

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

Numéro de dépôt: 87401023.4

Int. Cl.⁴: **H 01 J 23/20**
H 01 J 25/10

Date de dépôt: 05.05.87

Priorité: 30.05.86 FR 8607825

Date de publication de la demande:
 09.12.87 Bulletin 87/50

Etats contractants désignés: DE FR GB IT

Demandeur: **THOMSON-CSF**
 173, Boulevard Haussmann
 F-75379 Paris Cédex 08 (FR)

Inventeur: **Tran Duc Tien**
THOMSON-CSF SCPI 19, avenue de Messine
 F-75008 Paris (FR)

Faillon, Georges
THOMSON-CSF SCPI 19, avenue de Messine
 F-75008 Paris (FR)

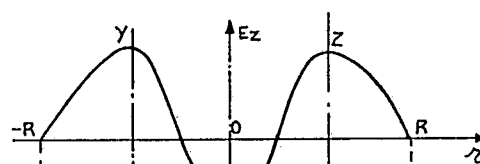
Mandataire: **Courtellemont, Alain et al**
THOMSON-CSF SCPI 19, avenue de Messine
 F-75008 Paris (FR)

Klystron à faisceaux multiples.

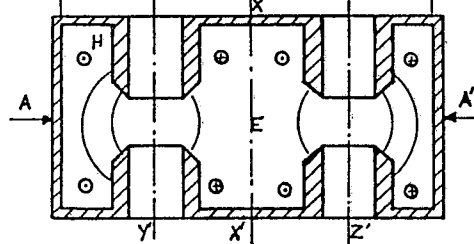
Les cavités résonnantes (3) du klystron à faisceaux multiples sont dimensionnées de manière à fonctionner, de façon optimale, en mode TM_{02} et les tubes de glissement relatifs aux faisceaux, traversent les cavités du klystron aux endroits où le champ électrique, dans les cavités, passe par un maximum absolu.

Une telle réalisation permet d'obtenir des klystrons de grande puissance, capables de fonctionner à des fréquences élevées.

FIG_5



FIG_6



Description

KLYSTRON A FAISCEAUX MULTIPLES

La présente invention concerne les klystrons à faisceaux multiples.

Les klystrons à faisceaux multiples sont bien connus de l'art antérieur ; dans la description des figures 1 et 2 le principe de ces klystrons et leur structure seront rappelés.

Un grand avantage de ces klystrons est qu'ils sont particulièrement adaptés à un fonctionnement à grande puissance.

En effet, on démontre que pour une même puissance haute fréquence, la tension d'accélération appliquée entre l'anode et une cathode du klystron est beaucoup plus faible dans un klystron à faisceaux multiples que dans un klystron à un seul faisceau. Or quel que soit le type de klystron, la nécessité de moduler la vitesse du faisceau d'électrons impose à cette tension d'accélération une même limite supérieure à partir de laquelle le faisceau n'est plus modulable. En conséquence, on peut obtenir avec un klystron à faisceaux multiples une puissance haute fréquence beaucoup plus élevée que celle qu'il est possible d'obtenir avec un klystron à un seul faisceau.

Le problème qui se pose est qu'il n'est pas possible avec les klystrons à faisceaux multiples de l'art antérieur d'obtenir des grandes puissances à des fréquences élevées.

En effet aux fréquences élevées, les dimensions des klystrons deviennent très petites. On est alors limité par les dimensions des tubes de glissement des cavités dont les orifices doivent être suffisamment grands pour permettre le passage d'un faisceau d'électrons, dont la densité ne doit pas atteindre un niveau prohibitif, et cela d'autant plus qu'on veut obtenir des puissances élevées.

En pratique, des problèmes se posent lorsque l'on cherche à produire des puissances de plusieurs dizaines de mégawatts, à des fréquences de plusieurs milliers de mégahertz.

La présente invention permet de réaliser des klystrons à faisceaux multiples, de très grande puissance, et à des fréquences très élevées.

