

A1

**DEMANDE  
DE BREVET D'INVENTION**

⑰

**N° 80 24984**

⑤④

Structure précontrainte en béton comprenant deux plaques reliées par un treillis, procédé pour la fabriquer, éléments pour la mise en œuvre du procédé et application à la constitution d'un élément de tablier de pont, de couverture ou de plancher.

⑤①

Classification internationale (Int. Cl.<sup>3</sup>). E 01 D 7/02, 19/00; E 04 C 2/34; E 04 G 21/12.

②②

Date de dépôt..... 25 novembre 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° 21 du 28-5-1982.

⑦①

Déposant : Société anonyme dite : BOUYGUES, résidant en France.

⑦②

Invention de : Pierre Richard.

⑦③

Titulaire : *Idem* ⑦①

⑦④

Mandataire : Cabinet Regimbeau, Corre, Martin et Schrimpf,  
26, av. Kléber, 75116 Paris.

L'invention concerne une structure en béton précontraint ayant un comportement de dalle évidée, notamment pour constituer un tablier de pont, une couverture ou un plancher.

Le but de l'invention est de combiner une structure à treillis et la précontrainte par câble extérieur pour optimiser au maximum les avantages de ces deux techniques.

La structure de l'invention comprend, de façon caractéristique, deux plaques en béton armé ou précontraint disposées en vis-à-vis et reliées par un treillis multidirectionnel en béton armé ou précontraint disposé dans le volume compris entre les tables, des massifs en béton situés entre les deux plaques et solidaires de l'une des plaques au moins, et des câbles de précontrainte de la structure ancrés à leurs extrémités dans certains des massifs et passant à l'intérieur dudit volume et/ou dans le voisinage des plaques en restant à l'extérieur du béton du treillis.

Parmi toutes les réalisations d'une telle structure, on donne la préférence à celles qui présentent une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :

- 20 - le treillis forme des pyramides,
- le treillis est constitué de barres ou de plaques,
- le béton présent dans une section dudit volume compris entre les plaques par un plan médian sensiblement parallèle aux plaques est fourni au moins à 50% par des barres du treillis,
- 25 - le treillis est constitué d'éléments préfabriqués rigides comprenant au moins un groupe d'au moins deux barres et d'au moins une traverse, les deux barres et la traverse étant disposées suivant les trois côtés d'un triangle,
- 30 - les plaques comportent aux intersections du treillis et des plaques, des noeuds dont certains au moins présentent des gorges pour guider et/ou dévier les câbles de précontrainte de la structure.

L'invention concerne également un procédé pour la réalisation d'une telle structure à partir de ces éléments de treillis.

Selon l'invention, on préfabrique au moins une plaque comportant des réserves propres à recevoir chacune un point de rencontre de deux barres d'un élément de treillis, on dispose des éléments de treillis préfabriqués sur la plaque en sorte que les points de rencontre choisis soient placés dans les réserves, on coule du béton dans les réserves autour desdits points pour constituer des noeuds et solidariser la plaque et les éléments de treillis en une unité rigide transportable.

Selon un autre aspect de l'invention, on utilise certaines des traverses des éléments de treillis pour réaliser la partie difficile du coffrage de l'autre plaque de la structure, le reste du coffrage étant réalisable au moyen de coffrages simplement glissés entre les éléments de treillis parallèlement à la longueur de l'ouvrage.

De façon typique, certaines des traverses des éléments de treillis se suivent en formant une ligne qui s'étend sur une partie ou sur la totalité de la longueur d'une plaque qui comprend éventuellement des endroits où deux traverses sont accolées et qui éventuellement se rencontrent avec d'autres lignes.

On décrira ci-après une application de l'invention à la construction d'une travée d'un pont, en référence aux figures du dessin joint sur lesquelles :

- la figure 1 est une vue longitudinale schématique du pont ;
- les figures 2 à 5 sont des coupes longitudinales du tablier d'une travée courante du pont à différents endroits échelonnés dans la longueur de la travée ;
- la figure 6 est une coupe longitudinale dans la région de la culée avant du pont ;
- les figures 7 et 8 sont des coupes, respectivement transversale et longitudinale, d'un massif d'ancrage des câbles de précontrainte ;

- la figure 9 est une coupe transversale courante du tablier,

- les figures 10 et 11 sont des coupes verticales longitudinales de la table inférieure courante du tablier d'une travée à deux endroits de cette table ;

- la figure 12 montre des coupes verticales transversales de la table inférieure des figures 10 et 11 à différents endroits de la table ;

- les figures 13 et 14 sont respectivement une vue de dessus d'un noeud de la table inférieure du tablier et une vue de dessous d'un noeud de la table supérieure du tablier,

- la figure 15 est une perspective d'une portion de tablier ;

- la figure 16 est un schéma d'un élément de treillis, et

- la figure 17 illustre le procédé de construction d'une unité transportable comprenant des éléments de treillis solidaires d'une table.

Dans l'énoncé des figures, les mots "longitudinal" et "transversal" signifient respectivement selon la longueur et selon la largeur du pont.

Le pont schématisé sur la figure 1 comporte, de façon en soi connue, un tablier constitué de travées successives 1 et reposant sur des culées d'extrémité 2,3 ainsi que sur des piles intermédiaires 4.

L'invention porte, en premier lieu, sur la structure du tablier du pont et, à titre d'exemple, on décrira ci-après une travée courante du tablier.

Cette travée 2, établie entre deux piles successives, comporte à chaque extrémité un massif. Le tablier de la travée est constitué de deux plaques ou "tables" en béton armé ou précontraint, respectivement inférieure et supérieure, reliées par une triangulation en béton.

L'ensemble est précontraint par des câbles qui courent d'un massif à l'autre en passant dans le volume de la triangulation mais à l'extérieur du béton de la triangulation, et sous le béton de la table inférieure grâce à des passages prévus à cet effet.

La figure 2 est une coupe longitudinale de la travée dans la région de l'extrémité avant de la travée. On voit sur cette figure le massif avant 5 de la travée situé entre les deux tables 6,7 et faisant corps avec elles. On voit également  
5 deux câbles de précontrainte 8,9 qui prennent appui sur le massif 5. Le câble 8, à sa sortie du massif passe dans le volume de la triangulation puis dans un passage 10 ménagé dans la table inférieure 6 ; il subit ensuite une déviation puis file droit le long de la table 6 ; plus loin, il sera dévié en sens inverse,  
10 remontera dans le volume occupé par la triangulation puis aboutira au massif situé à l'autre extrémité de la travée.

