en continu de la concentration du tritium dans l'eau par détection de son rayonnement β avec une sensibilité de mesure inférieure à la "concentration maximale admissible" en tritium dans l'eau pour la population (CMap).

Les difficultés d'une telle mesure proviennent de la faible énergie du rayonnement β émis, de sorte que le parcours de ce rayonnement dans l'eau est de l'ordre du micron. En conséquence, seuls les rayonnements émis à cette distance peuvent atteindre le matériau scintillateur. Il est donc nécessaire d'augmenter la surface de contact entre le fluide et le matériau scintillateur. A cette fin, le dispositif de surveillance selon l'invention comporte une cellule de mesure formée par une chambre cylindrique contenant un grand nombre de billes scintillatrices de faible diamètre et dans laquelle circule l'eau à contrôler.

Différentes méthodes de mesure avec des scintillateurs liquides ou plastiques ont déjà été utilisées ; on connaît notamment :

- le mélange intime d'un scintillateur liquide avec un prélèvement de l'eau tritiée à analyser. Cette méthode de mesure présente effectivement une surface de contact maximale, mais n'autorise pas une mesure systématique en continu,
- les scintillateurs solides plastiques utilisés sous différentes formes géométriques (feuilles, bâtonnets, copeaux), mais la limite de sensibilité des cellules utilisant de tels scintillateurs ne permet pas de mesurer une activité spécifique correspondant à moins d'un CMap en tritium.

Le dispositif selon l'invention utilise des billes scintillatrices et des hublots en quartz qui, par leur rendement élevé, permettent de mesurer moins de $\frac{1}{10}$ de CMap en tritium.

Plus précisément, le dispositif de surveillance selon l'invention, qui comprend une cellule de mesure, deux photomultiplicateurs situés en regard des hublots en quartz, une protection de plomb du scintillateur et des 5 photomultiplicateurs contre les rayonnements extérieurs ambients et contre la lumière, des circuits hydrauliques assurant la filtration et la circulation de l'eau dans la cellule, et une chaîne de mesure de l'activité des contaminants dans l'eau, se caractérise en ce que la cellule de 10 mesure comprend :

- une chambre cylindrique, fermée par deux hublots en quartz dopé, et comportant une entrée et une sortie pour l'eau à contrôler, des grilles à maillage fin étant disposées sur l'entrée et sur la sortie du fluide,
- 15 - des billes scintillatrices en quartz dopé de faible diamètre dans la chambre.

Les billes scintillatrices sont des billes de quartz d'un diamètre inférieur à 1 mm.

De préférence, la paroi de la chambre comporte, 20 du côté de l'alimentation en eau, une gorge s'étendant sur un angle légèrement inférieur à 180°, de façon à répartir le liquide d'une façon uniforme à l'intérieur du volume occupé par les billes. Cette disposition permet d'éviter 25 la formation de chemins préférentiels dans la chambre. De cette manière, le fluide contaminé circule autour du maximum de billes pour réaliser la plus grande surface possible de contact.

Deux photomultiplicateurs situés de part et d'autre de la cellule détectent les photons émis et délivrent un signal sous forme d'impulsions électriques. Ces 30 impulsions, après amplification, discrimination du bruit de fond, sommation et coïncidence sont séparées suivant deux classes d'énergie : l'une inférieure à un seuil de discrimination réglable en fonction des radioéléments présents dans l'eau, comptabilise l'essentiel des impulsions 35 dues au rayonnement β du tritium ; l'autre classe d'énergie

gie, supérieure au seuil de discrimination, totalise les autres impulsions.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront mieux après la description qui suit,
 5 d'exemples de réalisation donnés à titre explicatif et nullement limitatif, en référence aux dessins sur lesquels :

- la figure 1 représente une vue schématique du dispositif de surveillance selon l'invention,
- 10 - la figure 2 représente une vue, en coupe, du détail de la chambre cylindrique de la cellule,
- la figure 3 représente une vue, en coupe, selon la ligne III-III de la figure 2,
- la figure 4 représente un synoptique de la
- 15 partie électronique de dispositif de surveillance selon l'invention.

