

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(21) Numéro de dépôt: 78400033.3

(51) Int. Cl.²: H 01 J 23/06

(22) Date de dépôt: 23.06.78

(30) Priorité: 27.06.77 FR 7719620

(43) Date de publication de la demande:
10.01.79 Bulletin 79/1

(84) Etats contractants désignés:
DE GB NL

(71) Demandeur: COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE,
B.P. 510,
F-75752 Paris Cedex 15 (FR)

(72) Inventeur: Alirot, Jean-Louis,
406, rue Gourguillon F-63400,
Chamalières (FR)

(72) Inventeur: Le Gardeur, René,
41, rue des Eaux Claires,
F-38100 Grenoble (FR)

(74) Mandataire: Mongredien, André et al,
25, rue de Ponthieu,
F-75008 Paris (FR)

(54) Générateur de faisceau tubulaire d'électrons monocinétiques en orbites hélicoïdales.

(57) Générateur de faisceau tubulaire (9) d'électrons monocinétiques en orbites hélicoïdales (14) comprenant des bobines électriques (5,6,7) aptes à créer l'effet cyclotron par un champ magnétique statique variant progressivement et de façon continue selon l'axe (3) du générateur depuis une valeur B_1 dans la zone du canon (4) proprement dit, jusqu'à une valeur B_2 dans la zone de sortie rétrécie (II, III) du générateur en passant par une valeur intermédiaire B_2 dans la zone de raccordement convergente (II) entre ladite zone du canon et ladite zone de sortie, ainsi qu'une électrode correctrice (12) située de façon mobile selon l'axe (3) du générateur et portée à un potentiel électrique (V) différent de celui de l'anode d'extraction (8) dudit canon à électrons.

Application à l'injection d'électrons dans des cavités résonnantes aux hyperfréquences.

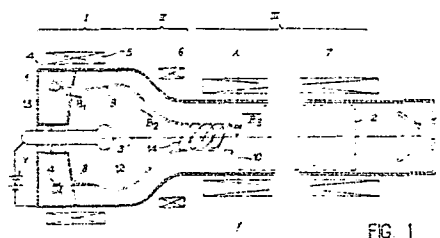


FIG. 1

EP 0 000 309 A1

La présente invention est relative aux techniques d'injection d'un faisceau d'électrons dans une cavité résonnante ou structure électromagnétique.

On utilise de façon connue dans la technique de production d'énergie sous forme électromagnétique à très haute fréquence, l'interaction entre un faisceau d'électrons et le champ électromagnétique d'une cavité ou structure résonnante. De façon plus précise, il est connu d'avoir recours pour ce faire à un faisceau annulaire d'électrons en liaison, essentiellement, avec la composante azimutale du champ électrique d'une cavité ou structure électromagnétique en mode résonnant. Par faisceau annulaire, on désignera dans la suite du texte tout faisceau dont la section droite est une couronne comprise entre deux circonférences concentriques. Il est en tous cas très important, dans ce genre de dispositif de production d'énergie, de pouvoir disposer d'un faisceau d'électrons monocinétiques à la sortie de l'injecteur si l'on veut obtenir des rendements élevés de puissance hyperfréquence.

La présente invention a précisément pour objet un injecteur d'un faisceau tubulaire d'électrons monocinétiques en orbites hélicoïdales d'une réalisation simple et qui permet, par un réglage très facile, d'obtenir à volonté des faisceaux annulaires d'électrons monocinétiques dont l'épaisseur est variable à volonté dans des proportions importantes et dont l'angle d'inclinaison des trajectoires hélicoïdales de chaque électron par rapport à l'axe de l'hélice correspondante peut atteindre des valeurs élevées.

Cet injecteur est du genre de ceux qui comportent dans une enceinte à vide de révolution, un canon à électrons annulaire, et se caractérise principalement en ce qu'il comprend en outre, des bobines électriques aptes à créer l'effet

cyclotron par un champ magnétique statique variant progressivement et de façon continue selon l'axe de l'injecteur depuis une valeur B_1 dans la zone du canon proprement dit, jusqu'à une valeur B_3 dans la zone de sortie rétrécie de l'injecteur en passant par une valeur intermédiaire B_2 dans la zone de raccordement convergente entre ladite zone du canon et ladite zone de sortie, ainsi qu'une électrode correctrice située de façon mobile selon l'axe de l'injecteur et portée à un potentiel électrique différent de celui de l'anode d'extraction dudit canon à électrons.

