

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

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

**2 485 801**

A1

**DEMANDE  
DE BREVET D'INVENTION**

(21) **N° 80 14351**

- 
- (54) Dispositif de couplage entre la ligne à retard d'un tube à onde progressive et le circuit externe de transmission de l'énergie du tube, et tube à onde progressive comportant un tel dispositif.
- (51) Classification internationale (Int. Cl. 3). H 01 J 23/333, 25/42.
- (22) Date de dépôt..... 27 juin 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° 53 du 31-12-1981.
- 
- (71) Déposant : Société dite : THOMSON-CSF, société anonyme, résidant en France.
- (72) Invention de : Claude Couasnard et Noël Santonja.
- (73) Titulaire : *Idem* (71)
- (74) Mandataire : Thomson-CSF, SCPI,  
173, bd Haussmann, 75360 Paris Cedex 08.
-

La présente invention concerne un dispositif de couplage entre la ligne à retard d'un tube à onde progressive et le circuit externe de transmission de l'énergie du tube. Elle concerne également les tubes à onde progressive comportant un tel dispositif.

5 L'invention concerne essentiellement les tubes à onde progressive ou T.O.P. dans lesquels la focalisation du faisceau d'électrons, selon l'axe du tube, est réalisée, de façon connue, par un dispositif de focalisation par aimants permanents alternés.

10 Ce dispositif de focalisation est constitué par la succession, selon l'axe du tube, d'aimants permanents et de masses polaires, annulaires. Les faces de même nom des aimants sont placées en vis-à-vis.

15 La focalisation par aimants alternés présente surtout l'avantage d'être plus légère que les autres types de focalisation, par solénoïde ou par aimant permanent unique.

Par contre, lorsqu'on utilise un dispositif de focalisation par aimants permanents alternés, des difficultés se posent pour réaliser la sortie de l'énergie hyperfréquence du tube.

20 En effet, le champ de débordement d'un aimant permanent, ou d'une suite d'aimants permanents alternés, est plus faible que celui d'un solénoïde. On est alors obligé, pour assurer jusqu'au bout une bonne focalisation du faisceau, de disposer des aimants permanents et des masses polaires annulaires après que soit réalisée la sortie de l'énergie du tube.

25 Il est donc nécessaire pour réaliser la sortie de l'énergie du tube de traverser le dispositif de focalisation par aimants alternés, tout en perturbant le moins possible le champ magnétique de focalisation du faisceau.

Il est connu d'utiliser pour sortir l'énergie hyperfréquence du 30 tube une ligne coaxiale dont le conducteur central est relié d'une part, à la ligne à retard du tube et d'autre part, à une ligne coaxiale ou à un guide, externes et de dimensions standards ; il est possible de réaliser pour sortir l'énergie une ligne coaxiale de diamètre

extérieur suffisamment faible pour que son encombrement n'excède pas l'épaisseur selon l'axe du tube de l'un des aimants de focalisation annulaires, l'épaisseur des aimants étant déterminée en fonction de la bande de fréquence que doit passer le tube.

5 Ainsi, on réduit au minimum la perturbation apportée au champ magnétique.

L'inconvénient de ce type de sortie par ligne coaxiale de faibles dimensions tient à l'échauffement du conducteur central de la ligne qui se trouve thermiquement isolé ; cet échauffement se produit par effet joule, d'une part et par conduction thermique de la chaleur issue de la ligne à retard, d'autre part. L'évacuation de la chaleur étant très difficile, on aboutit rapidement à des températures incompatibles avec un fonctionnement satisfaisant. De plus, l'élévation de température accroît encore les pertes d'une telle sortie car la résistivité de la ligne coaxiale augmente.

10 Cet inconvénient se manifeste surtout dans le cas des TOP de puissance dont la ligne à retard est en hélice ou dérivée de l'hélice, c'est-à-dire en hélices croisées, du type "ring and bar", du type "ring and loop"..., et présente un faible diamètre par rapport à la longueur d'onde. En effet, dans ce cas on doit évacuer une forte puissance par une ligne coaxiale de faibles dimensions.

15 Ainsi, dans le cas d'un TOP fonctionnant en bande Ku et comportant une ligne à retard en hélice de 4 mm de diamètre interne, une puissance supérieure à 100 Watts doit être évacuée par une ligne coaxiale dont le conducteur central a un diamètre de l'ordre de 0,5 à 0,7 mm. Cette ligne est reliée à une ligne coaxiale ou à un guide de sortie de dimensions standards de l'ordre de la demie longueur d'onde.

20 Enfin, cet inconvénient est d'autant plus sensible que les fréquences à passer sont élevées et que l'épaisseur des aimants annulaires et donc les dimensions de la ligne coaxiale de sortie de l'énergie diminuent.

