

(12)

**DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(21) Numéro de dépôt: **79401065.2**

(51) Int. Cl.<sup>3</sup>: **H 01 J 25/00**

(22) Date de dépôt: **21.12.79**

(30) Priorité: **29.12.78 FR 7836960**

(43) Date de publication de la demande:  
**09.07.80 Bulletin 80/14**

(84) Etats Contractants Désignés:  
**DE GB IT NL**

(71) Demandeur: **"THOMSON-CSF" - SCPI**  
**173, Boulevard Haussmann**  
**F-75360 Paris Cedex 08(FR)**

(72) Inventeur: **Mourier, Georges**  
**"THOMSON-CSF" - SCPI 173, bld Haussmann**  
**F-75360 Paris Cedex 08(FR)**

(74) Mandataire: **Benichou, Robert et al,**  
**"THOMSON-CSF" - SCPI 173 bld Haussmann**  
**F-75360 Paris Cedex 08(FR)**

(54) **Générateur d'ondes radioélectriques pour hyperfréquence.**

(57) Un faisceau d'électrons (1) est soumis à un champ magnétique B constant dans le temps dirigé suivant l'axe XX, suivant lequel il se propage, et au champ électromagnétique de volumes résonnants placés sur son trajet.

Ces volumes sont excités à la fréquence cyclotronique  $f_c$  des électrons dans le champ B par une source couplée par l'antenne (5). Une puissance sur une fréquence voisine d'un multiple nfc de la fréquence cyclotronique est recueillie dans la charge (8) couplée par (6). Dans l'exemple, les volumes consistent en un guide unique (20) dont la section circulaire (2) a été déformée suivant (3) et (4); le faisceau d'électrons est issu du canon (10, 12, 14).

Application: générateurs d'ondes radioélectriques de puissance sur quelques dizaines de gigahertz, pour radars notamment.

**EP 0 013 242 A1**

GENERATEUR D'ONDES RADIOELECTRIQUES  
POUR HYPERFREQUENCE

L'invention concerne un générateur d'ondes radioélectriques pour le domaine des hyperfréquences. Elle concerne plus particulièrement un générateur fonctionnant dans le haut de ce domaine, à savoir  
5 sur quelques dizaines de gigahertz, c'est-à-dire en ondes millimétriques et submillimétriques.

On connaît d'après l'art antérieur divers types de tubes électroniques destinés à cet usage et, notamment, ceux dans lesquels le faisceau d'électrons  
10 progresse le long d'un axe le long duquel il est soumis à l'action d'un champ magnétique uniforme, constant dans le temps, dirigé suivant cet axe, et à celle d'un champ électrique de haute fréquence dirigé transversalement au précédent et dont la fréquence  
15 est égale à la fréquence cyclotronique des électrons dans le champ magnétique en question.

Dans les tubes de ce type, les électrons sont produits par un dispositif qui leur imprime une composante de vitesse dirigée transversalement à cet  
20 axe. Ce dispositif est généralement un canon à électrons dont la cathode a la forme d'un anneau et produit un faisceau cylindrique creux.

Quant au champ électrique de haute fréquence, il consiste dans la composante électrique du champ  
25 électromagnétique régnant à l'intérieur de volumes résonnants placés sur le trajet du faisceau, tout le long de celui-ci, et couplés à ce dernier.

Dans ces conditions, les électrons progressent le long de l'axe sur des trajectoires en spirale et  
30 son capables sur la dernière partie de leur trajet de céder de l'énergie radioélectrique sur la fréquence du champ électromagnétique ou sur un multiple

de celle-ci grâce aux composantes alternatives de haute fréquence formées au sein du faisceau dans la première partie du trajet. L'énergie radioélectrique produite sur cette fréquence est recueillie dans une  
 5 ou plusieurs charges couplées au dernier volume résonant.

Dans les tubes de ce type de l'art antérieur, l'énergie est fournie aux électrons exclusivement par la source continue qui les accélère ; aucune  
 10 autre source d'énergie n'est présente dans le système.

Ce type du tube a fait l'objet ces dernières années de développements sur lesquels on trouvera des informations dans la communication de V.A. FLYAGIN, A.V. GAPONOV, M.I. PETELIN, V.K. JUIPATOV  
 15 "The Gyrotron" Second International Conference and Winter School on Submillimeter Waves and their Applications Dec. 6-11, 1976 - Puerto-Rico.