On a représenté sur la figure 1, une vue schématique du dispositif de surveillance selon l'invention. On a désigné par la référence 2 la cellule de mesure. Cette
 20 cellule 2 est raccordée à un circuit hydraulique assurant la circulation de l'eau dans celle-ci. Ce circuit hydraulique comprend deux électrovannes 4 et 6 de sélection du prélèvement. L'électrovanne 4 est branchée sur le circuit à surveiller. Elle est ouverte au cours du fonctionnement
 25 normal du dispositif de surveillance. L'électrovanne 6 est utilisée pour l'étalonnage du dispositif de mesure. Afin de contrôler la sensibilité de l'appareil, on branche le circuit de prélèvement sur un réservoir d'eau tritiée d'activité connue.

30 L'eau dont on désire surveiller la concentration en tritium est amenée par une canalisation 8 jusqu'à une pompe 10, par exemple une pompe à engrenage. Le circuit hydraulique comporte encore deux vannes 12 et 14 à commande manuelle qui permettent de régler le débit grâce à la
 35 dérivation 13, un manomètre 16 de contrôle de la pression à la sortie de la pompe, et un manomètre 17 de contrôle du

colmatage du dispositif de filtrage, un ensemble de filtration comprenant un préfiltre 18, à membrane de porosité 0,5¹, un filtre défériseur 20, et un filtre à ions d'argent 22. Une canalisation 24 amène l'eau filtrée jusqu'à 5 la cellule de mesure 2. Un volume-tampon 26 avec mise à l'air libre, raccordé au circuit par l'électrovanne 28, sert à la détente du circuit et permet de vider la cellule 2 par siphonnage. Un débitmètre 30 permet de mesurer le débit instantané de la cellule 2. Ce débitmètre est muni 10 d'un contact de défaut de débit minimum qui se ferme lorsque le débit de l'eau tombe en dessous d'une valeur donnée. Un compteur de débit 32 totalise la quantité d'eau passée dans la cellule de mesure. Enfin, le circuit hydraulique comporte deux électrovannes de retour circuit 34 15 et 36, et deux vannes de vidange 38 et 40.

On a représenté sur la figure 2, une vue de détail de la cellule de mesure 2. Elle comporte un panier 42, de forme extérieure parallélépipédique, qui délimite une chambre cylindrique 44. Deux raccords automatiques 46 20 et 48 raccordés sur le circuit hydraulique assurent la circulation de l'eau dont on veut mesurer la concentration en tritium à l'intérieur de la cellule 2. L'entrée du fluide s'effectue par le raccord 46, et sa sortie par le raccord 48. La circulation s'effectue ainsi de bas en 25 haut, ce qui évite tout emprisonnement de bulles d'air. L'étanchéité entre les raccords 46 et 48 et le reste du circuit est assurée par des joints toriques (non représentés).

Comme on peut le voir sur la figure 3, qui 30 présente une vue en coupe selon la ligne III-III de la cellule de mesure représentée sur la figure 2, la chambre 44 est fermée par deux hublots 54 en quartz dopé. La chambre 44 contient des billes scintillantes 56. Le diamètre de ces billes est inférieur à 1 mm, Elles occupent un volume de 60 cm³. 35

Ces billes sont en quartz, dopé au cérium, et renfermant des traces de titane et d'alumine.

Ce matériau est un excellent scintillateur sensible aux rayons β de faible énergie comme ceux du tritium.

5 Avec ces billes, on a pu obtenir un rapport signal/bruit $\frac{S}{b} > 50$ pour une CMA, c'est-à-dire pour une concentration en tritium égale à la concentration maximale admissible.

La sensibilité est ainsi au moins 10 fois supérieure à celle obtenue avec des billes en matière plastique.

10 De plus, les billes en quartz peuvent être facilement régénérées par nettoyage. En effet, l'inertie chimique de ce matériau permet l'utilisation d'acides concentrés qui sont des agents de nettoyage efficaces.

15 Deux grilles à maillage fin, une grille inférieure 50 et une grille supérieure 52, en acier inoxydable, maintiennent les billes scintillantes 56 dans la chambre 44. Le maillage des grilles 50 et 52 est de 16 μ .