Selon l'invention, l'électrode correctrice, située sur l'axe du dispositif à l'intérieur du faisceau annulaire électronique, est constituée d'une masse conductrice de l'électricité ayant une forme ovoïde dont l'axe de symétrie se confond avec celui de l'injecteur. Elle sert uniquement, par le potentiel auquel elle est portée, à assurer la modification de la configuration des lignes du champ électrique régnant dans l'injecteur. C'est en faisant varier à la fois la position axiale de cette électrode ainsi que le potentiel positif ou négatif auquel elle est portée par rapport à l'anode d'extraction du canon à électrons que l'on parvient à modifier l'angle d'inclinaison des hélices constituant les diverses trajectoires des électrons.

Selon une autre caractéristique également très importante de la présente invention et qui s'utilise en même temps que la précédente, les champs magnétiques B_1 et B_3 (ou plus exactement leur composante axiale) qui sont appliqués respectivement dans la région de l'anode d'extraction du canon à électrons et dans la zone de sortie de l'injecteur peuvent être de même sens ou de sens opposés et il en résulte alors des formes totalement différentes pour les trajectoires des électrons dans la zone annulaire qu'ils remplissent.

Lorsque les champs B_1 et B_3 (ou plus exactement leur composante axiale) sont de même sens, chaque électron décrit sous l'effet cyclotron une hélice particulière dont l'axe est parallèle à l'axe de symétrie de l'injecteur mais situé de plus dans la zone annulaire couverte par le faisceau. Autrement dit, dans ce cas, chaque électron décrit une petite hélice dont le diamètre est égal à l'épaisseur annulaire du faisceau d'électrons.

Dans le mode de mise en oeuvre où les composantes axiales des champs magnétiques B_1 et B_3 sont de sens opposés, la configuration du faisceau est alors différente, et chaque électron décrit sous l'effet cyclotron une hélice qui entoure de façon excentrée l'axe de l'injecteur. Si de surcroît, dans ce mode de mise en oeuvre, on règle le faisceau à l'aide de l'électrode correctrice pour obtenir une épaisseur annulaire minimale, chaque électron décrit alors une hélice particulière dont l'axe coïncide pratiquement avec l'axe de l'injecteur : dans ce cas limite par conséquent, chaque électron décrit une hélice dont le rayon est pratiquement égal au rayon du faisceau tubulaire lui-même.

Selon l'invention, un système de bobines placées le long de la paroi externe de l'enceinte à vide de l'injecteur, sont prévues pour réaliser aux endroits désirés les différents champs magnétiques statiques B_1 , B_2 et B_3 dont les composantes axiales varient d'une façon continue depuis le canon à électrons jusqu'à la zone d'extraction à la sortie de l'appareil.

De toute façon l'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui suit de plusieurs modes de mise en oeuvre, description qui sera faite en se référant aux figures 1 à 4 ci-jointes dans lesquelles :

- la figure 1 représente une vue schématique en coupe selon l'axe de l'injecteur objet de l'invention, dans un premier mode de mise en oeuvre où les champs B_1 et B_3 sont de sens opposés.
- les figures 2a, 2b et 2c représentent en coupe selon le plan XY de la figure 1, trois configurations différentes du faisceau juste avant son entrée dans la cavité ou structure électromagnétique logée dans la région d'interaction 2.

- la figure 3 représente en coupe selon l'axe, une vue schématique de l'injecteur objet de l'invention dans un deuxième mode de mise en oeuvre où les champs B_1 et B_3 sont de même sens.

- les figures 4a, 4b et 4c représentent trois configurations possibles du faisceau annulaire obtenu selon le plan de coupe 'X'Y' de la figure 3 au voisinage de son entrée dans la région d'interaction 2.

Sur la figure 1, on a représenté de façon schématique l'enceinte à vide 1 associée à une région 2 d'interaction - faisceau électronique - champ électromagnétique contenant la cavité ou structure résonnante. Cette enceinte à vide est de révolution.