Ces tubes se caractérisent donc par des valeurs élevées de la tension continue d'accélération  
 20 appliquée au faisceau pour lui conférer le haut niveau d'énergie désiré. Ils se caractérisent aussi par des champs magnétiques de grande intensité. On sait que l'intensité du champ magnétique  $\vec{B}$  et la fréquence cyclotronique  $f_c$  ( $\omega_c = 2 \pi f_c$ ) sont deux  
 25 grandeurs proportionnelles :  $\omega_c = -\frac{eB}{m_0}$ ,  $e$  et  $m_0$  représentant respectivement la charge et la masse de l'électron au repos.

Or, l'application de tensions continues élevées se heurte à des difficultés d'isolement dans  
 30 le cas de ces longueurs d'ondes, où les circuits sont de très petites dimensions. Quant à l'application des champs magnétiques nécessaires, elle conduit généralement, si l'on veut pouvoir atteindre les valeurs nécessaires, qui dépassent celles maximales réali-

sables dans les conditions normales, à utiliser des circuits supraconducteurs, dont on sait que la réalisation et la mise en oeuvre sont difficiles.

L'invention a pour objet un générateur d'ondes  
5 millimétriques du type de ceux auxquels il a été fait référence ci-dessus, utilisant un champ magnétique longitudinal et un champ électrique haute fréquence dont les lignes de force sont disposées transversalement à celui-ci, permettant de réduire les  
10 difficultés signalées.

Dans ce but, le générateur de l'invention est divisé en deux sections se succédant le long de l'axe. Dans la première, celle par où entre le faisceau, les volumes résonnants ont une fréquence de résonance  
15 égale à la fréquence cyclotronique des électrons dans le champ magnétique B. De plus, ces volumes sont alimentés en haute fréquence, par une onde à la fréquence cyclotronique  $f_c$ . Dans la deuxième section, qui résonne à une fréquence multiple ou harmonique  
20  $nf_c$  de cette dernière (n étant le rang de l'harmonique), a lieu le prélèvement d'énergie. Par cette disposition, une part de leur énergie est communiquée aux électrons par le champ électrique haute fréquence régnant dans la première section. Il est ainsi possible,  
25 toutes choses égales par ailleurs, de réduire la tension continue appliquée au faisceau et de réduire les difficultés résultant de cette application.

Le générateur de l'invention apparaît donc comme un système à deux sections, l'une, accélératrice, dans laquelle un champ haute fréquence sur la  
30 fréquence  $f_c$  communique de l'énergie aux électrons, et l'autre, collectrice, dans laquelle est prélevée une part de l'énergie de ces électrons. Le dispositif de l'invention se présente, en d'autres termes,

comme un générateur sur la fréquence  $nf_c$  auquel a été incorporé un accélérateur à basse fréquence  $f_c$ . L'intérêt du transfert d'énergie au faisceau d'électrons sur cette fréquence basse réside dans le fait  
5 que ces transferts présentent en général un rendement plus élevé à basse fréquence.

Le champ magnétique appliqué a une intensité correspondant à la fréquence cyclotronique  $f_c$  et, de ce fait, se trouve lui aussi réduit par rapport à  
10 celui que nécessiterait la fréquence  $nf_c$ .

Enfin, il n'est plus nécessaire dans les générateurs de l'invention de prévoir, comme dans l'art antérieur, une disposition du canon à électrons permettant de conférer aux électrons une vitesse trans-  
15 versale, à savoir, comme il a été dit, un canon à cathode en anneau. Cette vitesse transversale leur est conférée, dans le générateur de l'invention, par le champ haute fréquence régnant dans la première section.

20 Ces possibilités constituent des avantages de l'invention par rapport à l'art antérieur.

Comme on le verra, les volumes résonnants des deux sections peuvent, dans le cadre de l'invention, être parties intégrantes d'une seule et même enceinte  
25 résonnante.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui suit et des figures jointes qui représentent :

- figure 1 : des exemples de sections de guides  
30 d'ondes utilisées dans les générateurs de l'invention ;
- figure 2 : une vue générale schématique d'un générateur de l'invention ;
- figure 3 : un schéma d'une autre variante du générateur de l'invention.