La figure 3 est une coupe longitudinale du tablier à un endroit où le câble 9, à son tour, traverse un passage 11 de la table inférieure, puis file droit le long de la  
15 table.

La figure 4 est une coupe longitudinale du tablier à un autre endroit où les deux câbles 8,9 remontent dans le volume de la triangulation. Enfin, la figure 5 est une coupe longitudinale de l'autre extrémité (ou extrémité arrière) de la  
20 travée qui fait apparaître l'autre massif 12 situé entre les tables et faisant corps avec elles.

Les câbles 8 et 9 aboutissent à ce massif, comme on le voit le mieux sur la figure 8.

En fait, selon une particularité de l'invention,  
25 un massif tel que le massif 12 peut avoir un triple rôle :

- assurer provisoirement l'ancrage des câbles de précontrainte (tels que 8,9) au cours de la construction du pont (rôle qui lui sera retiré ultérieurement),
- dévier les câbles de précontrainte d'une  
30 travée à l'autre (comme cela a été schématisé sur la figure 5), et
- transmettre à la pile sur laquelle il se trouve les charges propres et les charges d'exploitation de travées adjacentes à la pile.

Il est à noter que, bien que les massifs soient  
35 généralement situés au droit des piles, il est aussi prévu de les situer autrement.

On a supposé sur la figure 2 que l'extrémité avant de la travée est située au niveau d'un joint de dilatation du pont. Ceci est facultatif.

Des massifs d'ancrage sont normalement prévus sur les culées d'extrémité du pont. La figure 6 montre pour l'exemple un massif d'ancrage 5 sur la culée 3 de l'extrémité avant du pont.

Selon une autre particularité de l'invention, certains au moins des massifs d'ancrage ou de passage des câbles de précontrainte sont de préférence constitués essentiellement de voiles ou de plaques de béton, comme cela apparaît le mieux sur la figure 7 qui est une demi-coupe transversale d'un massif tel que 12. Le massif est constitué de plusieurs sections qui comprennent chacune un voile ou plaque central vertical 14 et des voiles ou plaques latéraux obliques 15,16, les trois voiles ou plaques étant disposés en patte d'oie.

Sur la figure 8, qui est une coupe longitudinale du massif, on voit que le voile central 14 a une étendue nettement plus importante que les voiles latéraux. Les câbles de précontrainte passent ou sont ancrés dans le voile central 14. Le plan de passage des câbles est désigné en 17 sur la figure 7. Les massifs sur culée ont une structure semblable.

L'invention a également pour objet une réalisation particulière de la triangulation.

Selon l'invention, la triangulation est de préférence une structure constituée de barres en béton qui peuvent avoir une section peu importante du fait que les câbles de précontrainte passent à l'extérieur du béton des barres.

De façon typique, les barres rencontrent les tables en des endroits ou "noeuds" dont les formes sont conçues pour dévier les câbles de précontrainte, en tant que de besoin.

La figure 9 qui est une coupe transversale courante du tablier (ou autrement dit, une coupe dans la longueur d'un voussoir) montre les barres 18 de la triangulation qui aboutissent à des noeuds 19,20, respectivement dans la table inférieure 6 et dans la table supérieure 7. Certains des noeuds

comportent des gorges 21 dans lesquelles peuvent passer les câbles de précontrainte tels que les câbles 8 et 9.

Les tables comportent, en tant que de besoin, des nervures qui présentent des passages coopérant avec les gorges des noeuds pour guider et dévier les câbles de précontrainte, soit le long de la table, soit à travers la table.

Ces dispositions apparaissent déjà sur les figures 2 à 5, mais elles sont encore plus apparentes sur les figures 10 et 11 qui sont des coupes verticales longitudinales de la table inférieure à deux emplacements successifs et sur la figure 12 qui montre des coupes verticales transversales effectuées dans ces emplacements. Sur les figures 10 et 11, on a fait abstraction des barres de la triangulation.

Les figures 13 et 14 montrent respectivement un noeud de la table inférieure vu de dessus, et un noeud de la table supérieure vu de dessous.

On a représenté sur la figure 15, une perspective schématique d'une portion de tablier. La flèche 23 désigne sur la figure la direction ~~selon~~ laquelle s'étend le pont. On retrouve sur cette figure certaines des caractéristiques qui ont été décrites précédemment ainsi que d'autres caractéristiques dont il sera fait mention ci-après.

Ainsi, on voit sur la figure que l'ouvrage comporte également des câbles de précontrainte 8', 9', qui s'étendent transversalement (alors que les câbles tels que 8 et 9 s'étendent longitudinalement) et qui sont ancrés dans des massifs ou des voiles en béton, tels que par exemple le voile 24 situé entre les tables 6,7 et faisant corps avec elles. Ces câbles transversaux, comme les câbles longitudinaux, passent à l'extérieur du béton des barres 18 de la triangulation et sont déviés aux endroits de certains des noeuds de la table inférieure.

En variante, les câbles de précontrainte peuvent passer au voisinage de la table supérieure au lieu de passer au voisinage de la table inférieure.

Par l'expression "au voisinage", on veut signifier que les câbles, lorsqu'ils passent sous la table inférieure ou au-dessus de la table supérieure ne s'en écarte pas plus qu'une distance égale à une fraction de la distance des deux tables, par exemple une distance égale à un dixième de la distance entre les tables.

En fait, les câbles sont essentiellement localisés entre les tables.

L'invention concerne aussi, comme cela a déjà été indiqué une technique de construction du tablier du pont.

L'élément de base est généralement un élément de treillis rigide qui, dans un exemple typique, est constitué de deux barres 18 et d'une traverse 25 disposées suivant les trois côtés d'un triangle comme on le voit sur la figure 16.

De préférence :

- dans toute section de barre perpendiculaire à l'axe de la barre, le rapport entre la plus grande et la plus petite dimension de la section n'est pas supérieur à 6,

- les barres ont une longueur comprise dans l'intervalle de 1 à 10 m, de préférence dans l'intervalle de 2 à 6 m,

- les barres ont une section droite comprise dans l'intervalle 0,004 à 0,5 m<sup>2</sup>, de préférence 0,02 m<sup>2</sup> à 0,1 m<sup>2</sup>.

La réalisation figurée présente encore les caractéristiques suivantes :

- l'une des barres est perpendiculaire à la traverse ;

- la traverse se prolonge au-delà de l'autre barre.

La forme de la section droite des barres est indifférente : carrée, rectangulaire, ovale, etc.

La figure 17 illustre schématiquement la réalisation d'une pyramide de treillis au moyen d'éléments de treillis tels que décrits ci-dessus.