B. 6223.3 AM

autour de son axe 3 et comporte deux zones, trois régions
 référencées I, II et III sur la figure 1. Les régions extrêmes I
 et III sont cylindriques de révolution mais de diamètre différent
 la région II est une région de raccordement entre la région I et
 la région III et a une forme générale sensiblement conique. Dans
 le mode de réalisation de la figure 1, trois bobines référencées
 5, 6 et 7 servent à créer les champs magnétiques statiques B_1 ,
 B_2 et B_3 respectivement dans chacune des zones I, II et III.
 Le canon à électrons 4 comporte une anode d'extraction 8 qui
 produit un faisceau annulaire d'électrons 9 dont les vitesses
 à leur sortie du canon 4 sont toutes concourrantes en un même
 point situé sur l'axe 3, lorsque, comme c'est le cas de la figure
 1, le faisceau sortant est de forme générale conique conver-
 gente. Le champ magnétique B_1 généralement de valeur absolue
 plus faible que le champ B_3 dans la région III a des lignes de
 force pratiquement parallèles aux vitesses des électrons du
 faisceau 9 au moment de leur sortie du canon 4. Le champ B_3
 dans la région III est pratiquement uniforme et ses lignes de
 force sont parallèles à l'axe 3 de l'injecteur. C'est ce champ
 B_3 qui agit sur le faisceau tubulaire 10 à sa sortie de l'in-
 jecteur à travers la zone d'interaction 2, contenant la cavité
 ou structure résonnante vers la cible 11 et qui provoque
 l'effet cyclotron selon lequel, de façon bien connue, les diffé-
 rents électrons du faisceau parcourent des orbites hélicoïdales
 autour de la direction du champ magnétique.

Dans la région intermédiaire II, le champ magnétique
 varie en amplitude et en direction de façon à passer de manière
 continue de la valeur B_1 dans la région I à la valeur B_3 dans
 la région III. Dans l'exemple particulier de la figure 1, où
 les champs B_1 et B_3 sont de sens opposés, il existe donc un
 point de région II dans laquelle le champ magnétique est nul.

Selon l'axe 3 de l'injecteur, est située, conformément
 à l'invention, l'électrode correctrice 12 qui permet comme on
 le verra plus loin de modifier la forme des trajectoires des
 électrons. Cette électrode est constituée d'une masse conductri-
 ce métallique dont la forme importe assez peu pourvu qu'elle
 soit de révolution autour de l'axe 3. Cette électrode 12 est
 portée à un potentiel V par rapport à l'anode d'extraction 8
 du canon à électrons 4 et sa position longitudinale selon l'axe
 3 peut être modifiée à volonté par translation le long d'une

ouverture 14 pratiquée dans la paroi de l'enceinte à vide. Le potentiel V auquel elle est portée est, dans la plupart des cas, inférieur au potentiel d'accélération du faisceau d'électrons par le canon 4.

Deux modes de mise en oeuvre fondamentalement différents de l'injecteur qui vient d'être décrit en se référant à la figure 1 peuvent être envisagés et seront décrits successivement.

Le premier mode de mise en oeuvre de l'injecteur d'un faisceau tubulaire d'électrons monocinétiques, objet de l'invention, qui sera fait en se référant à la figure 1, concerne le cas où les champs magnétiques B_1 et B_3 ont leur composante axiale de sens opposés comme représenté sur la figure 1. Dans ce mode de fonctionnement, les trajectoires des différents électrons sont des hélices qui entourent l'axe 3 de l'injecteur de façon excentrée. Ces différentes trajectoires sont schématisées en 14 dans la zone de sortie de l'injecteur et l'angle d'inclinaison α des hélices ainsi décrites par les électrons sur l'axe 3 peut atteindre des valeurs élevées proches de 90° à la limite si besoin est. La régulation de cet angle α est faite en agissant sur les divers paramètres du système que sont le potentiel V de l'électrode correctrice 12, la tension d'accélération du canon à électrons 4, le courant du faisceau, ainsi que les différentes valeurs absolues et relatives des champs magnétiques B_1 , B_2 et B_3 entre eux.