Il apparaît que dans les générateurs de ce type, utilisant un champ magnétique et un champ électrique de haute fréquence croisés, le fonctionnement est effectivement possible sur un harmonique de la  
5 fréquence cyclotronique des particules, de pulsation  $\omega_c$ , suivant les notations précédentes. Pour que ce fonctionnement présente une efficacité suffisante, il est cependant nécessaire que la champ haute fréquence présente, comme on l'a dit, une grande ampli-  
10 tude sur l'harmonique en question.

Dans une variante de l'invention, le volume résonnant unique est choisi de façon à présenter des harmoniques d'espace de grande amplitude sur la fréquence de fonctionnement désirée. A cette fin, on  
15 utilise, par exemple, comme volume résonnant, un guide d'ondes du type connu en hyperfréquence, résonnant sur la fréquence cyclotronique, et dont la section a été déformée de façon à favoriser la présence de ces harmoniques dans la configuration du  
20 champ électromagnétique qui y règne.

Un tel guide est donc du type de l'un de ceux  
utilisés en hyperfréquence ; il présente une section régulière dont les dimensions sont grandes par rapport à la longueur d'onde de l'onde à engendrer.  
25 Il permet l'utilisation d'un faisceau cylindrique facile à produire, se propageant suivant son axe, le long et au voisinage duquel, vu les dimensions du guide, il faut bien remarquer que les champs sont de petite amplitude.

30 Mais grâce aux déformations de cette section du guide utilisé dans l'invention, il est possible de localiser les lignes de force des harmoniques d'espace de manière que leur amplitude dans la région du faisceau présente une valeur suffisante pour une

interaction efficace entre le faisceau d'électrons et ces harmoniques.

On donne ci-dessous un exemple de ces déformations dans le cas de guides originellement circulaires. Cet exemple est donné à titre non limitatif, pour fixer les idées, étant entendu que d'autres formes de guides, et notamment les guides à section rectangulaire, offriraient des possibilités analogues.

La figure 1 (a,b,c,) montre certaines des formes présentant des harmoniques d'espace d'amplitude élevée sur la fréquence  $nf_c$  dans le cas d'un guide circulaire : les lignes avec les flèches représentent les lignes de force du champ électrique comportant une composante de valeur élevée sur les harmoniques 3 et 5 dans le mode  $TE_{10}$ .

Le faisceau se propage dans ce guide, sous l'action d'une haute tension continue appliquée entre la cathode par laquelle il est produit et une anode placée devant. Comme on l'a dit, cette haute tension lui fournit une partie de son énergie, longitudinale, l'autre, transversale, lui étant fournie par le champ électrique de haute fréquence régnant dans le guide d'ondes dans lequel il se propage au delà de cette anode, guide qui est lui-même à la tension de cette anode, avec laquelle il forme un espace équipotentiel dans lequel le faisceau est introduit par divers moyens connus de la technique, et qui ne seront pas mentionnés. Il y décrit, dans les conditions de fonctionnement, une trajectoire en spirale dont le rayon va en grandissant au fur et à mesure que le faisceau progresse et qu'il acquiert de l'énergie. Cette trajectoire suit une surface de forme générale conique, de révolution autour de l'axe du système, dont la direction est confondue avec celle du champ magné-

tique. Elle peut être assimilée à une série de spires  
circulaires successives, dont le rayon croît, en gros,  
linéairement en fonction de l'abscisse sur l'axe, et  
décrites chacune en un temps égal à la période cyclo-  
5 tronique dans le champ B.

Cette trajectoire doit demeurer tout entière à  
l'intérieur du guide d'ondes.

On a comparé ci-dessous le rayon  $a$  minimum que  
doit présenter, sur le mode  $TE_{10}$ , le guide utilisé pour  
10 pouvoir fonctionner à la pulsation cyclotronique  $\omega_c$ ,  
c'est-à-dire la valeur de ce rayon correspondant à la  
coupure à cette fréquence, et le rayon  $r$  de la trajec-  
toire des électrons à leur énergie maximale.

On a admis, dans cette évaluation, que toute  
15 l'énergie des électrons leur est conférée par le champ  
électrique haute fréquence, ce qui est une hypothèse  
idéale faite dans le seul but de permettre cette éva-  
luation ; on a supposé en outre une énergie transmise  
aux électrons par le champ haute fréquence de 50 keV au  
20 dessus de leur énergie au repos, c'est-à-dire un ac-  
croissement d'un dixième environ de cette dernière.