La pyramide est constituée au moyen de quatre éléments A,B,C,D qui sont disposés en sorte que chaque élément de treillis fournisse une barre disposée suivant l'une des arêtes de la pyramide. Pour ce faire, les quatre éléments

5 A,B,C,D sont disposés par couple dans deux plans obliques, les points de rencontre des barres des éléments étant rapprochés pour former le sommet de la pyramide, les deux éléments d'un couple ayant leurs deux traverses 25 alignées et deux barres 18 juxtaposées, les deux autres barres 18 étant disposées suivant

10 deux arêtes de la pyramide.

Le sommet de la pyramide est logé dans une réserve 26 d'une plaque et du béton est coulé autour de la réserve pour former un noeud autour de ce sommet et bloquer la pyramide en position.

15 Pendant cette opération, les éléments de treillis sont maintenus par des moyens quelconques appropriés. Si nécessaire, les deux couples sont et restent provisoirement entretoisés jusqu'à rigidification complète.

20 Cette façon de former les noeuds n'est pas limitative.

En pratique, plusieurs pyramides sont ainsi formées simultanément sur la plaque.

25 On comprend que la configuration pyramidale peut être obtenue avec d'autres éléments de treillis et que cette forme, tout en étant préférée, n'est pas limitative.

Ces pyramides P apparaissent sur la figure 15 sauf au premier plan qui passe dans le plan médian d'une file de pyramides et qui ne montre par conséquent que deux éléments de chaque pyramide.

30 On notera que les traverses n'interviennent pas dans la fonction du treillis, leur rôle est de maintenir les barres dans la disposition voulue pendant la réalisation de l'ouvrage et de servir de coffrage pour coffrer les parties de la plaque supérieure qui, ordinairement, sont difficiles à

35 coffrer.

Sur la figure 15, on a représenté les lignes 27 que l'on peut former suivant l'invention avec les traverses

et qui s'étendent sur tout ou partie de la longueur de l'ouvrage, qui comprennent éventuellement des endroits où deux traverses sont accolées et qui, éventuellement, se rencontrent avec d'autres lignes. Ces lignes sont typiques de l'invention.

5 Les câbles de précontrainte sont éventuellement protégés, par exemple par un enrobage de béton qui ne saurait être confondu avec le béton de la triangulation.

L'invention permet de réaliser une économie de béton importante, pouvant aller jusqu'à 30%, dans la  
10 construction d'un pont.

De plus, et ceci est également très important, le rendement défini par le rapport entre la hauteur de la plage verticale où doit passer la ligne de pression (due à la  
15 précontrainte, au poids de la structure et aux charges d'exploitation) et la hauteur totale de la structure (c'est-à-dire la hauteur de la dalle évidée) peut atteindre 0,65 à 0,95 selon les enseignements de l'invention, au lieu de rester dans la gamme 0,35-0,55 obtenue par les procédés classiques.

REVENDICATIONS

1. Structure précontrainte en béton ayant un comportement de dalle évidée, caractérisée en ce qu'elle comprend, en combinaison, deux plaques en béton armé ou précontraint disposées en vis-à-vis et reliées par un treillis multidirectionnel en béton armé ou précontraint disposé dans le volume compris entre les tables, des massifs en béton situés entre les deux tables et solidaires de l'une des plaques au moins, et des câbles de précontrainte de la structure ancrés à leurs extrémités dans certains des massifs et passant à l'intérieur dudit volume et/ou dans le voisinage des plaques, en restant à l'extérieur du béton du treillis.

2. Structure selon la revendication 1, caractérisée en ce que le treillis forme des pyramides.

3. Structure selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisée en ce que le treillis est constitué de barres ou de plaques.

4. Structure selon la revendication 3, caractérisée en ce que le béton présent dans une section dudit volume par un plan médian sensiblement parallèle aux plaques est fourni au moins à 50 % par les barres de la triangulation.

5. Structure selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisée en ce que les câbles de précontrainte subissent des déviations dans des massifs et/ou dans des noeuds formés aux intersections du treillis et des plaques.

6. Structure selon la revendication 5, caractérisée en ce que la plaque inférieure et/ou la plaque supérieure et/ou certains noeuds comportent des gorges ou des passages pour guider le passage des câbles de précontrainte.

7. Structure selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisée en ce que certains des massifs comprennent une plaque dans laquelle passent les câbles de précontrainte.

8. Structure selon la revendication 7, caractérisée en ce que certains massifs comportent de part et d'autre

de cette plaque des plaques obliques qui participent à la transmission de l'effort d'ancrage des câbles à la structure et réalisent la triangulation du massif.

5 9. Structure selon l'une des revendications 1 à 8, caractérisée en ce que les câbles de précontrainte comprennent des câbles disposés selon la longueur de la structure et/ou des câbles disposés selon la largeur de la structure.

10 10. Structure selon l'une des revendications 1 à 8, caractérisée en ce que dans toute section de barre de treillis perpendiculaire à l'axe de la barre, le rapport entre la plus grande et la plus petite dimension de la section n'est pas supérieur à 6.

15 11. Structure selon l'une des revendications 1 à 9, caractérisée en ce que les barres du treillis ont une longueur comprise dans l'intervalle de 1 à 10 m, de préférence dans l'intervalle de 2 à 6 m.

20 12. Structure selon l'une des revendications 1 à 10, caractérisée en ce que les barres du treillis ont une section droite comprise dans l'intervalle 0,004 à 0,5 m<sup>2</sup>, de préférence 0,02 m<sup>2</sup> à 0,1 m<sup>2</sup>.

13. Structure selon l'une des revendications 1 à 11, caractérisée en ce que la plaque inférieure et/ou la plaque supérieure sont pleines ou évidées.

25 14. Procédé pour construire une structure selon l'une des revendications 1 à 13, caractérisé en ce qu'il comprend la préfabrication d'éléments de treillis rigides en béton comprenant au moins un groupe d'au moins deux barres et d'au moins une traverse disposées suivant les trois côtés d'un triangle, le point de rencontre des deux barres constituant un sommet du triangle.

30 15. Procédé selon la revendication 14, caractérisé en ce qu'il comprend la disposition d'éléments de treillis suivant des configurations pyramidales.