Lorsque le potentiel V de l'électrode correctrice 12 est nul, c'est-à-dire lorsque celle-ci est au même potentiel que l'anode d'extraction 8 du canon à électrons 4, la section du faisceau électronique tubulaire par le plan XY perpendiculaire à l'axe 3 de l'injecteur a la configuration représentée sur la figure 2a. Les différentes trajectoires 14 d'électrons sont alors des hélices de diamètre relativement élevé et l'épaisseur e du faisceau annulaire est grande. Dans cette configuration, chaque trajectoire hélicoïdale telle que 14 entoure de façon excentrique l'axe 3 de l'injecteur. Si à partir de cette position de fonctionnement, on porte petit à petit l'électrode correctrice 12 à un potentiel V croissant, généra-

lement positif, on obtient comme l'indique la figure 2b une concentration progressive du faisceau annulaire dont l'épaisseur devient e' sensiblement inférieure à l'épaisseur e de la figure 2a. Il peut être nécessaire pour obtenir ce résultat de modifier également simultanément la position axiale de l'électrode 12 sur l'axe 3 pour parvenir empiriquement au résultat recherché. A la limite, on obtient même un faisceau dont la section est représentée sur la figure 2c avec une concentration maximum, c'est-à-dire un faisceau dont l'épaisseur est pratiquement négligeable et dont tous les électrons tournent pratiquement autour de l'axe 3 de l'injecteur. L'expérience montre que la facilité d'obtention de la correction optimale telle que représentée sur la figure 2c dépend en partie de la variation du champ magnétique dans la région II de la valeur B_1 à la valeur B_3 ; ce réglage est d'autant plus facile que cette variation est graduelle et monotone et dans cette hypothèse il est facile, en modifiant empiriquement et simultanément la position et le potentiel de l'électrode correctrice 12, d'obtenir l'épaisseur minimale du faisceau tubulaire dans le plan XY avant l'entrée des électrons dans la zone d'interaction 2. On obtient ainsi facilement les deux avantages principaux dus à la structure de l'injecteur objet de l'invention, à savoir : d'une part des vitesses pratiquement monocinétiques pour tous les électrons qui constituent le faisceau annulaire hélicoïdal 14 dans la région III et, d'autre part, une épaisseur très faible de ce même faisceau annulaire hélicoïdal.

Un deuxième mode de mise en oeuvre de l'injecteur d'un faisceau annulaire d'électrons monocinétiques objet de l'invention est représenté sur la figure 3 où l'on retrouve les mêmes éléments portant les mêmes nombres de référence que ceux de la figure 1 mais où les champs magnétiques B_1 et B_3 ont le même sens au moins quant à leur composante axiale. On obtient ainsi un faisceau annulaire 15 d'électrons monocinétiques dont la section par le plan X'Y' perpendiculaire à l'axe 3 est représenté sur les figures 4a, 4b et 4c dans trois hypothèses de

corrections possibles à l'aide de l'électrode 12. Dans ce mode de mise en oeuvre également, l'angle d'inclinaison α des hélices et trajectoires par rapport à l'axe 3 de l'injecteur, dépend essentiellement du potentiel V de l'électrode correctrice 12 ainsi que d'autres paramètres tels que la tension d'accélération du canon 4 et le courant du faisceau et les valeurs absolues et relatives des champs magnétiques B_1 , B_2 et B_3 entre eux.

La différence essentielle de fonctionnement entre ce mode de mise en oeuvre et le précédent réside dans la forme des trajectoires qui n'entourent plus comme sur les figures 2a, 2b et 2c l'axe 3 de l'injecteur, mais qui sont des hélices 16 dont les axes tels que 17, sont situés dans la zone annulaire du faisceau lui-même. Lorsque le potentiel de l'électrode correctrice 12 est nul, l'angle d'inclinaison α des hélices sur l'axe 3 est faible et la section du faisceau par le plan 'X'Y' a la configuration de la figure 4a, c'est-à-dire que l'épaisseur du faisceau annulaire est relativement faible. Au fur et à mesure que l'on porte l'électrode correctrice 12 à des potentiels V augmentant progressivement et généralement positifs par rapport à l'anode 8 d'extraction du canon 4, l'angle d'inclinaison α des différentes hélices s'accroît et tend vers 90° à la limite. Parallèlement, l'épaisseur e du faisceau s'accroît ce que l'on voit nettement en comparant les figures 4a, 4b et 4c qui correspondent respectivement à des potentiels V croissant depuis la valeur nulle jusqu'à une valeur élevée, l'angle α évoluant parallèlement dans le même sens.