25 Pour supprimer cet inconvénient, on est alors conduit à disposer un disque en un matériau bon conducteur thermique, entre

le conducteur central et le conducteur externe de la ligne coaxiale qui se trouve, lui, relié à la masse thermique. On peut aussi relier le conducteur central de la ligne à une paroi bien refroidie d'un guide externe de dimensions standards.

5 De telles réalisations sont coûteuses, complexes, et peu efficaces.

La présente invention concerne un dispositif de couplage entre la ligne à retard d'un tube à onde progressive et le circuit externe de transmission de l'énergie du tube qui est constitué par un guide d'onde comportant au moins une nervure.

10 Cette nervure est reliée par l'une de ses extrémités à la ligne à retard du tube et se trouve couplée par son autre extrémité au circuit externe de transmission de l'énergie du tube. Enfin, ce guide d'onde nervuré est contenu dans l'épaisseur, selon l'axe du tube, de l'un des aimants annulaires du dispositif de focalisation du tube.

15 Le dispositif selon la présente invention présente l'avantage d'être bien refroidi, de façon simple et économique, par conduction de la chaleur de la nervure jusque sur les parois du guide nervuré reliées à la masse thermique. De plus, le guide d'onde nervuré est contenu dans l'épaisseur de l'un des aimants annulaires du dispositif de focalisation ; il ne perturbe donc pas plus le champ magnétique que la sortie par ligne coaxiale de l'art antérieur.

20 D'autres objets, caractéristiques et résultats de l'invention ressortiront de la description suivante, donnée à titre d'exemple non limitatif et illustrée par les figures annexées qui représentent.

25 - Les figures 1a et 2, des vues en coupe longitudinale et la figure 1b une vue en coupe transversale d'un dispositif de couplage selon l'art antérieur ;

30 - Les figures 3a, 5 et 6a, des vues en coupe longitudinale et les figures 3b, 6b et 6c des vues en coupe transversale d'un dispositif de couplage selon l'invention ;

- Les figures 4a et 4b, deux vues en coupe transversale permettant de comparer l'encombrement du dispositif selon l'invention et d'un dispositif selon l'art antérieur.

Sur les différentes figures, les mêmes repères désignent les mêmes éléments, mais, pour des raisons de clarté les cotes et proportions des divers éléments ,ne sont pas respectées.

La figure 1a représente une vue en coupe longitudinale d'un dispositif selon l'art antérieur qui assure le couplage entre la ligne à retard en hélice 1 d'un tube à onde progressive et le circuit externe de transmission de l'énergie du tube qui est, sur la figure, un guide d'onde rectangulaire 12.

La focalisation selon l'axe OO' du tube du faisceau d'électrons issu du canon à électrons du tube, qui n'est pas représenté sur la figure, se fait par un dispositif de focalisation par aimants permanents alternés.

Ce dispositif de focalisation 4 est constitué par la succession selon l'axe OO' d'aimants permanents 5 et de masses polaires 6 ; ces aimants et ces masses polaires sont annulaires et entourent le fourreau cylindrique 2, étanche au vide et généralement en cuivre, qui contient la ligne à retard 1. Les faces de même nom des aimants 5 sont placées en vis-à-vis comme cela est indiqué sur la figure.

Des tiges 3 assurent le support de l'hélice 1 dans le fourreau 2. Ces tiges peuvent être en quartz, alumine, glucine ou nitrule de bore. Elles sont généralement brasées au fourreau 2 et peuvent être brasées ou serrées, contre l'hélice 1.

Le dispositif de couplage selon l'art antérieur est constitué par une ligne coaxiale qui traverse l'un des aimants annulaires 5 sans déborder de la largeur de cet aimant selon l'axe OO'. Le conducteur central 7 de cette ligne est relié à l'hélice 1 puis, après la sortie de dispositif de focalisation, se prolonge par une antenne 10 qui est couplée à travers un dôme en céramique ou en verre 11, étanche au vide, à un guide d'onde externe 12 de dimensions standards.

La figure 1b représente une coupe transversale dans le plan AA' de la figure 1a.