Selon l'invention un klystron à faisceaux multiples, comportant plusieurs cavités résonnantes, est caractérisé en ce que ces cavités sont dimensionnées de telle façon que le klystron fonctionne, de façon optimale, en mode TM_{0n} (n : nombre entier supérieur à 1) et en ce que les tubes de glissement du klystron traversent les cavités en passant par une région où, même en l'absence de ces tubes, le champ électrique passerait par un maximum absolu.

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 :

- la figure 1, une vue en coupe longitudinale d'un mode de réalisation d'un klystron à faisceaux multiples ;

- la figure 2, une vue en coupe selon la direction AA' indiquée sur la figure 1 ;

- les figures 3 et 5, la variation du champ

électrique longitudinal dans une cavité, respectivement, dans le cas d'un klystron fonctionnant en mode TM_{01} et en mode TM_{02} ;

- les figures 4 et 6, une vue en coupe d'une cavité d'un klystron à faisceaux multiples dans laquelle a été représentée la distribution des champ électrique et magnétique, respectivement, dans le cas d'un klystron fonctionnant en mode TM_{01} et en mode TM_{02} .

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.

Les klystrons à plusieurs faisceaux sont des klystrons perfectionnés pour lesquels on cherche à la fois la compacité, le haut rendement tout en n'utilisant qu'une faible tension accélératrice.

On sait qu'avec la conception conventionnelle des klystrons, ces trois dernières exigences sont contradictoires. En effet, le haut rendement ne peut être obtenu qu'avec un faisceau de faible pénétrance, c'est-à-dire de haute tension. Or, la longueur des klystrons croît comme la racine carrée de la haute tension.

Pour contourner cette difficulté, on peut diviser le faisceau en plusieurs faisceaux élémentaires.

Le principe peut être expliqué comme suit : soit un faisceau divisé en N faisceaux élémentaires, de courant I , accéléré à une tension V et soit p la pénétrance et n le rendement de conversion entre la puissance d'alimentation $V I$ et la puissance de haute fréquence P . Les relations suivantes sont vérifiées :

$$I = p \sqrt{3/2}$$

$$P = np \sqrt{5/2}$$

Si l'on accélère N de ces faisceaux élémentaires, en parallèle, par la même tension V , la puissance de haute fréquence totale P_{TOT} est :

$$P_{TOT} = N \cdot n \cdot p \cdot V^{5/2}$$

On a donc

$$V = \left(\frac{P_{TOT}}{N \cdot n \cdot p} \right)^{2/5}$$

Pour une même puissance de haute fréquence, la tension d'accélération appliquée entre l'anode et la cathode est donc divisée par le facteur $N^{2/5}$.

Pour $N = 6$, la tension d'accélération est divisée par $6^{2/5}$, c'est-à-dire sensiblement par un facteur 2.

La figure 1 représente de façon schématique une vue en coupe longitudinale d'un mode de réalisation d'un klystron à plusieurs faisceaux.

Ce tube comporte un canon à électrons avec des cathodes qui portent la référence 1 et une anode qui porte la référence 2. Cette anode est percée de trous disposés en face des cathodes.

Ce klystron comporte quatre cavités de réson-

nance 3 qui servent à moduler les faisceaux en vitesse. Des tubes de glissement 4 relient les cavités entre elles et permettent d'assurer l'étanchéité.

Les cavités de résonance 3 sont de type ré-entrant. Elles interagissent avec le champ électromagnétique excité dans ces cavités, par une source extérieure, non représentée dans le cas de la première cavité qui est la plus proche du canon à électrons, ou par ces faisceaux eux-mêmes dans les cavités suivantes.

La focalisation des faisceaux est réalisée par un ensemble de bobines 5, disposées autour des cavités 3. On voit sur la figure 1 qu'on a disposé de part et d'autre de l'ensemble de bobines 5, deux plaques de blindage 6, en matériau magnétique, par exemple en fer doux. Ces plaques sont percées de trous de diamètre très voisin de ceux des faisceaux, de façon à permettre le passage des faisceaux des canons à électrons dans les cavités puis des cavités vers le collecteur 7.

Sur la figure 1, on a représenté deux faisceaux d'électrons 8 et 9.