L'épaisseur e du faisceau ainsi obtenue dépend de nombreux facteurs, et notamment de l'énergie cinétique du faisceau, du champ B_3 et de l'angle d'inclinaison α de l'hélice, lui-même sous la dépendance du potentiel et de la position de l'électrode correctrice 12, et de la charge d'espace due à la présence des autres électrons constituant le faisceau. Dans le mode opératoire de la figure 3, la position et la forme de l'électrode correctrice 12 joue certes un rôle qui n'est pas négligeable mais c'est principalement le potentiel V auquel elle est portée qui détermine finalement l'angle d'inclinaison α de l'hélice que l'on souhaite obtenir avant l'injection du faisceau dans la zone d'interaction 2, contenant la cavité ou structure électromagnétique.

REVENDICATIONS

1. Injecteur d'un faisceau annulaire d'électrons monocinétiques en orbites hélicoïdales à angle d'inclinaison élevé par rapport à l'axe de l'hélice, du genre de ceux qui comportent dans une enceinte à vide de révolution un canon à électrons annulaire, caractérisé en ce qu'il comprend en outre des bobines électriques aptes à créer l'effet cyclotron par un champ magnétique statique variant progressivement et de façon continue selon l'axe de l'injecteur depuis une valeur B_1 dans la zone du canon proprement dit, jusqu'à une valeur B_3 dans la zone de sortie rétrécie de l'injecteur en passant par une valeur intermédiaire B_2 dans la zone de raccordement convergente entre ladite zone du canon et ladite zone de sortie, ainsi qu'une électrode correctrice située de façon mobile selon l'axe de l'injecteur et portée à un potentiel électrique différent de celui de l'anode d'extraction dudit canon à électrons.

2. Injecteur selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'électrode correctrice est disposée à l'intérieur du faisceau annulaire.

3. Injecteur selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'électrode correctrice est localisée sur l'axe de l'injecteur, près de ladite zone du canon.

4. Injecteur selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'électrode correctrice est de révolution autour de ladite zone du canon.

5. Injecteur selon la revendication 4, caractérisé en ce que l'électrode correctrice est une masse conductrice ayant une forme sensiblement ovoïde.

6. Injecteur selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que les composantes axiales des champs magnétiques B_1 et B_3 sont de même sens, chaque électron décrivant une hélice particulière dont l'axe est situé dans la zone annulaire couverte par le faisceau.

7. Injecteur selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que les composantes axiales des champs magnétiques B_1 et B_3 sont de sens opposés, chaque électron décrivant une hélice entourant de façon excentrée l'axe de l'injecteur.

8. Injecteur selon la revendication 4, caractérisé en ce que le potentiel de l'électrode correctrice ainsi que sa position sont choisis tels que l'épaisseur du faisceau annulaire hélicoïdal est minimale et chaque électron décrit une hélice
5 particulière dont l'axe coïncide pratiquement avec l'axe de l'injecteur.

O R I G I N A L : Par procuration du
COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE
YONGREDIEN André