20 On a pratiqué à l'intérieur de la chambre 44, du côté de l'entrée du fluide une gorge qui s'étend sur un angle au centre, légèrement inférieur à 180°. La gorge 60 a pour fonction de répartir le liquide de façon uniforme à l'intérieur du volume occupé par les billes 56. Il est en effet impératif d'éviter la formation de chemins préférentiels de façon que le fluide chargé de la contamination radioactive circule autour du maximum de billes 56 pour réaliser la plus grande surface possible de contact. Ainsi, dans l'exemple de réalisation décrit, cet angle est de 150°.

30 D'une manière identique, du côté de la sortie du fluide, on a réalisé une gorge 62 qui facilite la sortie de l'eau hors de la chambre.

35 Des essais par injection d'un colorant dans de l'eau en amont de la cellule ont permis de mesurer l'homogénéité de la coloration sur toute la surface. Le temps de coloration uniforme du panier est de 6 secondes pour un

débit de 20 l/h. Ce temps de coloration de 6 secondes représente ainsi le temps de réponse de la cellule.

5 Deux photomultiplicateurs 64 à fenêtres de quartz et à bas bruit de fond sont situés de part et d'autre de la cellule 2 contre les hublots en quartz dopé 54.

10 Une protection de plomb contre les rayonnements extérieurs ambients entoure la cellule et les deux photomultiplicateurs et se présente sous la forme de deux coquilles semi-sphériques 65 entourant le panier 42 et prolongées par deux cylindres enveloppant les photomultiplicateurs. Ces protections sont montées sur deux barreaux cylindriques par l'intermédiaire de douilles coulissantes.

15 On accède à la cellule en écartant les deux coquilles 65. La commande de ces coquilles s'effectue à l'aide d'un volant commandé manuellement. Cette protection assure également l'étanchéité à la lumière du scintillateur et des photomultiplicateurs.

20 La cellule 2 comporte trois modes de fonctionnement : l'analyse, l'étalonnage et la vidange.

25 L'analyse correspond au fonctionnement normal de la cellule de mesure. Le circuit hydraulique est alors branché directement par l'électrovanne 4 sur le circuit à surveiller. Les électrovannes 4 et 34 sont ouvertes, tandis que les électrovannes 6, 28, 36 sont fermées.

30 L'étalonnage permet de contrôler la sensibilité de l'appareil en le branchant par l'intermédiaire de l'électrovanne 6 sur un réservoir d'eau tritée d'activité connue. Les électrovannes 6 et 36 sont alors ouvertes, tandis que les électrovannes 4, 28, 34, sont fermées.

35 La vidange a lieu après chaque opération d'étalonnage ou avant d'effectuer un changement de cellule. Elle consiste à vider tous les circuits hydrauliques. Les électrovannes 4, 6, 34 sont fermées et les électrovannes 28 et 36 sont ouvertes.

Le fonctionnement du circuit hydraulique est le suivant.

Les vannes de réglage 12 et 14 assurent grâce à la dérivation 13 dans la cellule 2 un débit compris entre 5 et 50 litres par heure tout en conservant un débit de prélèvement constant de 80 l/h environ. Ce dispositif permet de diminuer le temps de réponse entraîné par les volumes morts dus aux tuyauteries de prélèvement, dont la longueur et le diamètre sont importants.

Le débit de mesure est fixé à 20 l/h. La pression dans le circuit est comprise entre 1 et 5 bar.

Les filtres 18, 20 et 22 permettent d'éviter une pollution chimique rapide des billes scintillantes 56, pollution qui aurait pour conséquence une perte de sensibilité à l'activité. On a constaté une perte de sensibilité du scintillateur de 10% seulement après un passage de 30 m³ d'eau.

Le manomètre 17, le débitmètre 30 et le compteur de débit 32 permettent de contrôler le colmatage des filtres 18, 20 et 22 et de changer ainsi les cartouches de ces filtres en fonction de la qualité de l'eau de prélèvement.

Le volume total du circuit hydraulique est de 6 l, dont 3,8 l pour les filtres.

On a représenté sur la figure 4 un synoptique de la partie électronique du dispositif de surveillance selon l'invention.