Après la traversée du dispositif de focalisation, on peut augmenter le diamètre du conducteur externe 8 de la ligne coaxiale. Il devient alors matériellement possible de braser un anneau 9 en un

- matériau bon conducteur thermique, tel que l'oxyde de beryllium ; cet anneau obstrue l'espace compris entre le conducteur central et le conducteur externe de la ligne coaxiale, il assure donc le refroidissement du conducteur central 7 en le reliant au conducteur externe 8 qui est reliée à la masse thermique du tube. Sur la figure 1a, des flèches représentent symboliquement l'évacuation de la chaleur du conducteur central vers le conducteur externe à travers l'anneau 9. Cet anneau est percé de façon à ce qu'on puisse réaliser le vide, autour de l'antenne.
- La figure 2 représente une vue en coupe longitudinale d'un autre mode de réalisation d'un dispositif de couplage selon l'art antérieur.
- Sur la figure 2, le conducteur central 7 de la ligne coaxiale est relié à la nervure 13 du guide standard externe 12.
- Le conducteur central 7 est donc relié à une partie du guide 12 qui est capable grâce à sa grande surface d'évacuer une grande quantité de chaleur. Sur la figure 2, des flèches représentent symboliquement l'évacuation de la chaleur du conducteur central 7 par la nervure 13 brasée sur l'une des faces du guide d'onde 12.
- Une fenêtre 14 placée dans le guide d'onde 12 assure l'étanchéité au vide du TOP.
- Comme cela a été dit précédemment de tels dispositifs de couplage sont coûteux, complexes et peu efficaces car le conducteur central 7 de la ligne coaxiale reste isolé thermiquement pendant toute la traversée de l'aimant annulaire.
- La figure 3a représente une vue en coupe longitudinale d'un dispositif de couplage selon l'invention.
- Selon l'invention, à la place du tronçon de ligne coaxiale de faibles dimensions, on utilise un tronçon de guide nervuré 17 de faibles dimensions.
- La figure 3b représente une vue en coupe transversale selon le plan AA' de la figure 3a qui montre la section de ce guide nervuré.
- Ce guide nervuré 17 possède une enveloppe de section rectangulaire 15 et comporte une nervure 16 perpendiculaire à l'un des

grands côtés du guide en son milieu ; la nervure s'approche à faible distance du côté opposé du guide.

A l'une de ses extrémités, la nervure est reliée à l'hélice 1.

Le guide 17 est généralement en cuivre et la nervure 16 se trouve brasée sur le guide après que l'enveloppe rectangulaire du guide 15 ait été réalisée.

Ce guide nervuré traverse le dispositif de focalisation par aimants permanents alternés 4 du TOP en étant logé dans l'épaisseur, selon l'axe OO' du TOP, d'un seul aimant annulaire 5.

La nervure 16 se trouve située dans un plan qui contient l'axe OO' du tube, ainsi c'est la plus petite dimension du guide rectangulaire, c'est-à-dire sa largeur, qui est contenue dans l'épaisseur selon l'axe OO' d'un des aimants 5 lors de la traversée par le guide nervuré 17 du focalisateur 4.

La dimension selon l'axe OO' du petit côté du guide nervuré, c'est-à-dire de sa largeur, est donc imposée par l'épaisseur selon l'axe OO' des aimants 5 du focalisateur. Cette dimension est typiquement de 3 mm et peut même être inférieure à 3 mm.

Mise à part sa largeur 1, les autres dimensions du guide, qui sont repérés sur la figure 4a - longueur L de l'enveloppe 15 du guide c'est-à-dire dimension du grand côté du guide, épaisseur e de la nervure, distance d entre la nervure 16 et la face opposée de l'enveloppe 15 - sont déterminées ensuite de façon à obtenir la bande passante, la fréquence de coupure, et l'impédance caractéristique recherchées sans que les pertes diélectriques soient excessives. On peut choisir L, e et d dans une grande plage de valeurs.

L'impédance caractéristique peut être facilement réglée dans une plage considérable (30 à 100 ohms par exemple) en ajustant l'épaisseur e de la nervure sans modifier sensiblement la fréquence de coupure ni la bande passante.

Les dimensions typiquement obtenues peuvent être :

$L = 7 \text{ mm}$

$e = 3 \text{ mm}$

- $e = 1,5 \text{ mm}$
- $d = 0,2 \text{ mm}$

5 La fréquence de coupure est typiquement de 10 GHz et la bande passante de plusieurs octaves. Les pertes diélectriques du guide demeurent suffisamment faibles pour cette utilisation.

La longueur du guide nervuré nécessaire pour la traversée du focalisateur est typiquement de 10 à 15 mm.

10 La résistance thermique de la nervure est celle d'un barreau de cuivre de volume approximatif  $10 \times 1,5 \times 3 \text{ mm}^3$ .

15 Cette résistance thermique est très faible et sans commune mesure avec celle qui limite le transfert thermique sur un tronçon de ligne coaxiale de dimensions analogues.

Il y a donc transfert de la chaleur tout le long de la nervure vers les parois du guide nervuré, reliées à la masse thermique comme cela est représenté symboliquement par des flèches sur la figure 3a. Un bon refroidissement du dispositif de couplage est ainsi réalisé.