16. Procédé selon l'une des revendications 14 ou 15, caractérisé en ce qu'il comprend la préfabrication d'au moins une plaque comportant des réserves, la mise en place d'éléments de treillis sur la plaque avec introduction de certains sommets dans lesdites réserves et le coulage de béton dans lesdites réserves autour desdits sommets pour constituer des noeuds et solidariser la plaque et les éléments de treillis en une unité rigide transportable.
17. Procédé selon l'une des revendications 14 à 16, caractérisé en ce qu'il comprend l'utilisation de certaines des traverses des éléments de treillis pour constituer une partie du coffrage de l'autre plaque de la structure.
18. Procédé selon la revendication 17, caractérisé en ce qu'il comprend l'utilisation de coffrages glissés parallèlement à la longueur de l'ouvrage, entre les éléments de treillis, pour compléter le coffrage de ladite autre plaque.
19. Élément de treillis pour la mise en oeuvre d'un procédé selon l'une des revendications 14 à 18, caractérisé en ce que ledit triangle est un triangle rectangle.
20. Élément de treillis selon la revendication 19, caractérisé en ce que la traverse se prolonge au-delà de son point de rencontre avec l'une des barres.
21. Les structures obtenues par un procédé selon l'une des revendications 14 à 18.
22. Structure selon la revendication 21, caractérisée en ce que certaines des traverses des éléments de treillis se suivent en formant une ligne qui s'étend sur une partie ou sur la totalité de la longueur d'une plaque, qui comprend éventuellement des endroits où deux traverses sont accolées et qui, éventuellement se rencontrent avec d'autres lignes.

23. Application d'une structure selon l'une des revendications 1 à 13, ou selon l'une des revendications 21 ou 22, à la constitution d'un élément de tablier d'un pont.

5           24. Application d'une structure selon l'une des revendications 1 à 13 ou selon l'une des revendications 21 ou 22 à la constitution d'un élément de couverture.

10           25. Application d'une structure selon l'une des revendications 1 à 13 ou selon l'une des revendications 21 ou 22 à la constitution d'un élément de plancher.

