

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

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

**2 729 001**

②① N° d'enregistrement national : **94 15959**

⑤① Int Cl<sup>®</sup> : G 21 C 3/356, 3/352, 17/06

**CETTE PAGE ANNULE ET REMPLACE LA PRECEDENTE**

⑫ **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION**

**A1**

②② Date de dépôt : 30.12.94.

③⑦ Priorité :

④③ Date de la mise à disposition du public de la demande : 05.07.96 Bulletin 96/27.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Ce dernier n'a pas été établi à la date de publication de la demande.*

⑥⑦ Références à d'autres documents nationaux apparentés :

⑦① Demandeur(s) : FRAMATOME SOCIETE ANONYME — FR et COGEMA COMPAGNIE GENERALE DES MATIERES NUCLEAIRES — FR.

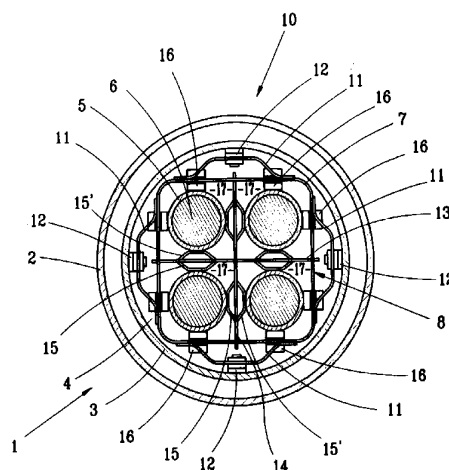
⑦② Inventeur(s) : BROSSET ALAIN et GENIN CHARLES.

⑦③ Titulaire(s) :

⑦④ Mandataire : CABINET LAVOIX.

⑤④ **GRILLE DE MAINTIEN DE GAINES DE CRAYONS DE COMBUSTIBLE DANS UN TUBE D'ESSAI.**

⑤⑦ La grille entretoise comporte une ceinture (7) fermée ayant un contour polygonal et présentant des faces planes (8). Des pattes d'appui (11) sont fixées sur chacune des faces planes (8) de la ceinture (7), en saillie vers l'extérieur de la ceinture (7). Un ressort d'appui (12) est fixé sur chacune des pattes d'appui (11) de manière à venir en appui sur la surface interne du canal d'essai (4) pour assurer le maintien de la grille entretoise. Des cellules (17) de réception des gaines (5) sont ménagées à l'intérieur de la ceinture (7), par des parois (13, 14) solidaires de la ceinture (7). Des ressorts (16) et bossettes (15, 15') disposés symétriquement autour de l'axe de la grille entretoise (10) placé suivant l'axe du tube d'essai (1) assurent le maintien des gaines tubulaires (5).



FR 2 729 001 - A1



L'invention concerne une grille de maintien de gaines tubulaires de crayons de combustible dans un tube d'une boucle d'essai.

Les assemblages de combustible pour réacteur  
5 nucléaire et en particulier pour réacteur nucléaire refroidi par de l'eau sous pression comportent généralement un faisceau de crayons de combustible maintenus à l'intérieur d'une ossature comportant en particulier des grilles-entretoises de maintien transversal des crayons,  
10 suivant un réseau régulier. Chacun des crayons de combustible comporte une gaine constituée par un tube en un matériau métallique qui peut être par exemple un alliage de zirconium, dans lequel sont empilées des pastilles de matériau combustible nucléaire.

15 La gaine du crayon combustible constitue une barrière destinée à éviter le contact direct entre l'eau de refroidissement du réacteur nucléaire et les pastilles de matériau combustible. Les gaines de crayons de combustible doivent résister à l'attaque par le fluide de refroidissement du réacteur ainsi qu'aux contraintes ther-  
20 miques et aux conditions d'irradiation à l'intérieur du coeur du réacteur nucléaire, sans subir de fissuration ou de rupture, pendant un séjour de longue durée à l'intérieur du réacteur nucléaire.

25 On cherche donc à perfectionner les matériaux avec lesquels on réalise les tubes de gainage et des éléments de structure des assemblages de combustible des réacteurs nucléaires.

Dans le cadre du développement de nouveaux maté-  
30 riaux pour tubes de gainage et éléments de structure, on a effectué des essais à l'intérieur de boucles dans lesquelles on cherche à simuler le mieux possible les conditions d'utilisation des tubes de gainage et éléments de structure à l'intérieur du coeur d'un réacteur nucléaire.