20 Les pièces polaires 6 adjacentes au guide nervuré peuvent être soudées ou brasées au guide nervuré ; elles peuvent aussi être mises en contact thermique avec lui par l'intermédiaire d'un matériau bon conducteur thermique tel que de la graisse thermique. On obtient ainsi une évacuation de la chaleur maximale.

25 Les pièces polaires 6 jouent également un rôle important de renfort mécanique au niveau des parois les plus minces du guide nervuré qui sont disposées selon sa longueur L. En effet, on a tendance à diminuer le plus possible l'épaisseur e' des parois du guide nervuré selon sa longueur pour diminuer l'encombrement du tube selon l'axe OO' afin que le guide puisse être logé dans l'épaisseur d'un aimant.

30 Les figures 4a et 4b représentent deux vues en coupe transversale permettant de comparer l'encombrement du dispositif selon l'invention et d'un dispositif selon l'art antérieur.

On constate que l'encombrement selon l'axe OO' peut être le même pour le guide nervuré que pour la ligne coaxiale ; ainsi le

guide comme la ligne coaxiale tient dans l'épaisseur d'un seul aimant. Par contre, dans la direction perpendiculaire à OO' le guide est plus encombrant que la ligne coaxiale mais, l'expérience montre que la perturbation du champ magnétique est négligeable.

5 On peut augmenter perpendiculairement à l'axe OO' la dimension de l'aimant annulaire traversé par le guide nervuré de façon à compenser, au point de vue magnétique, le manque de matériau magnétique dû au passage du guide.

10 A l'extrémité du guide nervurée opposée au tube, on peut utiliser de nombreux dispositif de connexion à la ligne coaxiale ou au guide, externes et de dimensions standards.

15 L'utilisation d'un guide nervuré permet en utilisant une propriété de ce type de guides, de diminuer les dimensions du guide qui traverse le focalisateur tout en permettant de passer une bande de fréquence donnée. Passé le focalisateur, on relie le guide nervuré à un guide ou à une ligne coaxiale, standards dont les dimensions (transversales pour le guide) sont de l'ordre de la demi-longueur d'onde.

20 Sur la figure 5, on a représenté, vue en coupe transversale, la connexion du guide nervuré 15 qui traverse le focalisateur à un guide rectangulaire externe 12 de dimensions standards.

25 La nervure 16 du guide 15 se prolonge en une antenne 10 autour de laquelle est brasé un dôme 11 étanche, en céramique ou en verre. Ce dôme pénètre dans le guide rectangulaire 12 de dimensions standards et excite dans ce guide le couplage de l'énergie haute fréquence selon le mode TE 01. Ce type de connexion a l'avantage de n'utiliser qu'un nombre minimal de pièces sous vide. En particulier, le guide externe 12 n'a pas besoin d'être sous vide et devient une simple pièce d'habillage.

30 Il est bien entendu que le guide externe de dimensions standards peut être d'une section autre que rectangulaire et disposé dans une direction différente de celle représentée à titre d'exemple sur la figure 5.

La connexion du guide nervuré au guide externe peut aussi se

faire en mettant en contact l'antenne 10 qui prolonge la nervure avec l'une des parois du guide standard ou avec une nervure que porte ce guide, dans une disposition analogue à celle représentée sur la figure 2 ; dans ce cas l'étanchéité du tube est assurée par une fenêtre brasée dans le guide standard.

5 Le guide nervuré qui traverse le focalisateur peut aussi être relié à une ligne coaxiale : la nervure 16 est reliée au conducteur central de la ligne coaxiale et l'enveloppe 15 au conducteur externe. Une fenêtre étanche est alors prévue dans la ligne coaxiale.

10 Enfin, le guide nervuré qui traverse le focalisateur peut aussi être relié à un autre guide nervuré de dimensions standards.

Dans ce cas, la nervure 16 du guide qui traverse le focalisateur est reliée à la nervure de l'autre guide nervuré de dimensions standards.

15 Cet autre guide nervuré peut comporter deux nervures qui se font face comme cela est représenté sur la figure 6a, où ce guide nervuré standard est repéré par 12 et les nervures par 13 et 18.

20 Les figures 6b et 6c sont des coupes transversales de la figure 6a dans les plans BB' et AA' qui montrent les deux nervures du guide nervuré standard et la nervure 16 du guide nervuré 17 qui traverse le focalisateur qui est reliée ou qui se prolonge en l'une des nervures 18.

25 Le guide nervuré qui traverse le focalisateur peut également comporter deux nervures qui se font face sans se toucher et qui sont perpendiculaires aux grands côtés du guide à enveloppe rectangulaire en leur milieu.