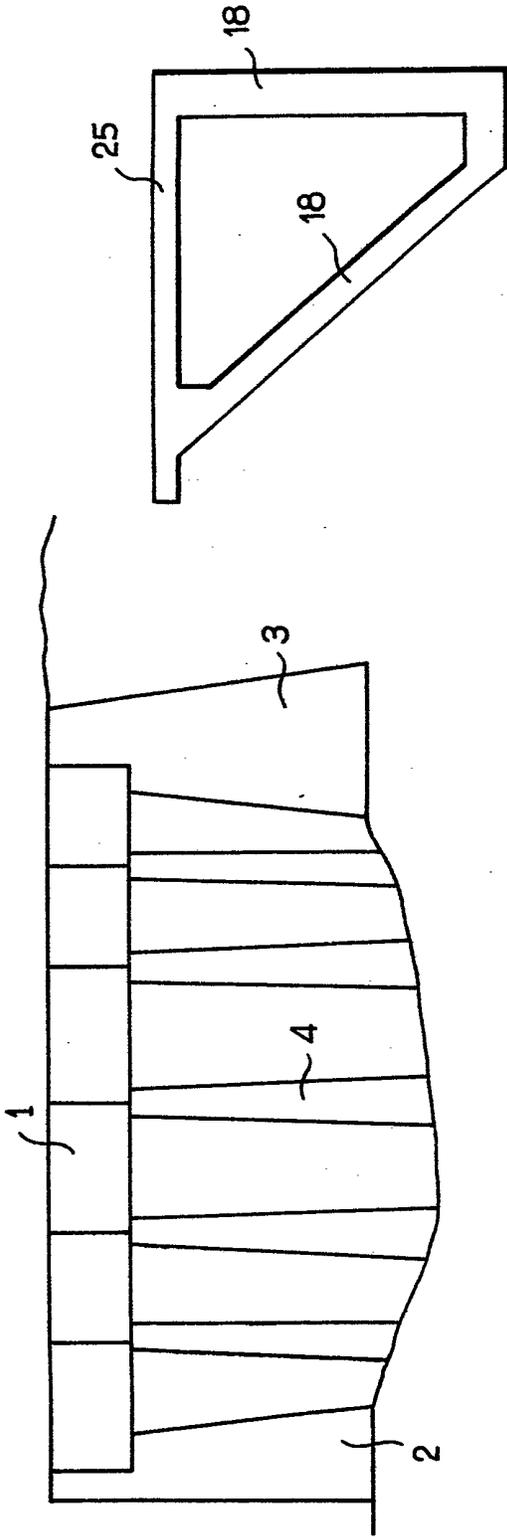


FIG. 1

FIG. 16

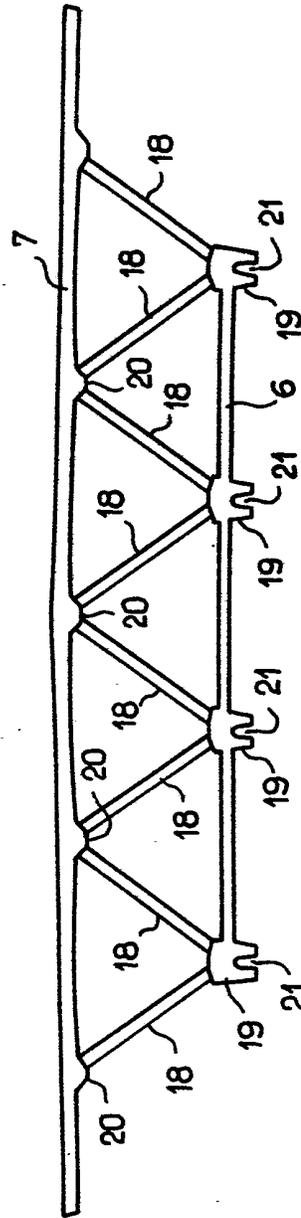


FIG. 9

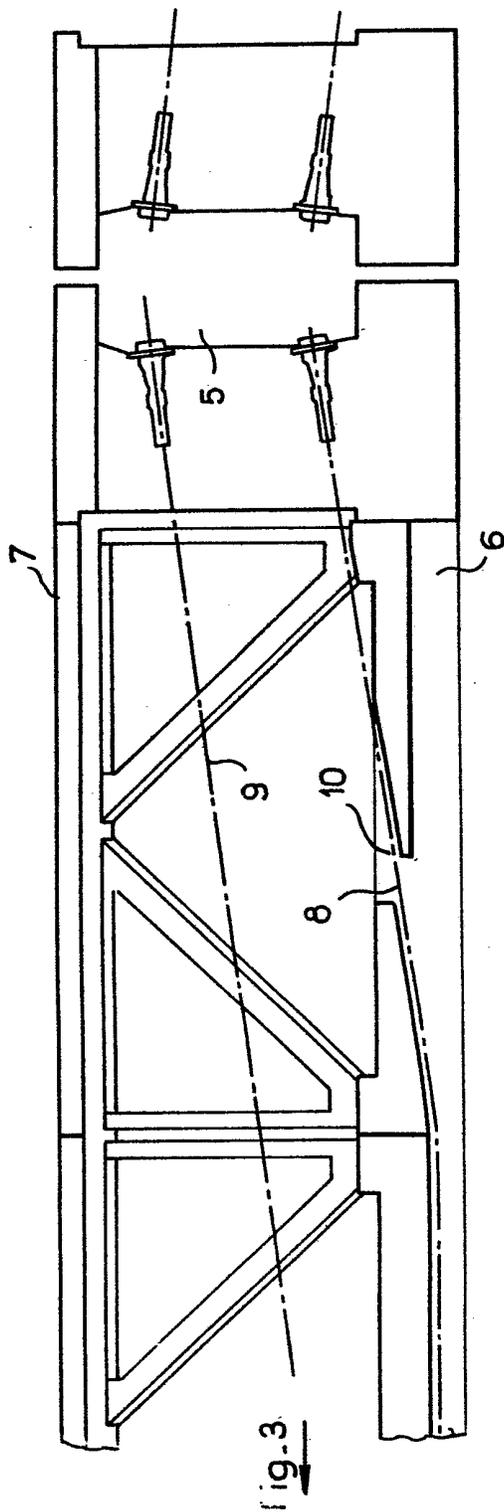


FIG. 2