On a dans ces conditions  $1 + \frac{W}{W_0} = (1 - \frac{v_t}{c})^{-\frac{1}{2}}$ ,  
 $W_0$  représentant l'énergie de l'électron au repos et

$W$  son gain d'énergie sur sa trajectoire ;  $t$   
25 représente le facteur relativiste, égal au rapport  
 $\frac{v_t}{c}$  de la vitesse, ici entièrement transversale, de  
l'électron, à celle de la lumière. On a  $\frac{v_t}{c} = \frac{\omega_c r}{c}$ .

On a rapporté ces rayons  $a$  et  $r$  à la longueur  
d'ond  $\lambda_0$  correspondant à cet harmonique.

30 A titre d'exemple pour  $n=3$ , le rapport  $2\pi \frac{r}{\lambda_0}$

est égal à 1,238, alors que celui correspondant au  
rayon  $a$ , c'est-à-dire  $2\pi \frac{a}{\lambda_0}$  vaut 1,841.



Le rayon du guide est donc largement plus grand que le rayon maximal de la trajectoire. Le guide est ensuite déformé pour obtenir les harmoniques d'espace sur la pulsation  $n\omega_c$  dans celui-ci.

5 Le générateur d'ondes de cette variante de l'invention se présente suivant le schéma général de la figure 2.

Un faisceau d'électrons 1 est dirigé suivant l'axe XX d'un guide d'ondes 20 dont la section 2, circulaire dans l'exemple présente les deux prolongements, de section rectangulaire, 3 et 4, diamétralement opposés. Ces volumes latéraux guident préférentiellement un harmonique de la fréquence du guide sur le mode  $TE_{10}$  ; les lignes de champ de la composante électrique sur le mode en question sont représentées par les flèches.

Un champ magnétique B (flèche) est dirigé longitudinalement suivant l'axe XX du guide. Un oscillateur excite le guide à la pulsation  $\omega_c$ , égale à la pulsation cyclotronique des électrons du faisceau dans le champ magnétique B. Cet oscillateur 7 est couplé au guide par l'antenne 5, que l'on a schématisée par sa boucle. Une seconde antenne, représentée schématiquement en 6, permet de recueillir la puissance engendrée dans le guide à la fréquence  $n\omega_c$ . Sur la figure, on a représenté le début de la trajectoire du faisceau 1 dans les limites du dessin, montrant les première spires de celle-ci ; l'antenne 6, placée au niveau de la dernière d'entre elles, devrait se trouver placée plus loin, comme on le verra sur un exemple numérique. Dans l'exemple, le faisceau d'électrons est produit par un canon qui comprend une cathode 10, circulaire, une électrode de Pierce 12, et une anode 14 accélérant le faisceau.

Dans ces conditions, les électrons cèdent de l'énergie haute fréquence à une charge 8 couplée à l'antenne de sortie 6. L'énergie qu'ils reçoivent sous forme continue et haute fréquence les place dans

5 des conditions relativistes, c'est-à-dire telles que leur variation de masse consécutive à l'augmentation de leur énergie dans la section accélératrice entraîne une variation de leur phase par rapport au champ électromagnétique ; à ces vitesses on constate que

10 l'électron en mouvement est capable de céder de l'énergie à un champ électromagnétique haute fréquence. Il en est ainsi pour des valeurs de la pulsation, ou vitesse angulaire,  $\omega_s$ , des électrons comprises dans une certaine plage autour de la pulsation du champ

15 électromagnétique avec lequel ils sont en interaction. Ceci peut conduire, dans les générateurs de l'invention, à utiliser un champ magnétique dont l'intensité varie avec l'abscisse le long de l'axe XX.

20 Le générateur de l'invention apparaît comme un multiplicateur de fréquence de haute puissance.

Ceci amène à souligner, pour être rigoureux, qu'il n'y a pas exactement multiplication de la pulsation cyclotronique  $\omega_c$  par le facteur  $n$  précédent, mais

25 multiplication par un facteur légèrement différent de  $n$ , du fait que la condition  $\omega_s = n\omega_c$  n'est pas rigoureusement remplie.

Ci-dessous sont donnés trois exemples de caractéristiques de fonctionnement du dispositif

30 de l'invention.

Un premier exemple concerne le fonctionnement en impulsions du générateur de l'invention. Celui-ci se présente comme montré sur la figure 2. Le guide d'ondes cylindrique présente dans sa partie centrale

35 un rayon de 5 mm environ et deux extensions diamé-

tralement opposées, rectangulaires, et proportionnées comme dans l'exemple de cette figure. Un canon de type ordinaire fournit un faisceau de 1 ampère, accéléré sous 10 kilovolts par l'anode 14.