La chaîne de mesure est constituée par les appareils qui reçoivent le signal du détecteur qui le transforment et l'amplifient. Cette chaîne comprend le scintillateur constitué par les billes 56, les hublots 54 et les photomultiplicateurs 64 disposés de chaque côté de la cellule 2. Un amplificateur-discriminateur 66 assure l'alimentation en haute tension stabilisée, l'amplification et la discrimination du bruit de fond des signaux issus des deux photomultiplicateurs 64. Les signaux amplifiés issus de l'amplificateur 66 sont introduits dans un tiroir de coïncidence 68. Ce circuit ne délivre un signal de sortie d'amplitude convenable que lorsque deux impulsions ont été

appliquées simultanément à l'entrée. Il permet en outre de séparer en deux classes d'énergie les impulsions issues des photomultiplicateurs 64. L'utilisateur peut en effet régler un seuil de discrimination ST en fonction de la 5 nature des radioéléments dont la présence dans l'eau que l'on désire contrôler est la plus probable. Une première voie de mesure dite "voie tritium" comptabilise les impulsions inférieures au seuil ST, dues essentiellement aux rayons β du tritium, ainsi qu'à une participation plus ou 10 moins importante des autres contaminants de l'eau. L'autre voie de mesure dite "voie de mesure globale" comptabilise les autres impulsions supérieures au seuil de discrimination ST. Ces impulsions sont dues en particulier aux autres contaminants radioactifs de l'eau, à un bruit de 15 fond d'origine nucléaire, cosmique ou provenant du rayonnement γ ambiant, et à un faible rayonnement du tritium.

En face avant, un commutateur à deux positions facilite les tests et les réglages en orientant sur une sortie les impulsions des voies V_1 et V_2 .

20 La chaîne de mesure comporte encore deux tiroirs ictomètres 70, qui indiquent la fréquence moyenne des impulsions qui leurs sont appliquées. Ce sont deux ictomètres logarithmiques analogiques. Un galvanomètre gradué en coup par seconde de 0,1 à 10^5 coups par seconde permet 25 d'apprécier le taux de comptage de la sortie choisie. Une sortie enregistreur est en outre disponible.

Un tiroir de mise en forme 72 assure la mise en forme et l'isolement galvanique des impulsions fournies par le tiroir de coïncidence 68 et permet d'attaquer soit 30 des échelles de comptage, soit des organes centralisés et informatisés.

En 71, on a indiqué l'alarme tritium, qui se déclenche lorsqu'un seuil prédéterminé est dépassé.

Un tiroir de servitude 74 comporte des relais de 35 découplage qui permettent de tester la chaîne de mesure à l'aide d'un générateur d'impulsions extérieures. Ce tiroir

de servitude permet également de s'assurer du bon fonctionnement de l'appareil. Il signale en particulier un débit insuffisant d'eau dans le circuit de mesure, un affichage défectueux d'un tiroir électronique et une mauvaise 5 position du commutateur situé sur la face avant du tiroir de coïncidence tritium 68 qui permet de sélectionner la voie de mesure.

Une platine électrique 76 permet de commander l'ensemble de l'appareil. Elle assure en particulier la 10 succession des différentes phases de fonctionnement : analyse, étalonnage et vidange. Ces opérations, commandées par trois boutons poussoirs situés sur la face avant de l'appareil, peuvent être suivies sur un synoptique fonctionnel.

REVENDICATIONS

1. Dispositif pour la surveillance en continu de la concentration du tritium dans l'eau, comprenant une cellule de mesure (2), deux photomultiplicateurs (64) situés en regard des hublots en quartz (54), une protection 5 (65) de plomb du scintillateur (56) et des photomultiplicateurs (64) contre les rayonnements extérieurs ambients et contre la lumière, des circuits hydrauliques assurant la filtration et la circulation de l'eau dans la cellule (2), et une chaîne de mesure de l'activité des contaminateurs dans l'eau, caractérisé en ce que la cellule de mesure (2) comprend :

- un panier (42) délimitant une chambre cylindrique (44), fermée par deux hublots (54) en quartz dopé, et comportant une entrée (46) et une sortie (48) pour l'eau à 15 contrôler, des grilles (50, 52) à maillage fin étant disposées sur l'entrée et sur la sortie du fluide (46, 48),
- des billes scintillatrices en quartz dopé (56) de faible diamètre dans la chambre (44).