On connaît en particulier des boucles d'essai qui sont constituées par un circuit destiné à reproduire les conditions régnant dans le circuit primaire d'un réacteur nucléaire à eau sous pression.

5 De l'eau à très haute température et à très haute pression est mise en circulation dans la boucle qui comporte au moins un tube d'essai délimitant un canal de passage rectiligne, dans lequel on dispose au moins une gaine pour crayon de combustible, dans la direction  
10 axiale du tube d'essai.

Des pastilles de combustible dégageant de la chaleur à l'intérieur de la gaine sont simulées par un élément de chauffage électrique introduit à l'intérieur de la gaine.

15 Le tube d'essai peut être placé à l'intérieur du coeur d'un réacteur d'essai, de manière que la ou les gaines tubulaires se trouvent exposées à un flux de neutrons comparable au flux régnant dans le coeur d'un réacteur nucléaire refroidi par de l'eau sous pression.

20 On place généralement plusieurs gaines tubulaires, par exemple quatre gaines, à l'intérieur d'un tube d'essai, dans des dispositions comparables à la disposition des crayons de combustible à l'intérieur d'un assemblage.

25 Les gaines doivent donc être maintenues dans des directions transversales, à l'intérieur du tube d'essai, de manière à constituer un réseau régulier analogue au réseau des crayons dans un assemblage de combustible. De plus, le tube d'essai est parcouru dans sa direction  
30 axiale par un courant de fluide de refroidissement à très grande vitesse qui exerce sur les gaines et sur leurs structures de maintien, des forces tendant à entraîner ou à déplacer les gaines et les structures de maintien.

Il est également nécessaire de reconstituer au  
35 mieux, à l'intérieur du tube d'essai, les conditions

hydrauliques de circulation du fluide de refroidissement, au contact de crayons d'un assemblage combustible.

De manière à assurer le maintien de gaines tubulaires de crayons de combustible dans un tube d'essai et  
5 à reproduire les conditions de circulation d'un fluide de refroidissement dans le coeur d'un réacteur nucléaire, on a déjà utilisé des portions de grilles d'assemblages combustibles fixées à l'intérieur d'un tube d'essai dans une disposition perpendiculaire à l'axe du tube, de  
10 manière à assurer le maintien de gaines en cours d'essai. Cette solution ne s'est pas avérée tout-à-fait satisfaisante, dans la mesure où il est difficile d'assurer la fixation d'une portion de grille à l'intérieur du tube d'essai. En outre, la constitution des grilles-entretoises  
15 d'assemblages combustibles n'assure pas une disposition parfaitement symétrique des différentes gaines dans l'écoulement du fluide de refroidissement à l'intérieur du tube d'essai. Les gaines peuvent donc être soumises à des conditions d'essai, en ce qui concerne les échanges  
20 thermiques et les contraintes exercés par le fluide de refroidissement, qui ne sont pas parfaitement identiques.

Le but de l'invention est donc de proposer une grille de maintien transversal et axial de gaines tubulaires de crayons de combustible dans un tube d'essai  
25 dont la surface interne délimite un canal rectiligne de passage de fluide de refroidissement à section circulaire dans lequel les gaines sont disposées dans une direction axiale et maintenues suivant un réseau régulier dans des plans transversaux perpendiculaires à l'axe du canal,  
30 cette grille permettant de réaliser un maintien efficace des gaines à l'intérieur du tube d'essai et d'exposer les gaines à des écoulements identiques de fluide de refroidissement.

Dans ce but, la grille de maintien suivant l'invention comporte une ceinture ayant un contour polygonal  
35

et présentant des faces planes, des pattes d'appui fixées chacune sur une face plane de la ceinture en saillie vers l'extérieur de la section polygonale et comportant chacune un ressort d'appui sur la surface interne du tube d'essai, des parois de délimitation de cellules de réception des gaines à l'intérieur de la ceinture et des ressorts et bossettes de maintien des gaines dans les cellules ayant des dispositions analogues dans chacune des cellules.

De préférence, des ressorts de maintien des gaines sont fixés sur les faces de la ceinture, en saillie vers l'intérieur de la section polygonale et des bossettes de maintien des gaines sont prévues sur les parois de séparation, dans des dispositions en vis-à-vis les unes par rapport aux autres.