30 Le guide nervuré 17 qui traverse le focalisateur peut avoir une enveloppe 15, à section rectangulaire comme cela est représenté sur les figures ; il peut aussi avoir une enveloppe de toute autre section et comporter une ou deux nervures se faisant face et perpendiculaires aux parois de cette enveloppe ; en particulier, l'enveloppe 15 peut être circulaire ; dans tous les cas, on a intérêt à disposer la paroi la moins encombrante du guide nervuré parallèlement à l'axe OO', ceci afin que l'encombrement du guide selon l'axe OO' soit

minimal et permette de loger le guide dans l'épaisseur selon OO' de l'un des aimants du focalisateur.

La ou les nervures du guide traversant le focalisateur peuvent subir des variations de leur épaisseur e ou de leur largeur parallèlement à l'axe OO' pour réaliser des adaptations d'impédance ou 5 des transformateurs.

Le dispositif selon l'invention est utilisé de préférence dans les TOP de puissance dont la ligne à retard est en hélice ou d'un type dérivé, ou à cavités couplées, et dont la focalisation est réalisée par 10 aimants permanents alternés. Ce dispositif peut aussi être utilisé dans d'autres tubes hyperfréquences de puissance du type O.

REVENDEICATIONS.

1. Dispositif de couplage entre la ligne à retard d'un tube à onde progressive et le circuit externe de transmission de l'énergie du tube, ce tube étant muni d'un dispositif de focalisation du faisceau d'électrons par aimants permanents alternés, caractérisé en ce qu'il 5 est constitué par un guide d'onde (17) comportant au moins une nervure (16) qui est reliée par l'une de ses extrémités à la ligne à retard (1) du tube et qui est couplée par son autre extrémité au circuit externe (12) de transmission de l'énergie, et caractérisé en ce que ce guide d'onde nervuré est contenu dans l'épaisseur selon 10 l'axe du tube (OO') de l'un des aimants annulaires (5) du dispositif de focalisation (4).
2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que la paroi la moins encombrante du guide nervuré (17) est disposée parallèlement à l'axe (OO') du tube.
- 15 3. Dispositif selon la revendication 2, caractérisé en ce que le guide d'onde nervuré (17) a une enveloppe rectangulaire (15), les petits côtés de cette enveloppe étant disposés parallèlement à l'axe (OO') du tube et au moins l'un des grands côtés portant une nervure (16) qui lui est perpendiculaire en son milieu.
- 20 4. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que l'épaisseur (e) de la nervure (16) et sa largeur parallèlement à l'axe (OO') du tube sont variables.
- 25 5. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que la nervure (16) se prolonge en une antenne (10) autour de laquelle est brasé un dôme isolant (11) assurant l'étanchéité au vide, ce dôme pénétrant dans un guide d'onde standard (12).
- 30 6. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que la nervure (16) se prolonge en une antenne (10) qui est placée en contact avec la nervure d'un autre guide nervuré standard qui comporte une fenêtre étanche ou avec l'une des parois d'un guide externe standard qui comporte une fenêtre étanche.
7. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé

en ce que la nervure (16) est reliée au conducteur central d'une ligne coaxiale, une fenêtre annulaire obstruant l'espace compris entre le conducteur central et le conducteur externe de la ligne.

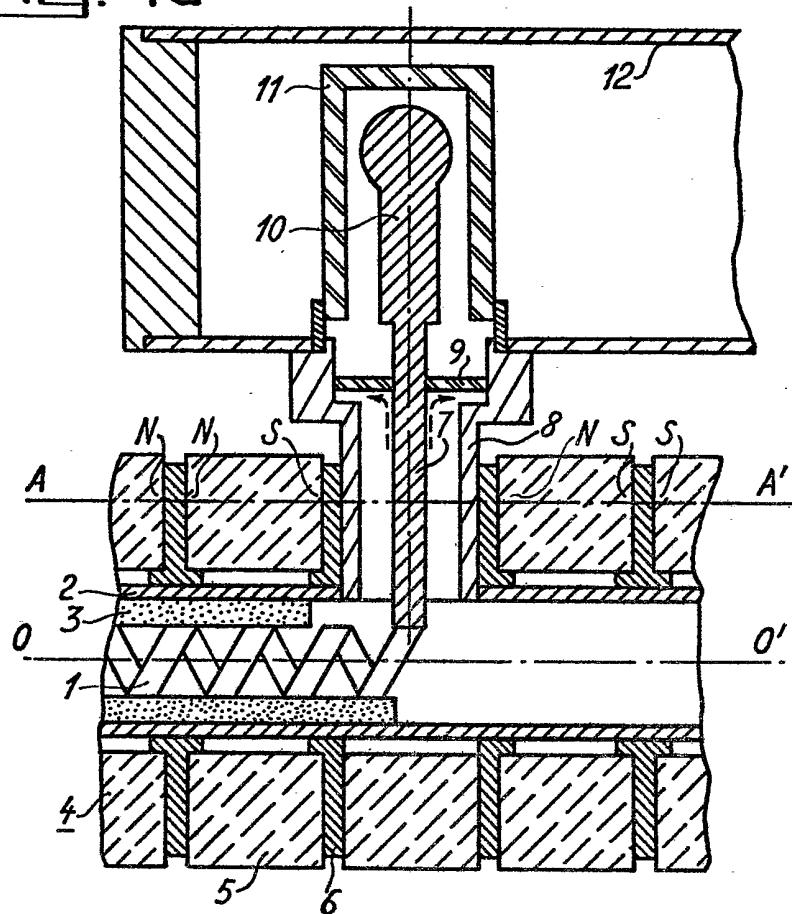
5        8. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que la nervure (16) est reliée à une nervure (18) d'un guide nervuré standard (12) qui comporte une fenêtre étanche.

9. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que le guide nervuré (17) comporte deux nervures qui se font face.

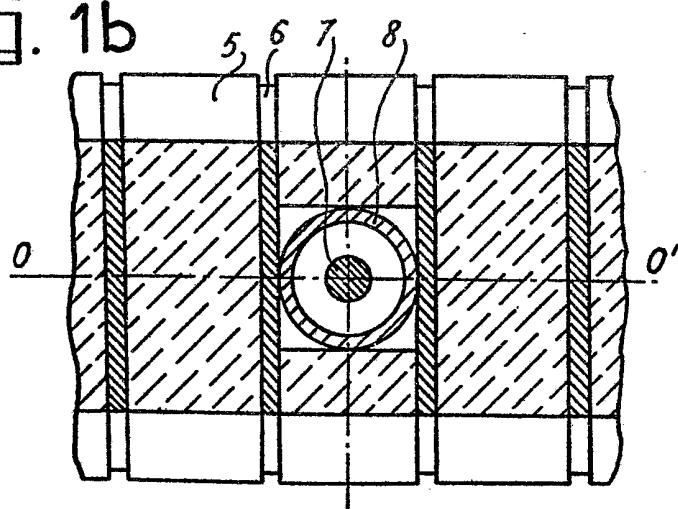
10        10. Tube à onde progressive, caractérisé en ce qu'il comporte un dispositif selon l'une des revendications 1 à 9.