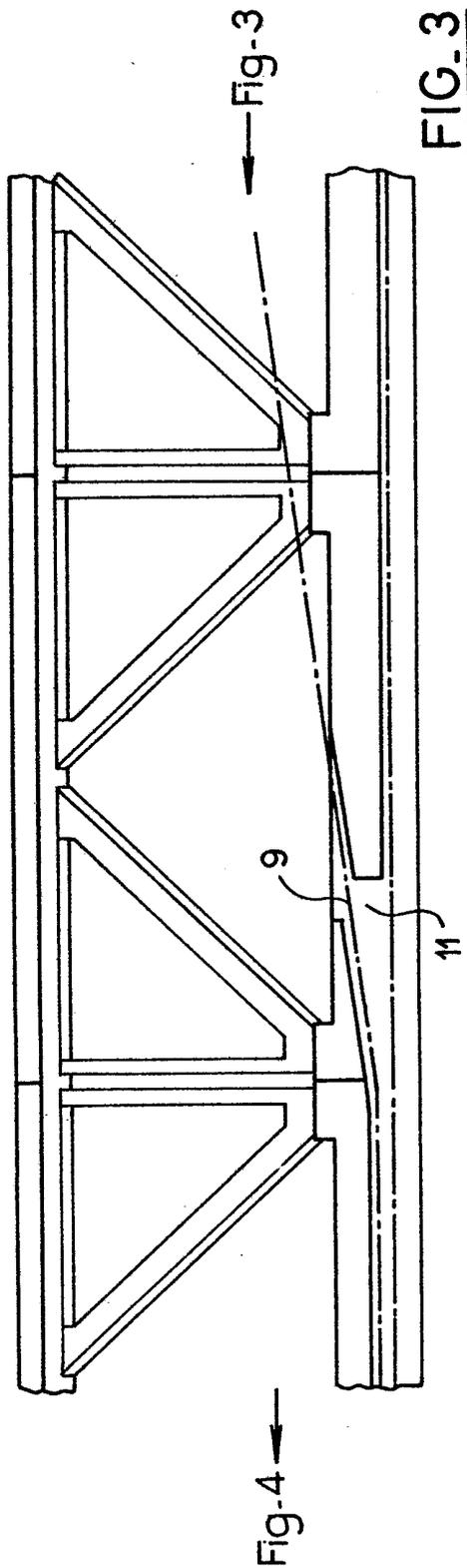


Fig-4

FIG. 3

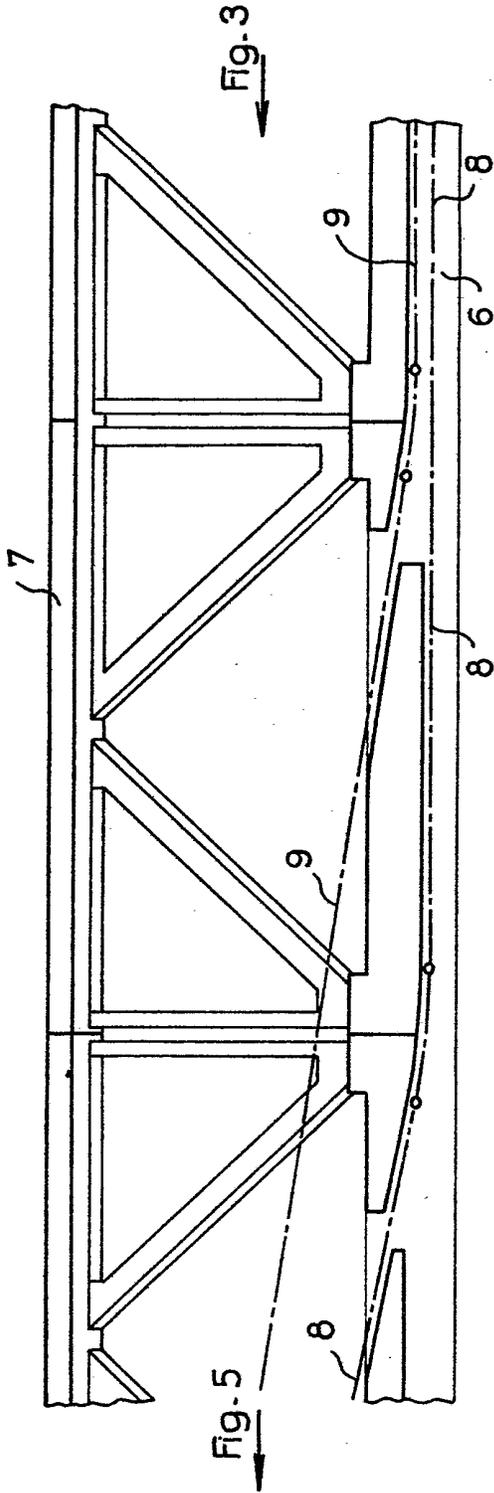


FIG. 4

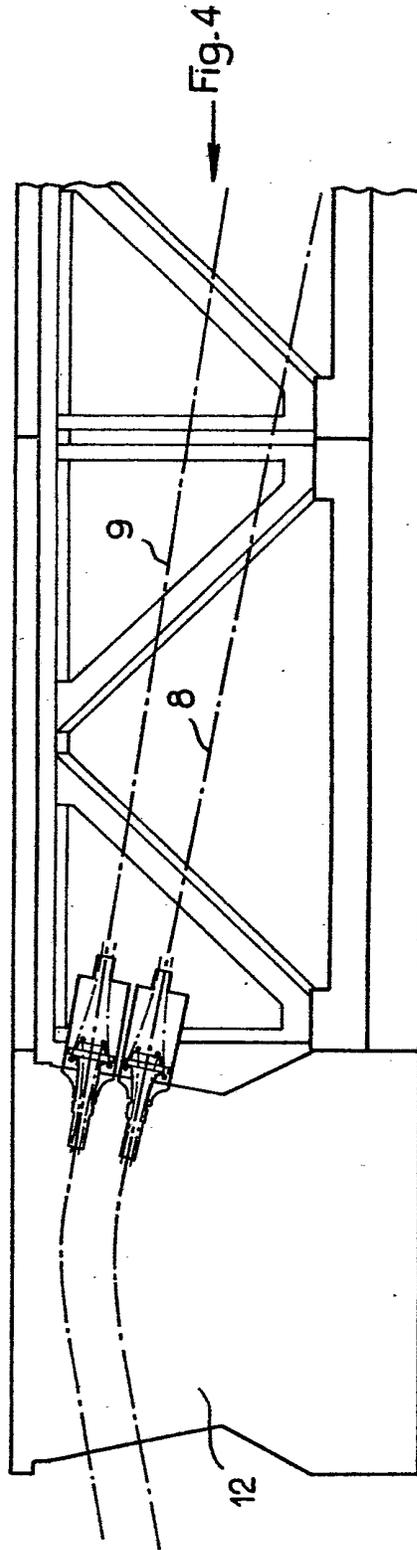


FIG. 5

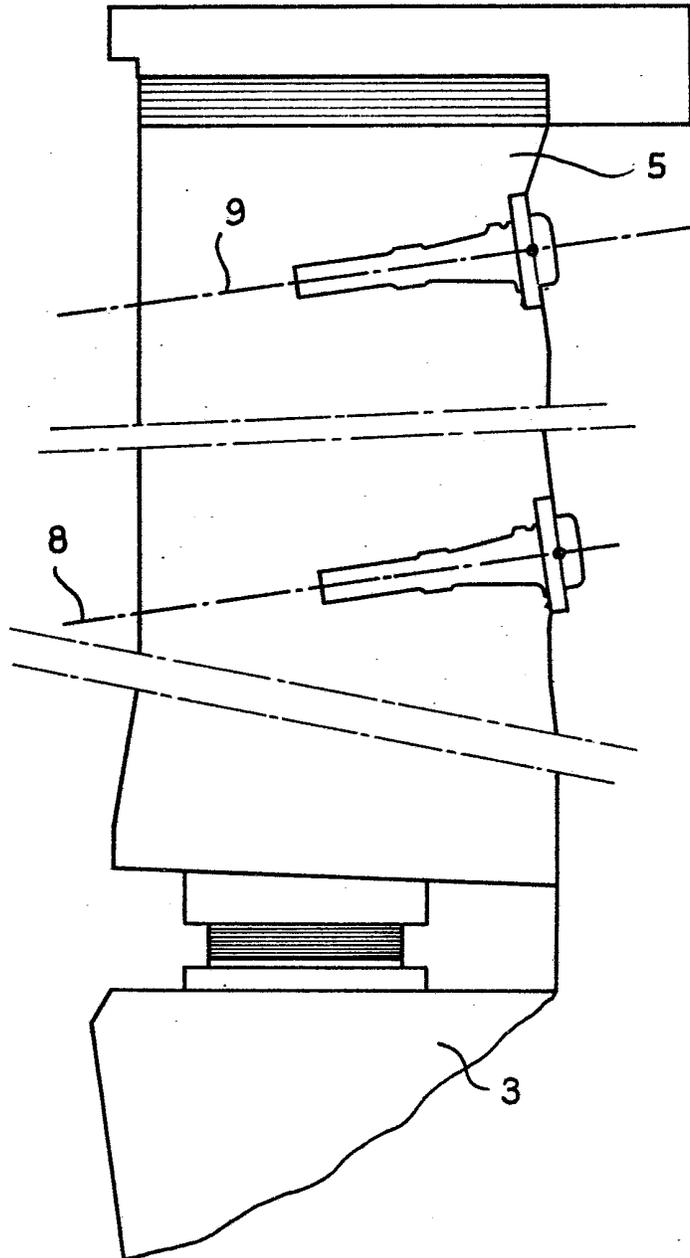