Afin de bien faire comprendre l'invention, on va maintenant décrire à titre d'exemple non limitatif, en se référant aux figures jointes en annexe, un mode de réalisation d'une grille-entretoise suivant l'invention assurant le maintien de quatre gaines à l'intérieur d'un tube d'essai.

La figure 1 est une vue en coupe transversale d'un tube d'essai dans lequel est placée une grille-entretoise suivant l'invention.

La figure 2 est une vue en élévation latérale de la grille-entretoise représentée sur la figure 1.

Sur la figure 1, on voit un tube d'une boucle d'essai de gaines de crayons de combustible désigné de manière générale par le repère 1.

Le tube d'essai comporte une enveloppe externe 2 et une enveloppe interne 3 de forme tubulaire et disposées de manière coaxiale l'une par rapport à l'autre. Les enveloppes tubulaires 2 et 3 du tube d'essai 1 sont constituées par des tubes en acier inoxydable.

L'enveloppe externe 2 assure la tenue du tube d'essai à la pression du fluide de refroidissement mis en circulation dans la boucle d'essai. L'enveloppe 3 délimite un canal 4 de passage du fluide de refroidissement dans la direction axiale du tube d'essai.

Généralement, le tube d'essai est placé avec son axe dans la direction verticale et le canal de passage 4 est alimenté en eau sous pression de refroidissement par sa partie inférieure, par l'intermédiaire de l'espace annulaire entre les enveloppes 2 et 3.

Le tube d'essai 1 permet de réaliser des essais, simultanément sur quatre tubes 5 qui sont placés avec leurs axes parallèles à l'axe du tube d'essai 1.

Chacune des gaines de crayons de combustible 5 est constituée par un tube, par exemple en alliage de zirconium ayant un diamètre extérieur qui peut être un peu inférieur à 10 mm.

A l'intérieur de chacun des tubes de gainage 5 est introduit un élément 6 de chauffage électrique dont le diamètre extérieur est sensiblement égal au diamètre intérieur du tube de gainage 5. L'alimentation en courant électrique de l'élément de chauffage 6 permet de réaliser un dégagement de chaleur destiné à simuler un dégagement de chaleur par des pastilles de matériau combustible empilées à l'intérieur d'un tube de gainage.

Les quatre tubes de gainage 5 sont maintenus dans des directions transversales et dans la direction axiale, à l'intérieur du tube d'essai 1 par des grilles-entretoises selon l'invention telles que la grille 10 représentée sur les figures 1 et 2.

Pour assurer le maintien des tubes de gainage 5 sur toute leur longueur, on peut utiliser par exemple un ensemble de grilles-entretoises espacées l'une de l'autre suivant la longueur des tubes de gainage 5, d'une distance de l'ordre de 500 mm.

La grille-entretoise 10 comporte une structure qui peut être réalisée en une seule pièce par usinage par électroérosion d'une ébauche, de préférence en acier inoxydable et qui comporte une ceinture 7 ayant une

5 section de forme carrée à angles arrondis et deux parois de séparation 13 et 14 perpendiculaires entre elles délimitant, à l'intérieur du contour carré de la ceinture 7, quatre cellules 17 de forme carrée destinées à recevoir chacune un tube de gainage 5 disposé à l'intérieur de la

10 cellule correspondante avec un certain jeu. La ceinture 7 comporte quatre faces planes 8 sur chacune desquelles est fixée par des points de soudure 9, une patte d'appui 11 réalisée par pliage d'une plaquette en acier inoxydable ou par usinage. Chacune des pattes d'appui 11 présente

15 la forme d'un élément profilé dont la section transversale de forme trapézoïdale à angles arrondis comporte deux bords longitudinaux qui sont rapportés contre les faces 8 de la ceinture 7 et fixés par les points de soudure 9, de manière que la patte d'appui 11 se trouve en saillie par rapport à la face 8 correspon-

20 dante de la ceinture 7, vers l'extérieur de la section de forme carrée de la ceinture 7.

Chacune des pattes d'appui 11 fixée sur la ceinture 7 comporte une face plane parallèle à la face plane

25 correspondante 8 de la ceinture 7 disposée en saillie vers l'extérieur sur laquelle est fixé un ressort 12 comportant une lame d'appui 12a cintrée et en saillie vers l'extérieur par rapport à la patte d'appui correspondante 11.