1/6

10. 1a

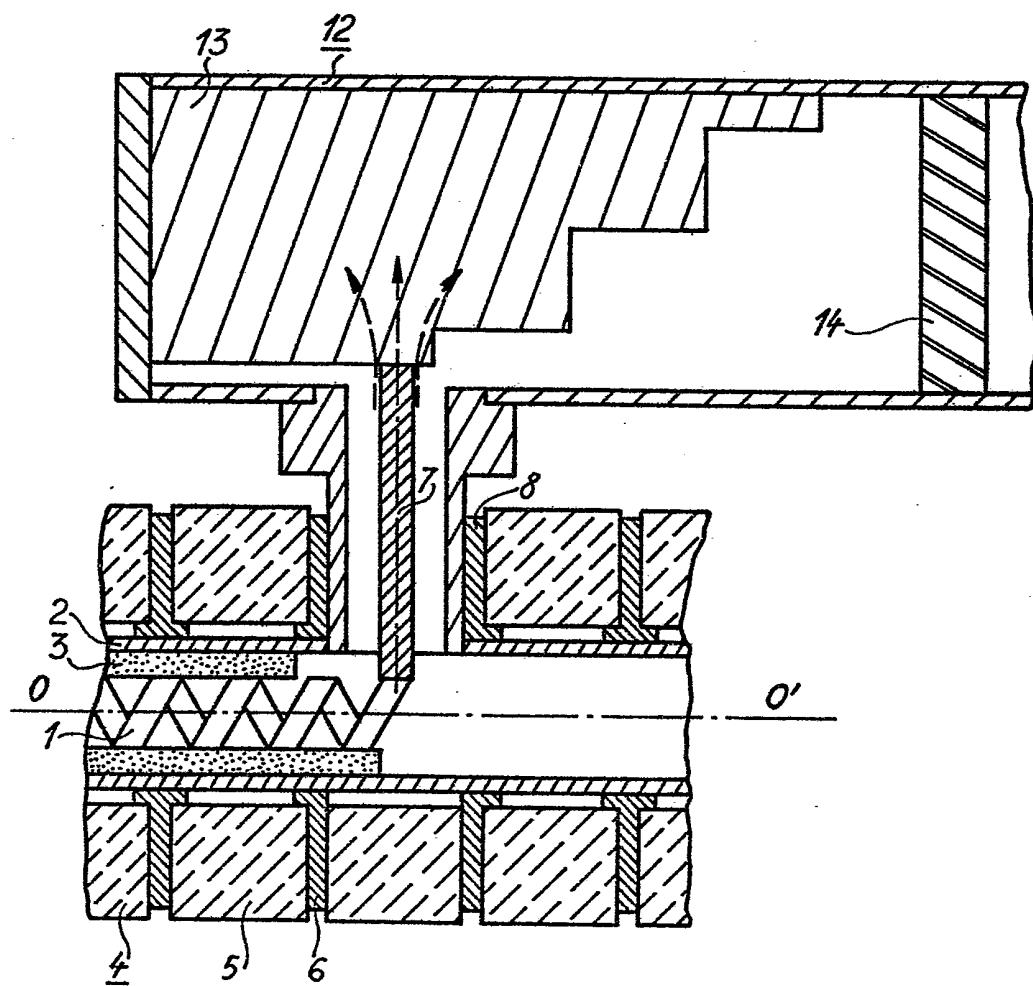


10. 1b



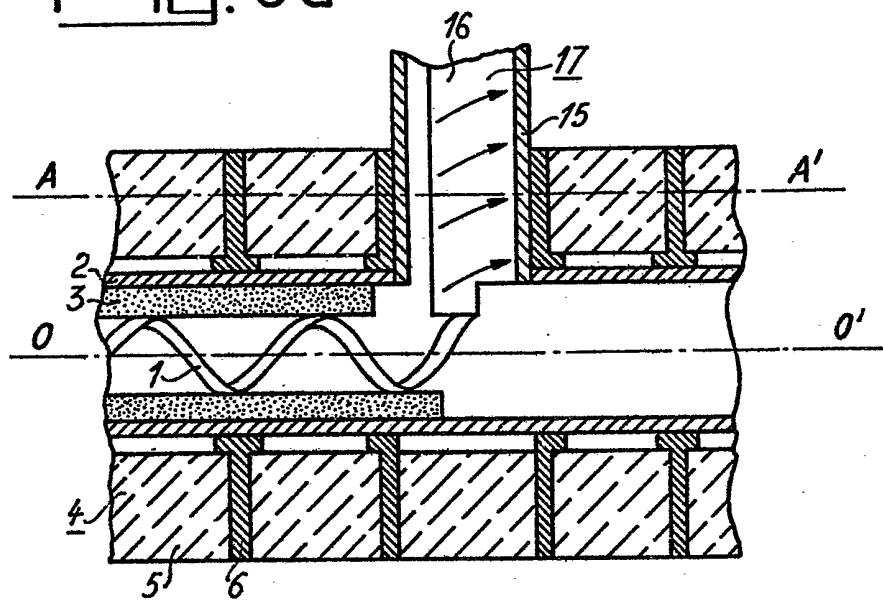
2/6

10.2

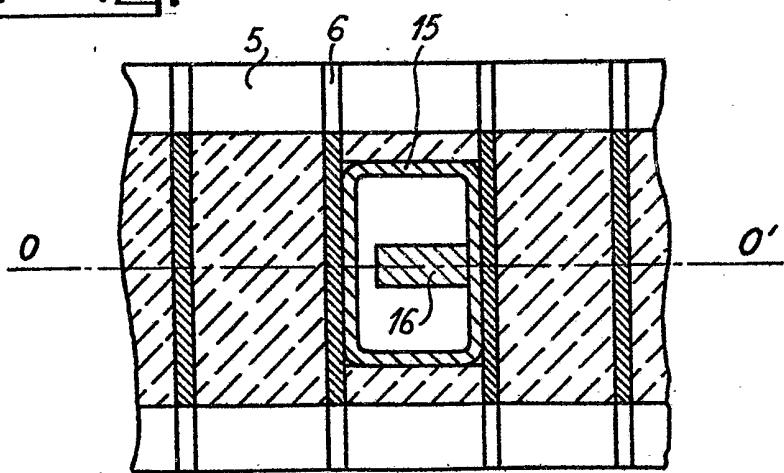


3/6

□. 3a