5 L'oscillateur est un magnétron fonctionnant en impulsions à la fréquence de 16 gigahertz ; il excite le guide avec une puissance de 60 kilowatts, dans lequel s'établit un champ dont les lignes de force sur le mode  $TE_{10}$  sont celles des flèches en  
10 trait plein. La valeur du champ magnétique est de 0,6 tesla ; le faisceau d'électrons décrit, dans ces conditions, autour de l'axe XX du système, une spirale située sur une surface de forme généralement conique, s'évasant dans la direction de propagation. Il est  
15 modulé le long de sa trajectoire, et le courant modulé présente des composantes aux fréquences  $n \times 16$  gigahertz. Les extensions latérales guident préférentiellement l'une de ces fréquences, la fréquence de 80 GHz notamment, sur le même mode que la fréquence fondamentale.  
20 L'énergie maximale qu'il atteint est de 60 kilovolts au bout de 10 périodes. A 16 GHz, la longueur de guide nécessaire est de 4 centimètres environ, ce qui correspond à une puissance consommée de 3 kw pour un guide présentant une surtension de 800, soit 5% de la puissance communiquée aux électrons.  
25 Des paquets sont créés au sein du faisceau d'électrons cylindrique dont le diamètre est de 1,2 mm, alors que le rayon de leur orbite est de 1,35 mm. La composante de courant à l'harmonique 5 est, sans  
30 autre moyen de focalisation, d'environ  $0,21 I_0$ ,  $I_0$  étant le courant du faisceau. La puissance de sortie est de 300 kw.

Les deux autres exemples concernent un fonctionnement en continu du générateur de l'invention. L'oscillateur utilisé à l'excitation haute fréquence est ici un klystron fonctionnant à 10 GHz.

5 Dans le tableau ci-dessous sont données les caractéristiques correspondant à deux niveaux d'excitation différents.

	- Puissance d'excitation (10 GHz)	3,6 KW	200 W
	- Faisceau injecté		
10	. tension	2000 V	100 V
	. courant	25 mA	1 mA
	- Longueur de la cavité	10 cm	5,4 cm
	- Energie transversale finale	100 keV	100 keV
	- Nombre de révolutions	40	90
15	- Rendement d'accélération	70%	50%
	- Puissance produite (50 GHz)	150 W	6 W
	- Champ magnétique	0,43 tesla	0,43 tesla

Comme dans l'exemple précédent, la structure du générateur peut être celle de la figure 2, utilisant  
 20 un seul et même volume résonnant, le guide d'ondes, pour la fréquence d'excitation et son harmonique.

Mais il est possible aussi d'utiliser deux cavités successives alignées le long du champ magnétique, pour l'excitation puis pour le prélèvement  
 25 d'énergie sur l'harmonique, ces cavités fonctionnant sur le mode  $TM_{10}$ , moyennant un raccordement adapté, entre les deux cavités.

Ce cas est représenté schématiquement sur la figure 3.

30 Dans l'exemple de cette figure, le faisceau d'électrons passe dans le premier volume résonnant, ou cavité, 40, alimenté en haute fréquence par un klystron, et le prélèvement d'énergie sur la fréquence harmonique se fait dans une seconde cavité 60,

séparée de la première, 40, par un dispositif d'adaptation 70. Le faisceau est produit par l'accélérateur 80.

On notera que la section d'adaptation, représentée en 70 sur la figure 3, pourrait comporter un dispositif d'injection d'un signal à amplifier de fréquence  $n\omega_c$ . Dans ce cas, elle comporterait un élément résonnant couplé au dispositif d'injection du signal.

10 On a décrit dans ce qui précède une structure du générateur de l'invention à guide d'ondes cylindrique utilisant un faisceau d'électrons également cylindrique. Le générateur de l'invention peut aussi être réalisé avec un faisceau plat, présentant une section  
15 rectangulaire, et un guide d'ondes dont la section à la même forme, et dont la largeur peut atteindre jusqu'à 1,5 fois la longueur d'onde  $\lambda_0$ . Dans ce cas, le faisceau est mince et large et permet des puissances appliquées élevées.