30 Les ressorts 12 qui peuvent être constitués par une lame en alliage de nickel pliée sous la forme d'une épingle peuvent être fixés contre la face plane de la patte d'appui 11, par engagement à travers une fente traversant la paroi de la patte d'appui et par soudage.

La grille-entretoise 10 comporte de plus deux parois internes 13 et 14 qui sont formées au moment de l'usinage de la structure de la grille-entretoise en une seule pièce. Les parois 13 et 14 sont disposées suivant  
5 deux plans médians de la ceinture 7 de forme carrée, de manière à délimiter quatre cellules 17 de forme carrée disposées symétriquement autour de l'axe de la grille-entretoise. Les parois 13 et 14 à angles droits comportent chacune au moins deux ensembles de bossettes 15, 15'  
10 en saillie de part et d'autre de la paroi, de manière à venir en saillie chacune à l'intérieur d'une des cellules 17 délimitées par les parois 13 et 14. Dans chacune des cellules 17, deux bossettes 15 et 15' sont en saillie, sur deux parois consécutives de la cellule.

15 Sur les deux autres faces de la cellule 17 constituées par deux parties successives de la ceinture 7 disposées à angle droit, sont fixés deux ressorts 16 placés chacun en vis-à-vis d'une bossette 15 ou 15' de la paroi 13 ou 14 correspondante.

20 Les ressorts 16 qui sont des ressorts à lame peuvent être réalisés par pliage et cintrage d'une bande en alliage de nickel. Chacun des ressorts à lame 16 comporte une partie d'appui cintrée en saillie par rapport à la face plane de la ceinture, à l'intérieur d'une  
25 cellule assurant le logement d'un tube de gainage 5 et une partie cintrée en saillie vers l'extérieur de la ceinture 7.

Chacune des quatre cellules 17 délimitées à l'intérieur de la ceinture 7 par les parois 13 et 14  
30 assure le logement d'un tube de gainage 5 qui vient en appui à l'intérieur de la cellule 17, sur deux ensembles d'appui constitués chacun d'un ressort 16 et d'une butée 15 ou 15' disposés en vis-à-vis sur deux faces opposées de la cellule 17.



Les bossettes 15, 15' et ressorts d'appui 16 de la grille-entretoise 10 sont dans des dispositions symétriques autour de l'axe de la grille-entretoise 10 confondu avec l'axe du tube d'essai 1.

5 Il est possible de prévoir deux bossettes en face de chacun des ressorts 16, espacées dans la direction axiale, de manière que le tube de gainage 5 vienne en appui suivant un premier plan diamétral, contre un ressort 16 et deux bossettes 15 ou 15' et suivant un  
10 second plan diamétrale à 90°, contre un ressort 16 et deux bossettes 15 et 15'. Le tube de gainage 5 est ainsi maintenu en six points d'appui à l'intérieur d'une cellule 17 de la grille-entretoise.

15 Les quatre crayons 5 sont disposés et maintenus de la même manière dans les cellules 17 de la grille-entretoise.

La répartition entièrement symétrique des bossettes et des ressorts assure une circulation d'eau de refroidissement parfaitement identique autour de chacun  
20 des tubes de gainage 5.

En outre, les ressorts 12 dont les points d'appui sont disposés suivant deux génératrices du tube d'essai 1 situées dans deux plans diamétraux perpendiculaires entre eux assurent un maintien efficace de la grille-  
25 entretoise à l'intérieur du canal de passage 4 du tube de gainage, contre les forces de direction axiale exercées par l'eau de refroidissement en circulation dans le canal de passage 4. Les tubes de gainage 5 sont en outre maintenus dans les directions transversales de manière très  
30 efficace par les ressorts 16 et les bossettes 15 et 15' disposés dans les cellules 17 de la grille-entretoise, de manière symétrique autour de l'axe du tube d'essai 1.

L'invention ne se limite pas au mode de réalisation qui a été décrit.