Ces plaques 6 sont des surfaces équipotentiellles d'un point de vue magnétique et contribuent à créer le long du tube un champ magnétique aussi constant que possible.

La plaque de blindage 6 située du côté des canons permet d'empêcher le champ de fuite des bobines d'atteindre les cathodes.

Pour cela les orifices que porte cette plaque de blindage 6 comportent un renflement 10 dirigé vers les cathodes. De plus, un cylindre 11 en matériau magnétique est accolé à cette plaque de blindage 6. Ce cylindre 11 est relié à d'autres pièces 12, qui sont en céramique, pour des raisons d'isolation. Enfin, on peut utiliser une anode 2 en matériau magnétique pour parfaire le blindage des cathodes.

La figure 2 est une vue en coupe selon la direction AA' indiquée sur la figure 1. On voit sur cette coupe que le klystron de la figure 1 comporte six tubes de glissement 4, donc comporte six faisceaux d'électrons. On a représenté les extrémités d'une cavité 3, mais le dispositif de focalisation n'a pas été représenté.

Les tubes de glissement sont disposés selon un cercle centré sur l'axe longitudinal XX' du tube. L'écart angulaire entre les tubes est constant. Ainsi, le champ électrique a une configuration identique, dans chaque cavité, entre les parties des tubes de glissement qui se font face.

Les klystrons à faisceaux multiples connus de l'art antérieur fonctionnent toujours en mode TM_{01} , c'est-à-dire à la fréquence la plus basse.

Il est d'usage dans les tubes hyperfréquences de fonctionner au mode fondamental.

La figure 3 montre la variation du champ électrique longitudinal E_z , après l'introduction de tubes de glissement, dans une cavité lorsqu'on se déplace selon un axe r , qui partage la cavité en son milieu et qui est perpendiculaire à l'axe longitudinal XX' du klystron, tel qu'il est représenté sur la figure 1.

Ce champ présente deux maxima situés dans l'espace d'interaction séparant les tubes de glissement comme cela se comprend en considérant la figure 4, où l'on a représenté, de façon schématique,

et en correspondance avec la figure 3, la distribution des champs électrique et magnétique dans une cavité, vue en coupe. Avant l'introduction des tubes de glissement le champ E_z présente un seul maximum qui est situé sur l'axe XX' et les tubes de glissement sont placés aussi près possible de ce maximum pour éviter de perturber le champ ; ils perturbent cependant le champ puisqu'ils ne peuvent, du fait de leur nombre et de leurs dimensions être placés selon XX'.

Les klystrons à faisceaux multiples selon l'invention fonctionnent en mode TM_{02} .

L'ensemble du klystron, et les cavités en particulier, sont dimensionnés pour que le klystron fonctionne de façon optimale en mode TM_{02} .

La modification des dimensions des cavités entraîne nécessairement des modifications des autres parties du klystron, telles que par exemple les cathodes ou le dispositif de focalisation.

Ainsi, à dimensions égales, et donc pour une puissance maximum donnée, les cavités résonnent à une fréquence au moins deux fois plus élevée que dans le cas d'un fonctionnement en mode TM_{01} .

Il est également possible si l'on conserve la même fréquence que dans le cas d'un fonctionnement en mode TM_{01} d'augmenter les dimensions des cavités pour obtenir plus de puissance.

Le fonctionnement en mode TM_{02} permet donc d'obtenir des klystrons à faisceaux multiples, de plus grande puissance, et à une fréquence plus élevée, que ne le permet le fonctionnement en mode TM_{01} .

Les figures 5 et 6, établies dans le cas d'un klystron à faisceaux multiples fonctionnant en mode TM_{02} , correspondent aux figures 3 et 4 établies dans le cas d'un fonctionnement en mode TM_{01} .

La figure 5 représente donc les variations du champ électrique longitudinal E_z selon l'axe r , aussi bien avant qu'après l'introduction des tubes de glissement dans la cavité.

La figure 6 représente la distribution des champs électrique et magnétique dans une cavité vue en coupe.