Yongredien

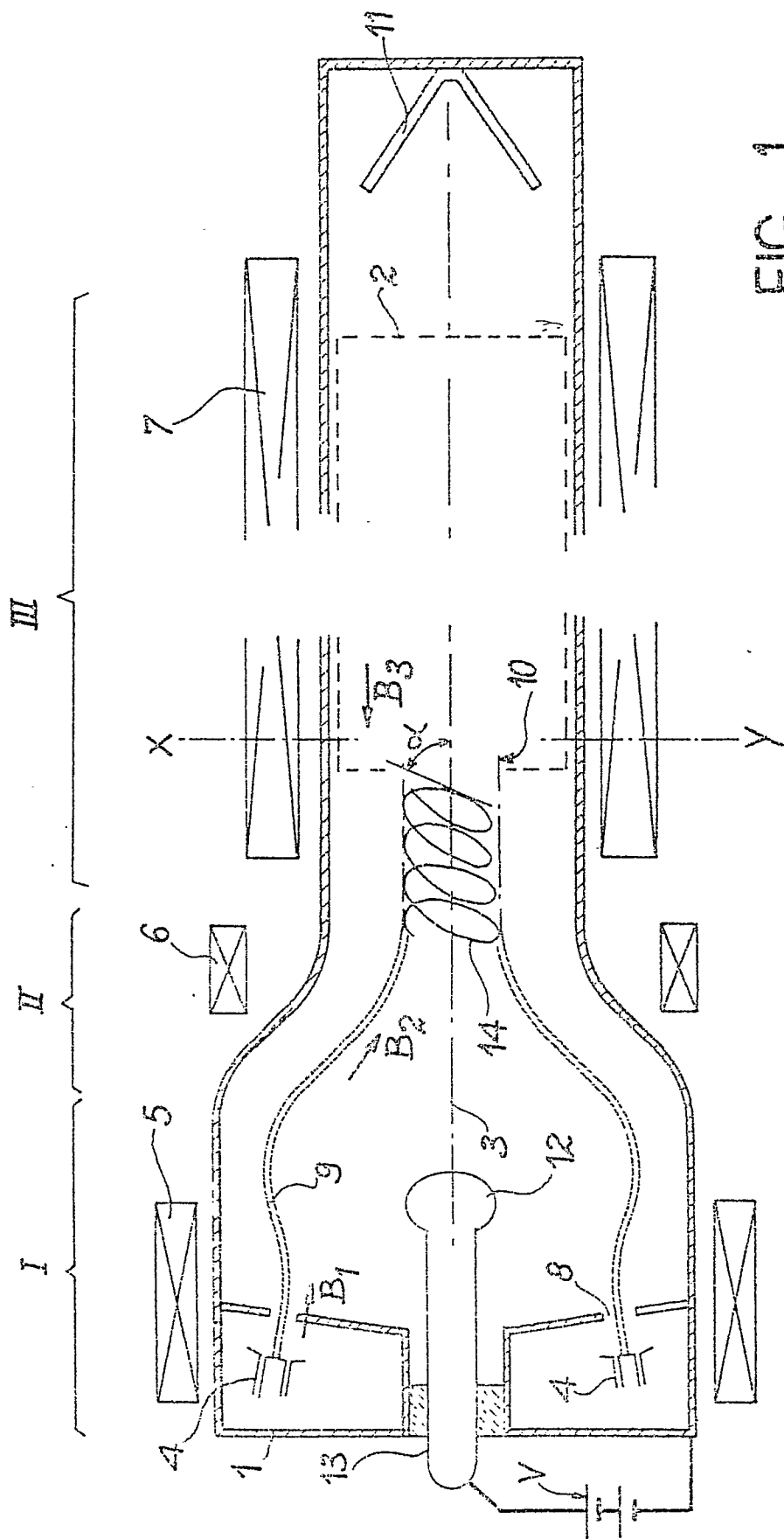


FIG. 1

ORIGINE A L : Par procuration du COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE
MONGREDIEN André