20 Enfin, le faisceau peut être fourni par une cathode et accéléré par une anode à l'entrée de la partie hyperfréquence, comme dans l'exemple de la figure 2. Il peut aussi être produit dans une installation séparée, avant son entrée dans le guide d'ondes  
25 ou dans les cavités du générateur, c'est-à-dire dans la partie hyperfréquence ; une telle installation est par exemple un bétatron, un anneau de stockage etc. (figure 3).

Le générateur de l'invention a les mêmes  
30 applications que les générateurs de l'art antérieur pour ondes millimétriques, à savoir la mesure dans les installations de plasma, l'émission radar, les télécommunications, etc.

REVENDEICATIONS

1. Générateur d'ondes radioélectriques pour hyperfréquence utilisant un faisceau d'électrons se propageant suivant un axe, soumis à un champ magnétique dirigé suivant cet axe et au champ électromagnétique de volumes résonnants disposés le long de cet axe caractérisé en ce qu'il comprend, couplées à ces volumes résonnants, une source d'ondes à une fréquence égale à la fréquence cyclotronique  $f_c$  des électrons du faisceau dans le champ magnétique, et une charge dans laquelle est prélevée une énergie sur une fréquence voisine d'un multiple  $nf_c$  de cette fréquence cyclotronique.

2. Générateur d'ondes radioélectriques suivant la revendication 1, caractérisé en ce que ces volumes résonnants consistent en un guide cylindrique unique dont la section est déformée de façon à présenter deux extensions, de section rectangulaire, diamétralement opposées, et couplé à la source à l'une de ses extrémités et à la charge à l'autre.

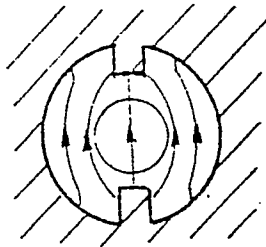
3. Générateur d'ondes radioélectriques suivant la revendication 1, caractérisé en ce que les volumes résonnants consistent en deux enceintes résonnantes séparées, traversées successivement par le faisceau d'électrons, la première, couplée à la source, résonnant sur la fréquence cyclotronique, et la seconde, couplée à la charge, résonnant sur la fréquence voisine en question.

4. Générateur d'ondes radioélectriques suivant la revendication 1, caractérisé en ce que les volumes résonnants consistent en trois enceintes résonnantes séparées, traversées successivement par le faisceau

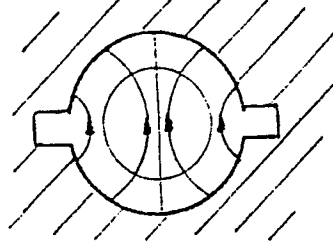
d'électrons, la première, couplée à la source, résonnant sur la fréquence cyclotronique, la troisième, couplée à la charge, résonnant sur la fréquence voisine en question, et la seconde, couplée à un 5 générateur d'un signal radioélectrique à amplifier, sur la fréquence voisine en question.

5. Générateur d'ondes radioélectriques suivant la revendication 1, caractérisé en ce que le champ magnétique a une valeur qui varie le long de l'axe de pro-  
10 pagation.