Avant même l'introduction des tubes de glissement dans la cavité, le champ électrique longitudinal E_z présente deux maxima selon l'axe r , c'est à dire que le champ est maximum dans une région en forme de cylindre d'axe XX' ; les tubes de glissement traversent la cavité en passant par cette région, c'est à dire en passant là où le champ électrique est aussi constant que possible.

Dans les espaces d'interaction situés entre les tubes de glissement le champ magnétique est pratiquement nul, ce qui est favorable au maintien des trajectoires des faisceaux d'électrons dans la bonne direction.

Dans le cas d'un fonctionnement en mode TM_{02} les axes YY' et ZZ' des tubes de glissement sont relativement plus éloignés de l'axe XX' que dans le cas d'un fonctionnement en mode TM_{01} . Les tubes de glissement sont donc relativement plus écartés les uns des autres dans le cas d'un fonctionnement en mode TM_{02} . Il est donc possible d'augmenter le diamètre de leur orifice à travers lequel se propage un faisceau d'électrons, ce qui permet de monter en

puissance.

En conséquence, le mode TM_{02} facilite la réalisation de klystrons à faisceaux multiples par rapport au mode TM_{01} .

Dans le cas des klystrons à faisceaux multiples, on peut sans problème choisir de fonctionner en mode TM_{02} car les faisceaux modulés ne contiennent pas de sous-harmoniques. On ne risque donc pas un fonctionnement en mode TM_{01} , avec de mauvaises performances. Même s'il y a des sous-harmoniques, on peut éviter aisément qu'ils soient égaux à la fréquence du mode TM_{01} .

Il est à noter que cette invention n'est pas limitée au cas d'un klystron fonctionnant en mode TM_{02} mais peut s'étendre à tous les modes TM_{0n} , avec n entier supérieur à 1 ; les tubes de glissement seront alors placés dans la zone d'un maximum absolu (c'est à dire d'une valeur positive ou négative maximum) du champ électrique comme c'est le cas décrit avec le mode TM_{02} .

Revendications

1. Klystron à faisceaux multiples, comportant plusieurs cavités résonnantes (3), caractérisé en ce que ces cavités (3) sont dimensionnées de telle façon que le klystron fonctionne, de façon optimale, en mode TM_{0n} (n : nombre entier supérieur à 1) et en ce que les tubes de glissement du klystron traversent les cavités en passant par une région où, même en l'absence de ces tubes, le champ électrique passerait par un maximum absolu.

2. Klystron selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte un dispositif de focalisation (5), disposé autour de ses cavités (3) et en ce qu'il comporte un dispositif de blindage constitué :

- de deux plaques (6), en matériau magnétique, disposées de part et d'autre du dispositif de focalisation (5), et percées de trous permettant le passage des faisceaux, l'une des deux plaques étant disposée entre les canons du klystron et les cavités ;

- d'un cylindre (11), en matériau magnétique, accolé à la plaque (6) située entre les canons et les cavités ;

- d'une anode (2), en matériau magnétique.