C'est ainsi qu'on peut imaginer des grilles-entretoises comportant un nombre de cellules différent de quatre pour assurer le maintien, à l'intérieur du tube d'essai, d'un nombre quelconque de tubes de gainage. Cependant, dans tous les cas, les bossettes et ressorts de maintien des tubes de gainage à l'intérieur des cellules de la grille doivent être disposés de manière à assurer des conditions de circulation du fluide de refroidissement identiques, autour de chacun des tubes de gainage dont on réalise l'essai. La grille-entretoise est conçue de manière à perturber le moins possible l'écoulement du fluide de refroidissement dans le tube d'essai.

Dans le cas d'un nombre de cellules différent de quatre, les ressorts et bossettes de maintien des tubes de gainage à l'intérieur des cellules peuvent être associés aux faces planes de la ceinture et aux parois, d'une manière différente de celle qui a été décrite.

Les pattes d'appui en saillie vers l'extérieur de la grille-entretoise et fixées sur les faces planes de la ceinture peuvent présenter une forme différente de celle qui a été décrite.

La ceinture et les parois de la grille peuvent être réalisées à partir de plaquettes métalliques mises en forme et assemblées entre elles.

On peut disposer à l'intérieur du tube d'essai, un nombre quelconque de grilles-entretoises, en fonction de la longueur du tube d'essai et des tubes de gainage.

L'invention s'applique au maintien de tout élément de forme cylindrique ou tubulaire analogue à un crayon combustible, à l'intérieur d'un tube d'une boucle d'essai d'un type quelconque destinée à simuler les conditions d'utilisation d'un crayon combustible dans le coeur d'un réacteur nucléaire.

**REVENDICATIONS**

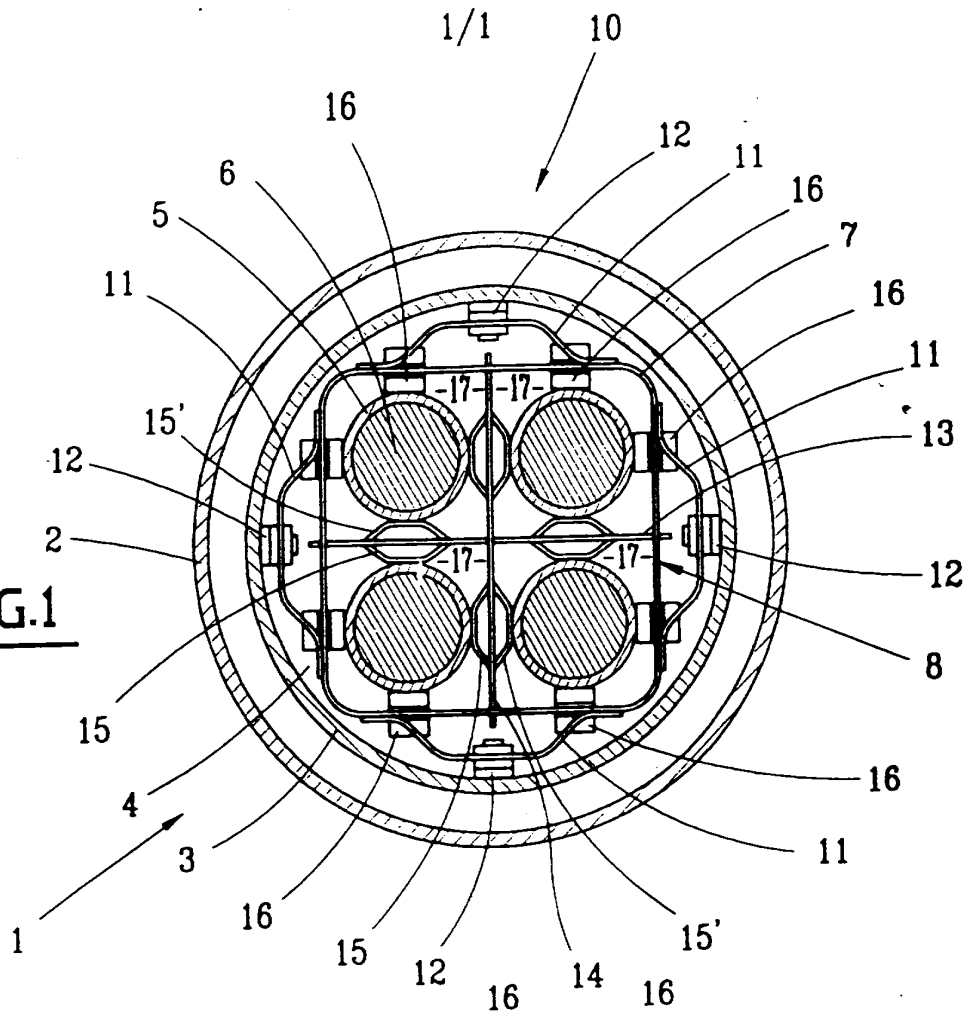
1.- Grille de maintien transversal et axial de gaines tubulaires (5) de crayons de combustible dans un tube d'essai (1) dont la surface interne délimite un canal rectiligne (4) de passage de fluide de refroidissement à section circulaire, dans lequel les gaines (5) sont disposées dans une direction axiale et maintenues suivant un réseau régulier dans des plans transversaux perpendiculaires à l'axe du canal (4), caractérisée par le fait qu'elle comporte une ceinture (7) fermée ayant un contour polygonal et présentant des faces planes (8), des pattes d'appui (11) fixées chacune sur une face plane (8) de la ceinture (7) en saillie vers l'extérieur de la section polygonale et comportant chacune un ressort d'appui (12) sur la surface interne du tube d'essai (1), des parois (13, 14) de délimitation de cellules (17) de réception des gaines (5) à l'intérieur de la ceinture (7) et des ressorts (16) et bossettes (15, 15') de maintien des gaines (5) dans les cellules (17) ayant des dispositions analogues dans chacune des cellules.