Mongredien André

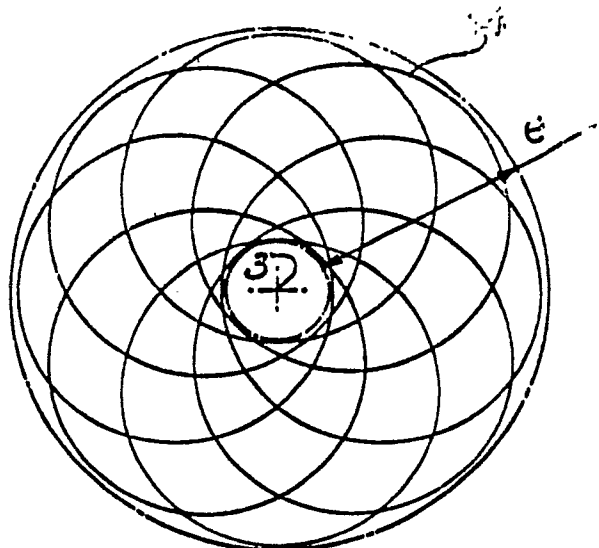


FIG. 2_a

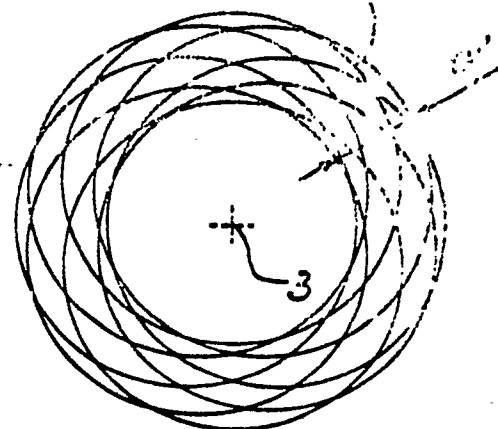


FIG. 2_b

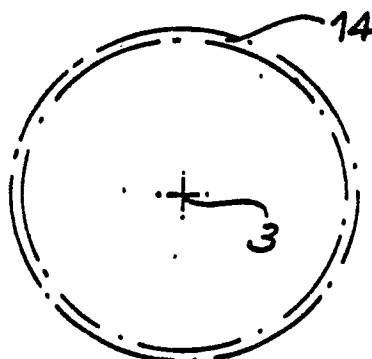


FIG. 2_c

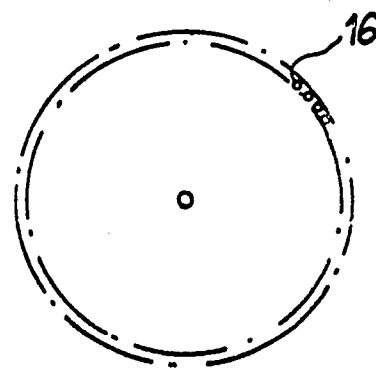


FIG. 4_a

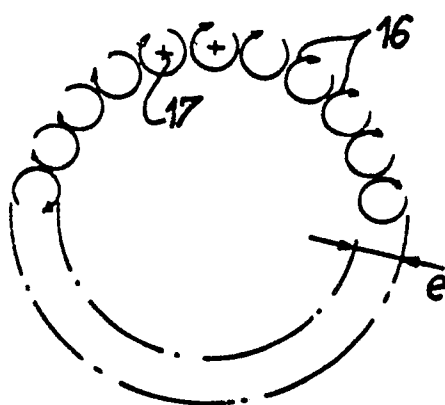


FIG. 4_b

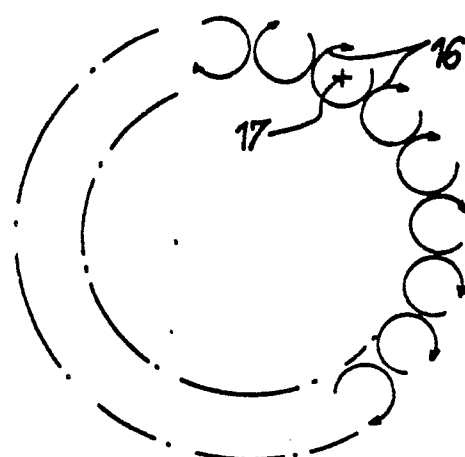


FIG. 4_c

O R I G I N A L : Par procuration du COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE
MONGREDIEN André

[Signature]