20 2. Dispositif de surveillance selon la revendication 1, caractérisé en ce que les billes de quartz (56) présentes dans la chambre (44) sont des billes de quartz, d'un diamètre inférieur à 1 mm.

25 3. Dispositif de surveillance selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que la paroi de la chambre cylindrique (44) comporte, du côté de l'alimentation (46) en eau, une gorge (60) s'étendant sur un angle légèrement inférieur à 180°, de manière à répartir l'eau de façon uniforme à l'intérieur du volume occupé 30 par les billes (56).

35 4. Dispositif de surveillance selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le circuit hydraulique comporte un préfiltre (18) à membrane, un filtre défériseur (20) et un filtre à ions d'argent (22).

1 / 3

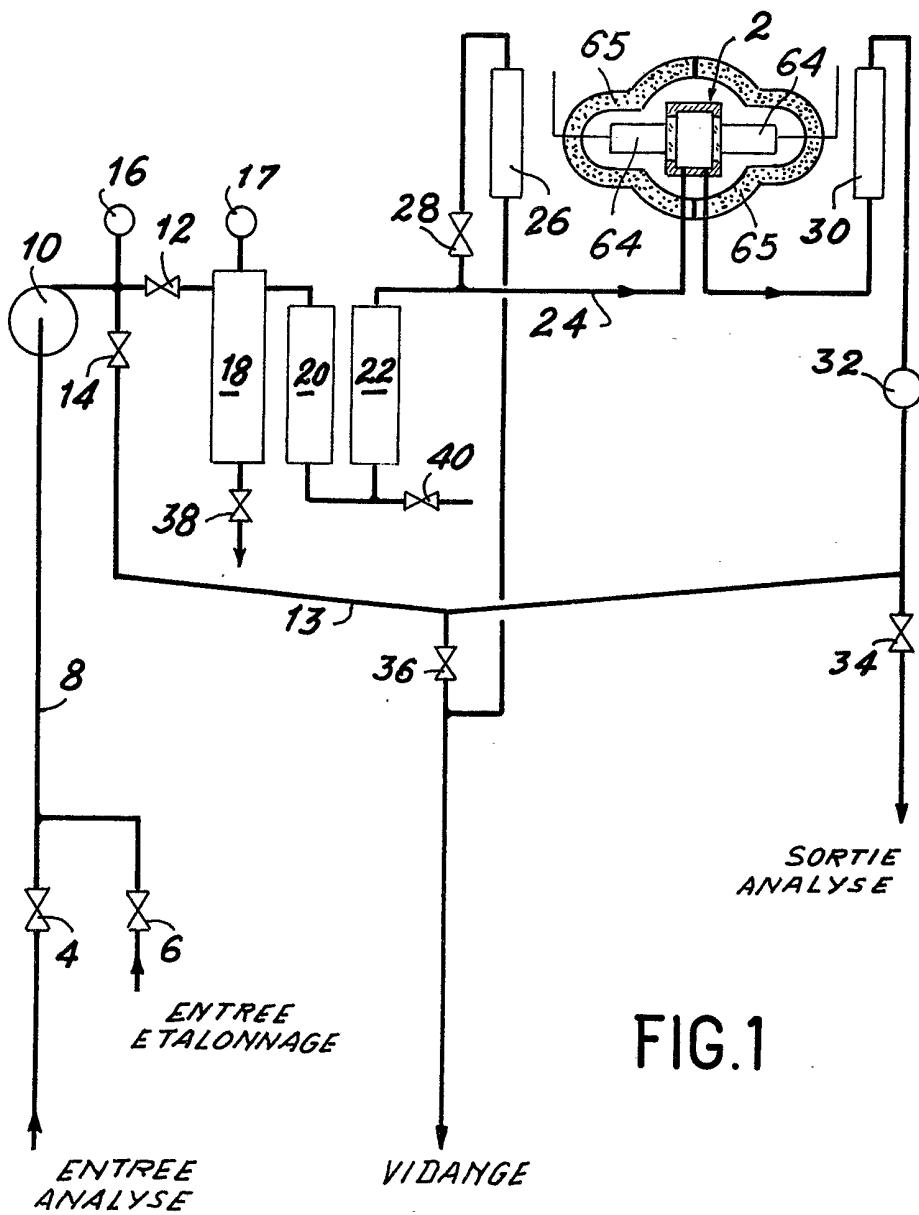
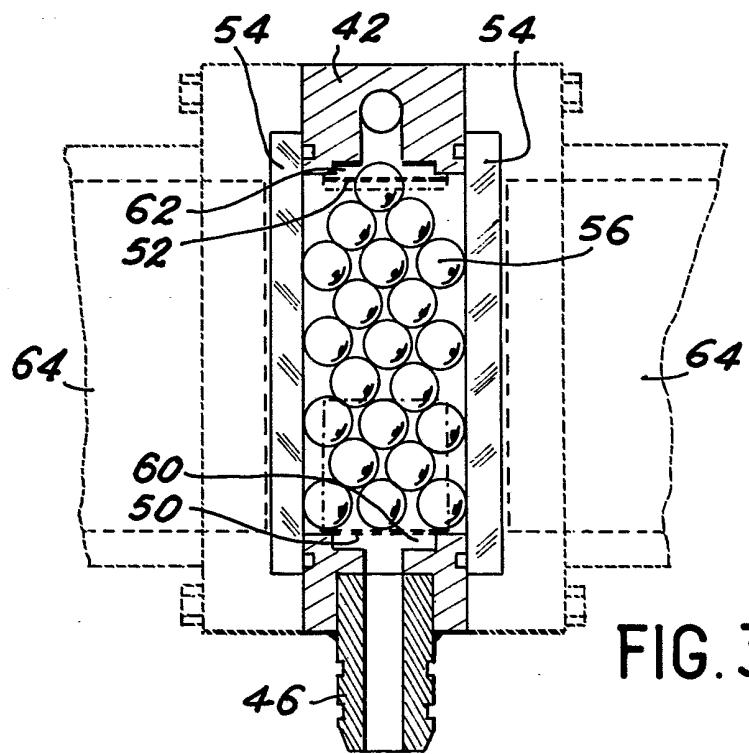
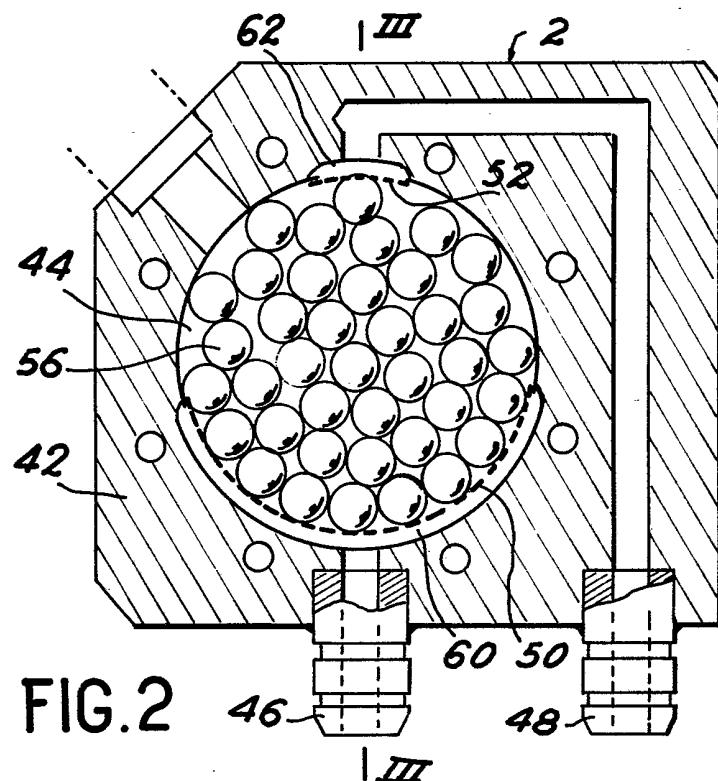


FIG.1

2 / 3



3 / 3