2.- Grille de maintien suivant la revendication 1, caractérisée par le fait que les cellules (17) et les bossettes (15, 15') et ressorts (16) des cellules (17) sont disposés de manière symétrique autour de l'axe de la grille-entretoise (10) confondu avec l'axe du tube d'essai (1), de manière que les conditions hydrauliques de circulation du fluide de refroidissement soient identiques autour de chacune des gaines tubulaires (5).

3.- Grille de maintien suivant l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisée par le fait que les ressorts (1) de maintien des gaines (5) sont fixés sur les faces planes (8) de la ceinture (7) de la grille-entretoise (10) et que les bossettes (15, 15') de maintien des gaines (5) sont ménagées sur les plaquettes (13, 14) de séparation des cellules (17).

- 4.- Grille-entretoise suivant la revendication 3, caractérisée par le fait qu'elle comporte, à l'intérieur d'une ceinture (7) ayant une forme carrée, quatre cellules (17) délimitées par deux parois (13, 14) disposées  
5 perpendiculairement l'une par rapport à l'autre, sur chacune desquelles sont ménagés aux moins deux ensembles de deux bossettes placées de part et d'autre de la paroi, de manière à se trouver en saillie dans les cellules (17) de part et d'autre de la paroi (13, 14).
- 10 5.- Grille-entretoise suivant l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisée par le fait que les pattes d'appui (11) de la grille-entretoise (10) sont fixées par soudure chacune sur une face plane (8) de la ceinture (7) de la grille-entretoise (10).
- 15 6.- Grille-entretoise suivant l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisée par le fait que chacune des pattes d'appui (11) de la grille-entretoise est constituée par un élément profilé ayant une section transversale en forme de trapèze comportant une face  
20 plane parallèle à la face plane (8) correspondante de la ceinture (7) et deux bords longitudinaux par l'intermédiaire desquels la patte d'appui (11) est fixée sur la face plane (8) de la ceinture (7).
- 25 7.- Grille-entretoise suivant l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisée par le fait que la ceinture (7) et les parois de séparation (13, 14) de la grille-entretoise (10) sont réalisées en une seule pièce par usinage.
- 30 8.- Grille-entretoise suivant la revendication 7, caractérisée par le fait que la ceinture (7) et les parois (13, 14) réalisées en une seule pièce sont en acier inoxydable.
- 35 9.- Grille-entretoise suivant la revendication 8, caractérisée par le fait que les pattes d'appui (11) sont en acier inoxydable.

10.- Grille-entretoise suivant l'une quelconque  
des revendications 1 à 9, caractérisée par le fait que  
les ressorts d'appui (12) fixés sur les pattes d'appui  
(11) de la ceinture (7) de la grille-entretoise et les  
5 ressorts de maintien (16) des gaines tubulaires (5) sont  
en alliage de nickel.

FIG.1FIG.2