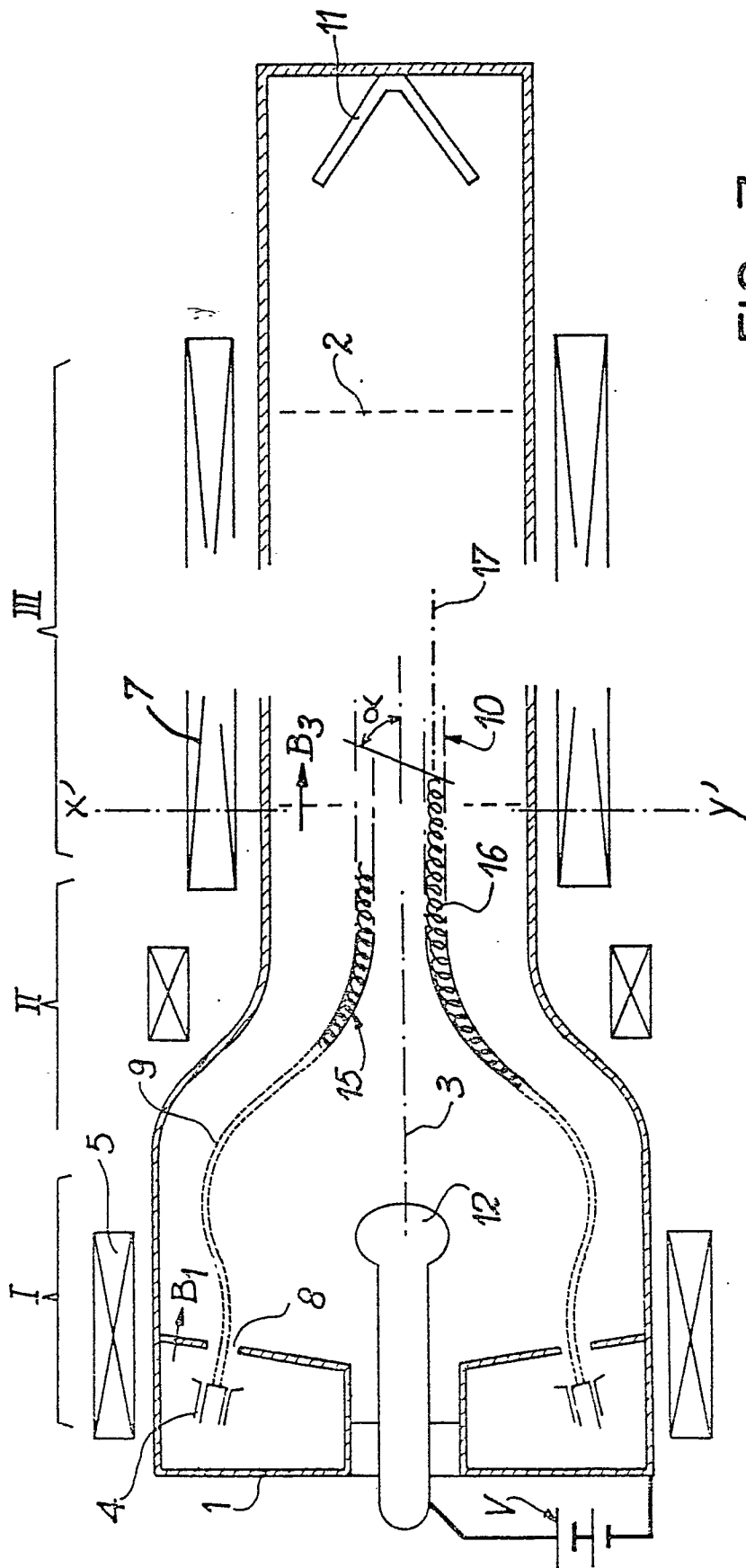


FIG. 3

O R I G I N A L : Par procuration du COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE
MONGREDIEN André

(Signature)

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl. ²)
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	
	<u>DE - A - 1 491 318 (CSF)</u> * Page 3, lignes 9 à 14; page 11, lignes 11 à 28; figure 4 * -- <u>DE - B - 1 286 647 (VARIAN)</u> * Colonne 2, lignes 22 à 34; la figure * -- <u>US - A - 3 226 595 (J. BERGHAMMER et al.)</u> * Colonne 5, lignes 8 à 21; figure 4 * -- <u>GB - A - 872 170 (FERRANTI)</u> * Page 2, lignes 60 à 95; la figure * -- <u>US - A - 2 975 317 (C. SUSSKIND)</u> * Colonne 3, ligne 70 à colonne 4, ligne 34; figures 1 et 2 * -- <u>US - A - 2 959 700 (C.C. CUTLER)</u> * Colonne 6, ligne 07 à colonne 7, ligne 04; figure 3 * -- <u>US - A - 3 391 349 (H. LEVKOWETZ)</u> * Colonne 2, lignes 24 à 31 et 42 à 50; figure 1 * -- <u>GB - A - 555 827 (THE BRITISH THOMSON HOUSTON)</u> * Page 1, lignes 53 à 63; page 2, lignes 58 à 63; page 4, lignes 104 à 105; figure 1 *	1-5 1-5 1-5 1-5 1,5 1 1,7 1,6	II 01 J 23/06 DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.²) H 01 J 23/06 H 01 J 25/14 CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X: particulièrement pertinent A: arrière-plan technologique O: divulgation non-écrite P: document intermédiaire T: théorie ou principe à la base de l'invention E: demande faisant interférence D: document cité dans la demande L: document cité pour d'autres raisons S: membre de la même famille, document correspondant
Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche	Date d'achèvement de la recherche	Examineur	
La Haye	13-10-1978	LAUGEL	



DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl.)
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	
A	<u>US - A - 3 350 347</u> (A.I. WACHTENHEIM et al.) * Colonne 2, lignes 40 à 67; la figure *	1,7	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.)
A	<u>US - A - 3 303 135</u> (S.GRUBER et al.) * Colonne 8, lignes 37 à 59; figure 6 *	1	