FIG. 6

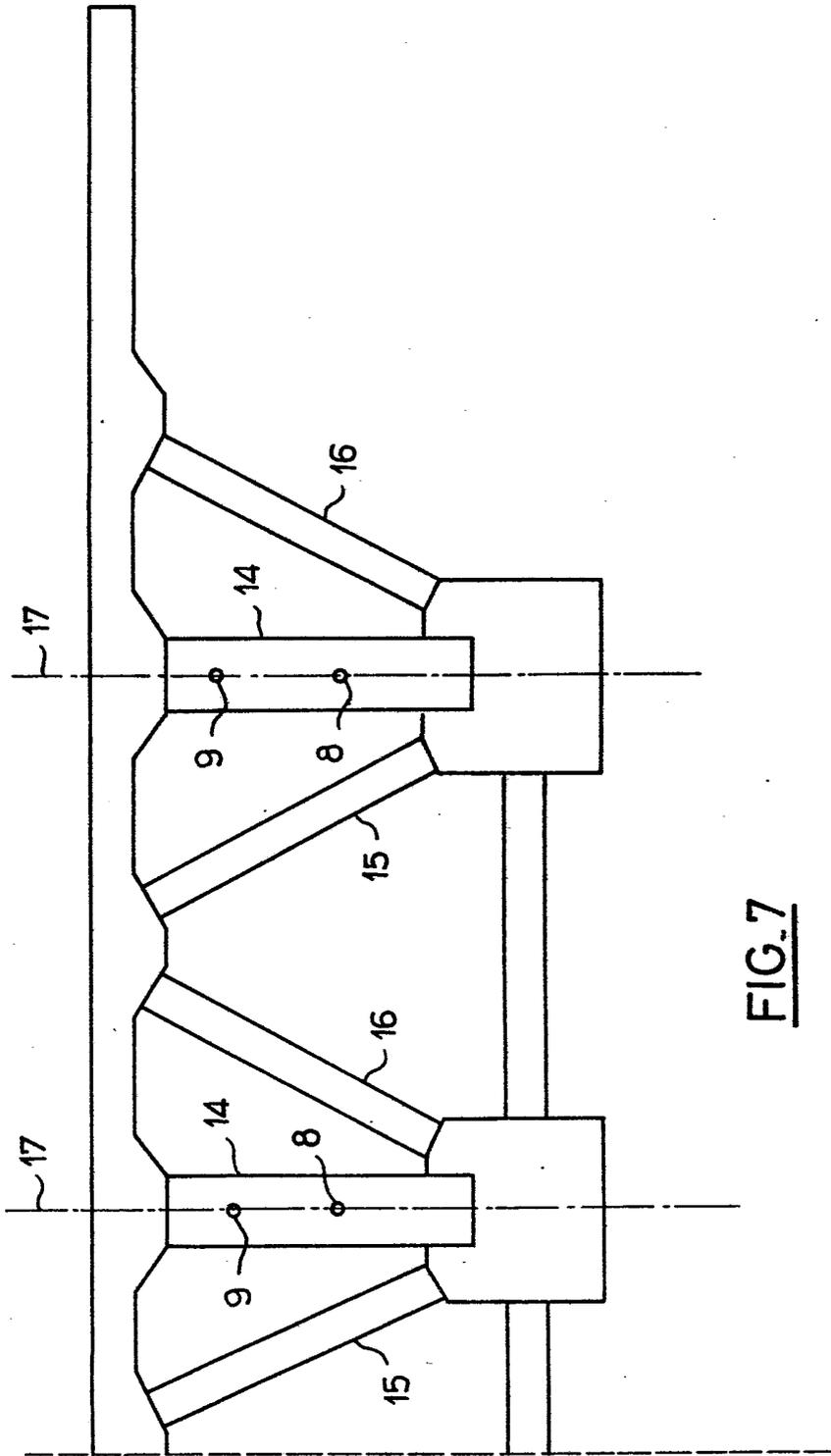


FIG. 7

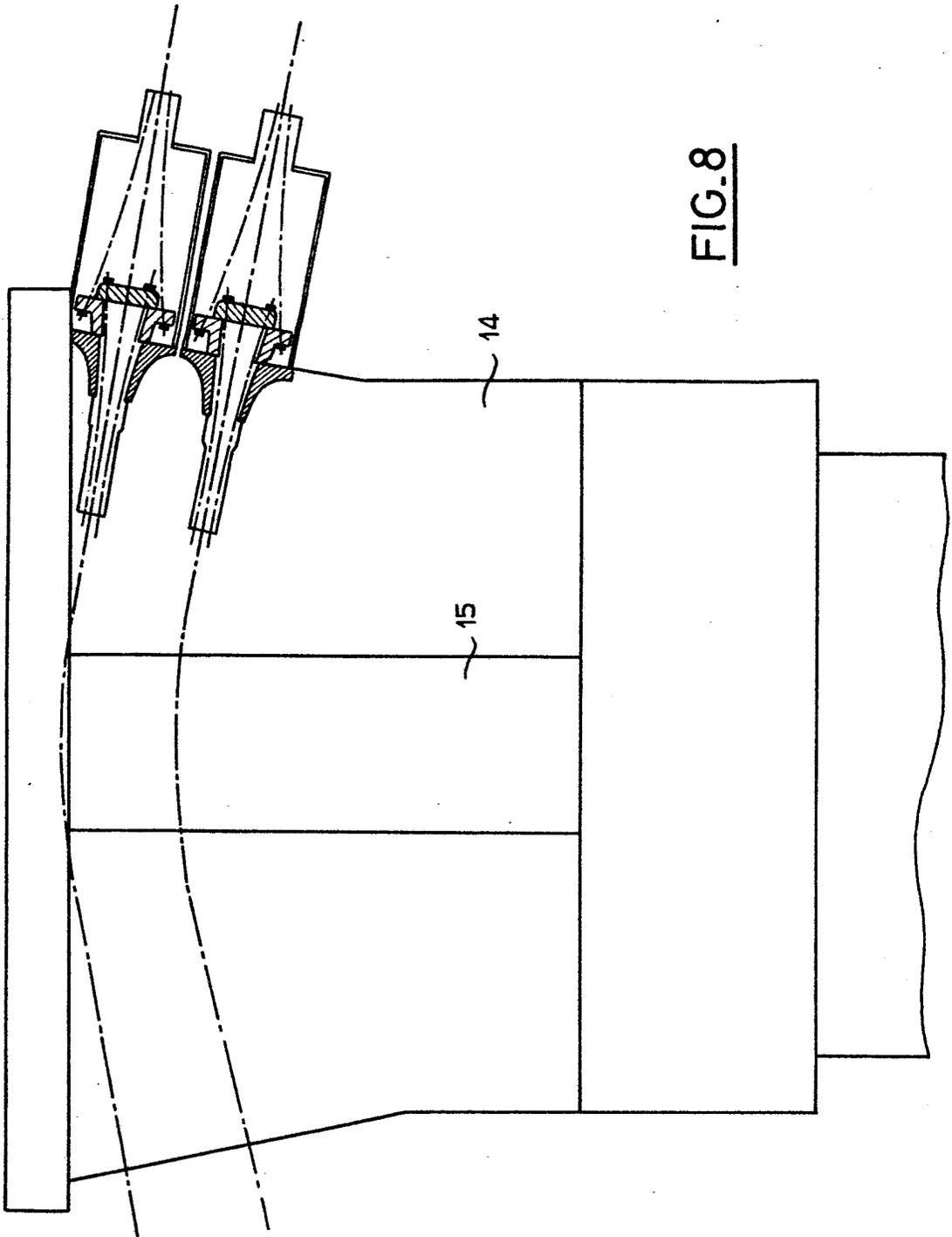


FIG. 8

7/11

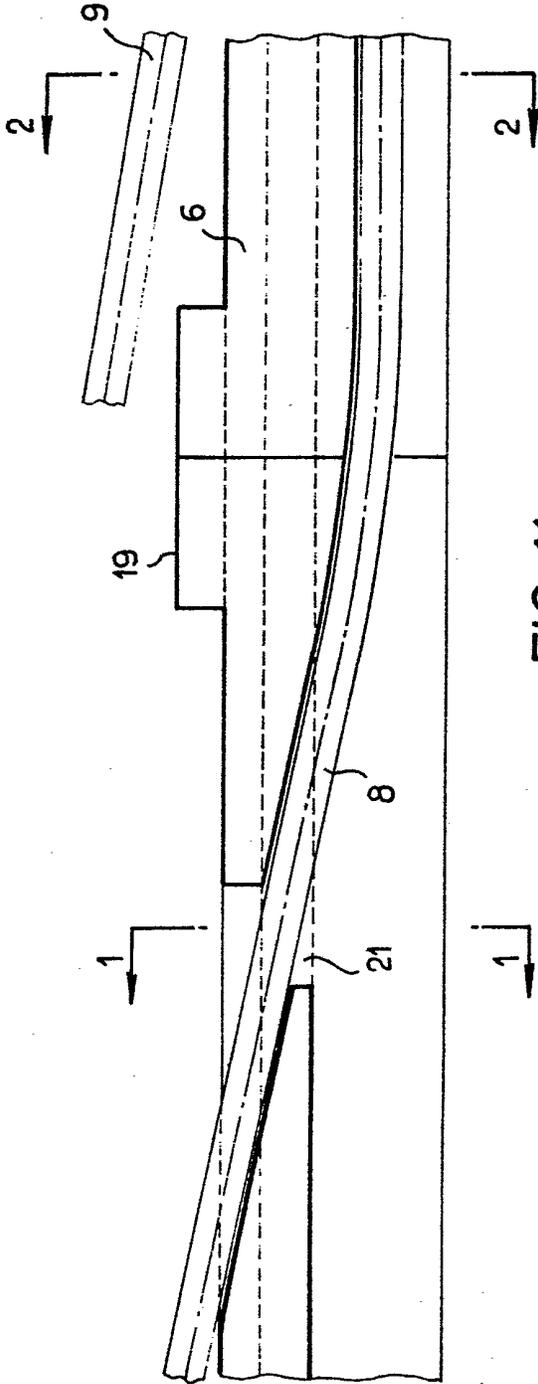


FIG. 11