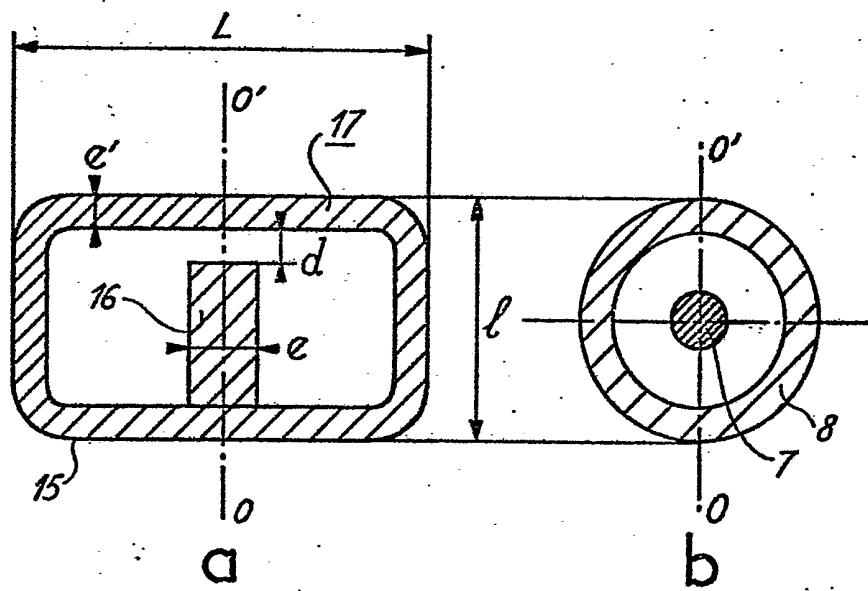


□. 3b



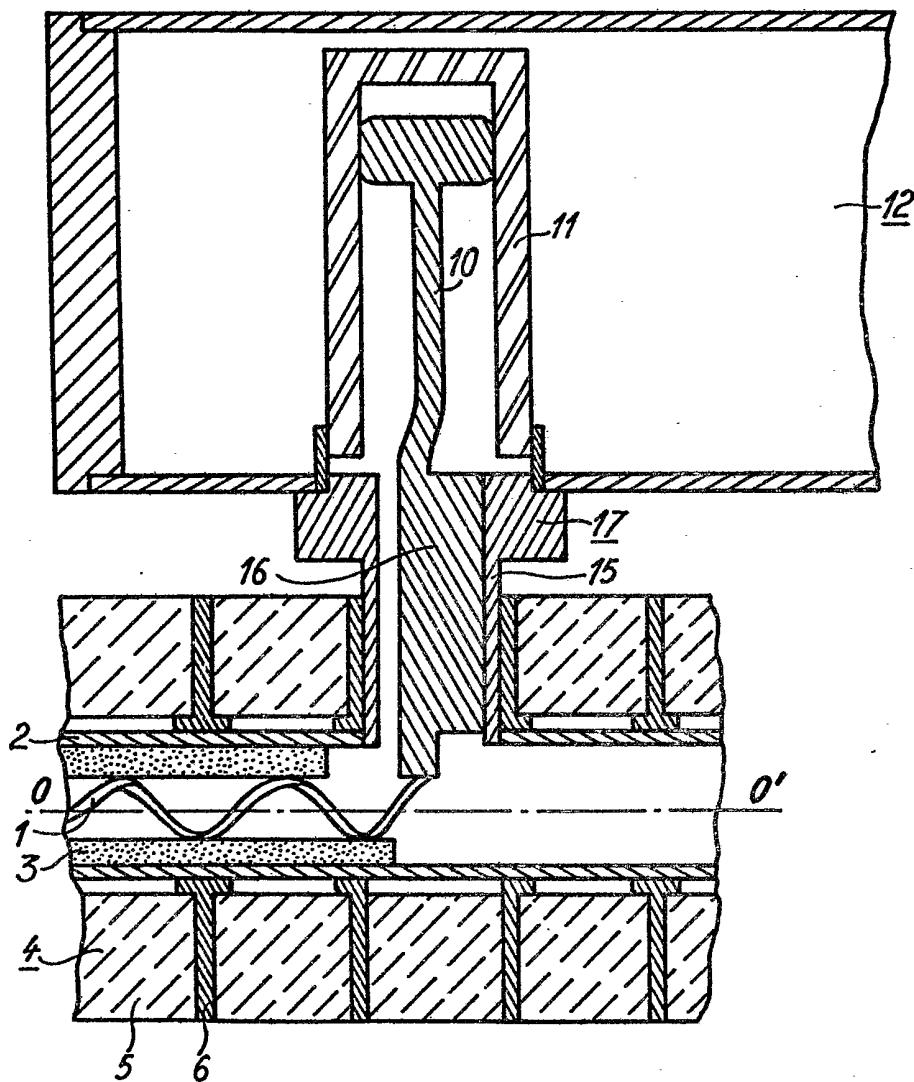
4/6

□ □ . 4

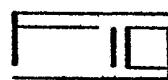


5/6

□ □ .5



6/6

 . 6