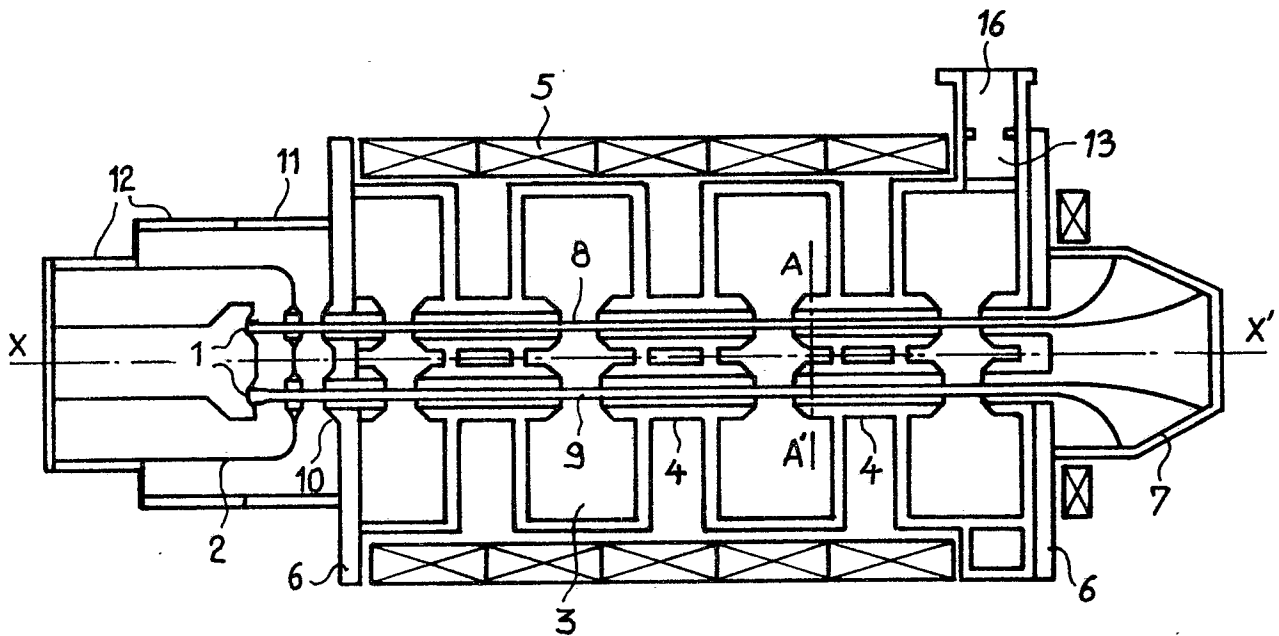
55

60

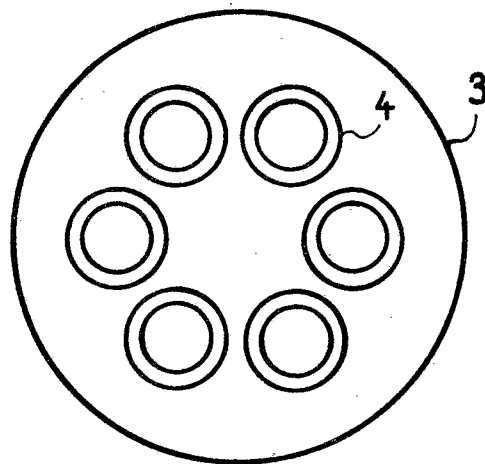
65

4

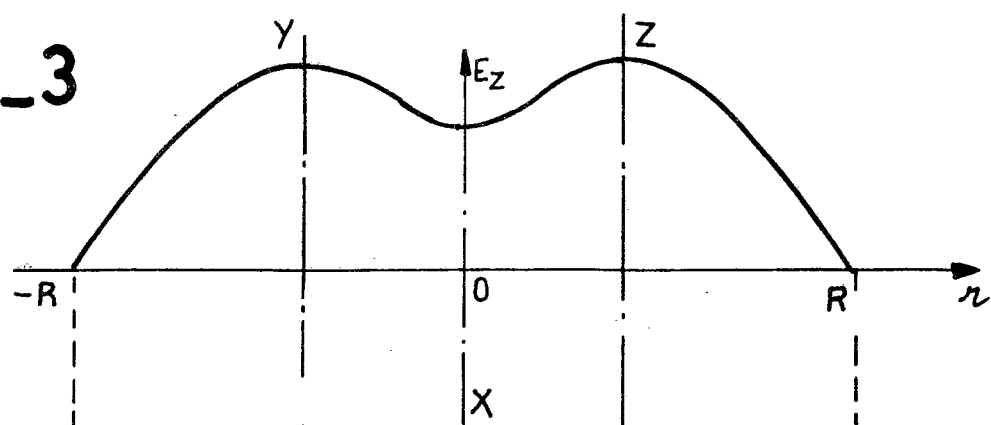
FIG_1



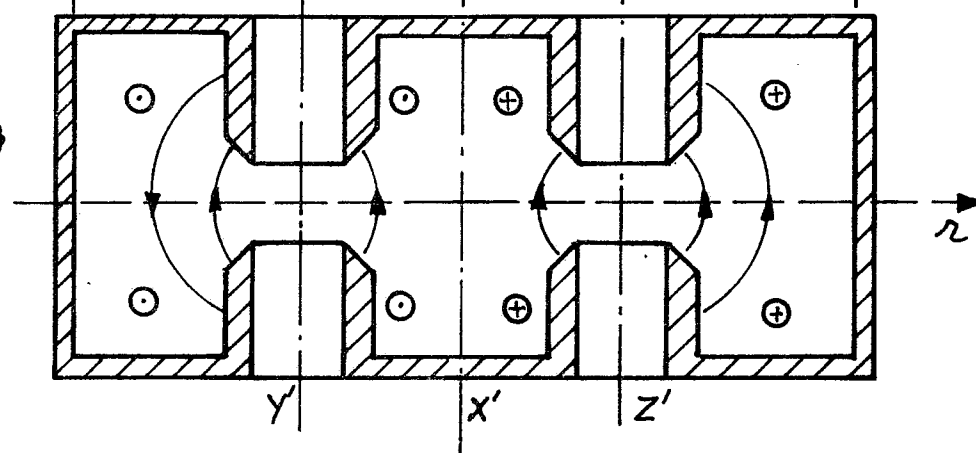
FIG_2



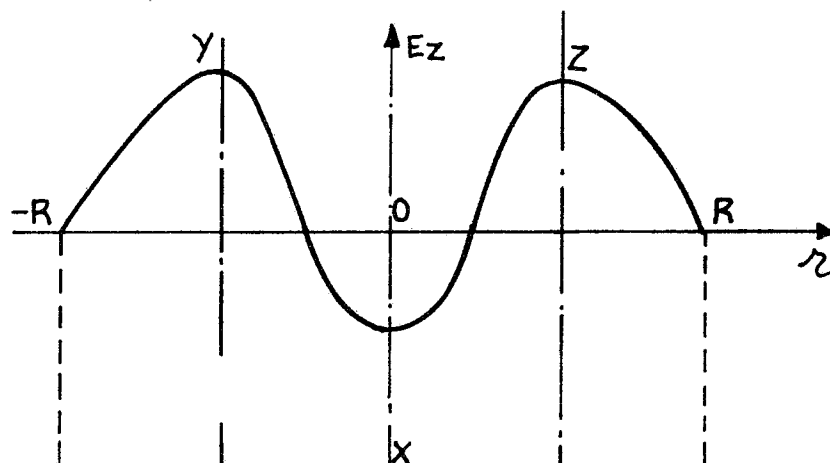
FIG_3



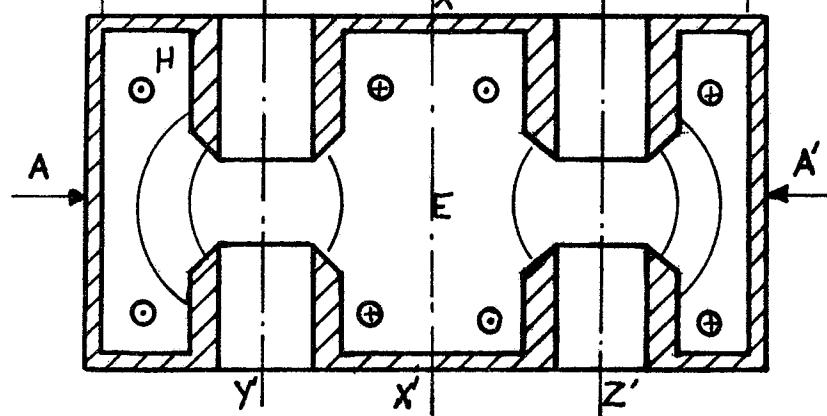
FIG_4



FIG_5



FIG_6





DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl. 4)
Y	US-A-2 500 944 (W.W. HANSEN) * En entier *	1	H 01 J 23/20 H 01 J 25/10
Y	EP-A-0 121 294 (FUJITSU) * Page 8, ligne 3 - page 11, ligne 12; figures 6,7 *	1	
A	US-A-2 305 884 (C.V. LITTON) * Figures *	2	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl. 4)
			H 01 J
Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 24-08-1987	Examineur LAUGEL R.M.L.
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES			
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	