FIG\_1-a



FIG\_1-b



FIG\_1-c

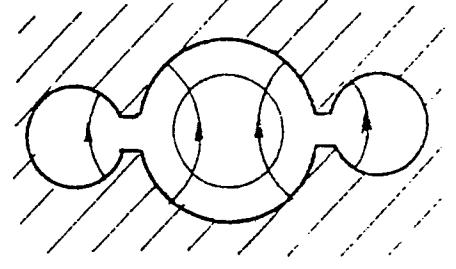


FIG. 2

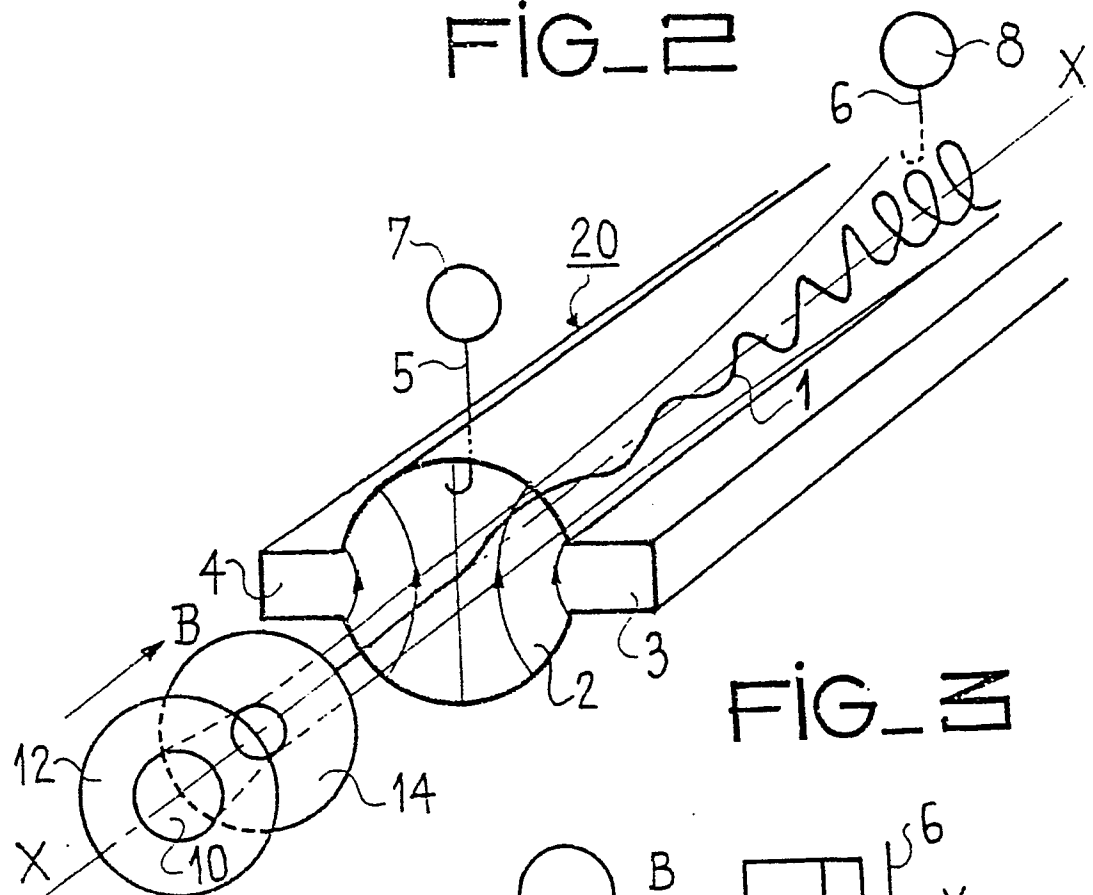
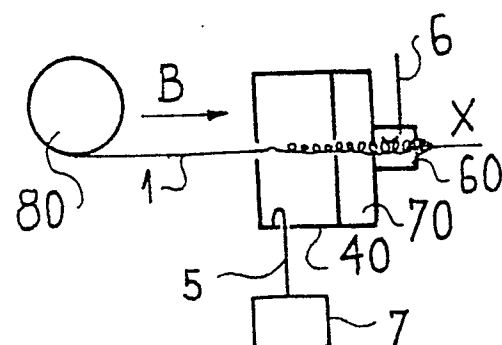


FIG. 3







Office européen  
des brevets

# RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

0013242

Numéro de la demande

EP 79 40 1065

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl. 1)
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	
D	IEEE TRANSACTIONS ON MICROWAVE THEORY AND TECHNIQUES", vol. MTT-25, juin 1977, no. 6, New York US V.A. FLYAGIN et al.: "The Gyrotron", pages 514-521 * En entier *	1,5	H 01 J 25/00
E	EP - A - 0 000 672 (COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE) * Revendication 1; figure 4 *	1,2	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl. 1)
A	US - A - 2 305 883 (C.V. LITTON) * Page 1, colonne de droite, lignes 13-16; figure 1 *	3	H 01 J 25/00
A	US - A - 2 544 679 (W.W. HANSEN et al.) * Colonne 3, ligne 61 - colonne 4, ligne 44; la figure *	4	
A	US - A - 2 494 721 (S.D. ROBERTSON) * Figure 1 *	4	CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES
A	US - A - 2 395 560 (F.B. LLEWELLYN) * Figure 6 *	2	X: particulièrement pertinent A: arrière-plan technologique O: divulgation non-écrite P: document intercalaire 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
Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications			&: membre de la même famille. document correspondant
Lieu de la recherche La Haye		Date d'achèvement de la recherche 26-03-1980	Examineur LAUGEL