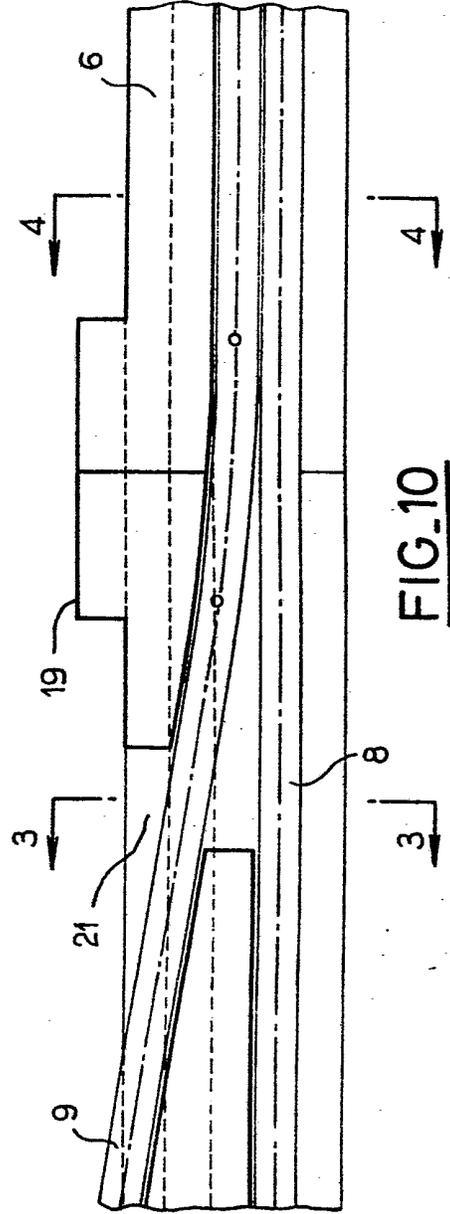


FIG. 10

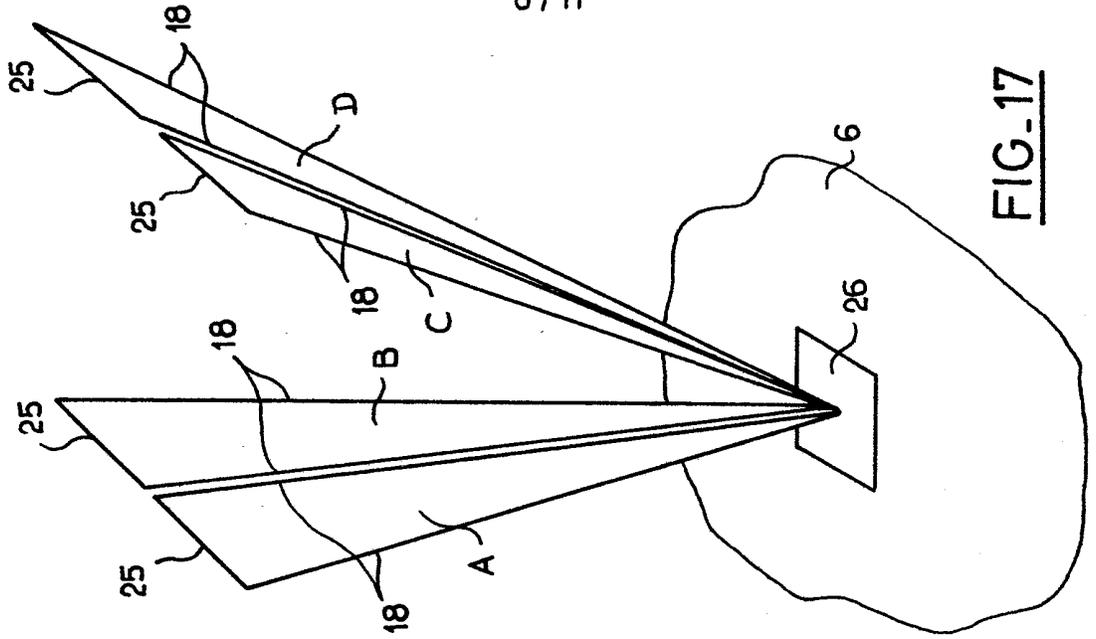
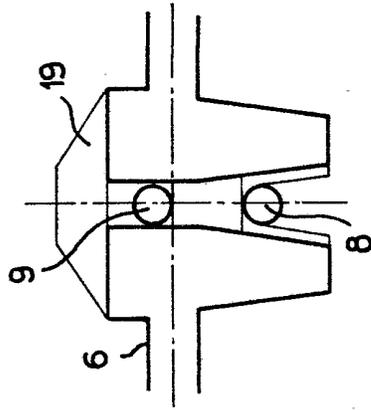


FIG-17

section 3.3



section 1.1

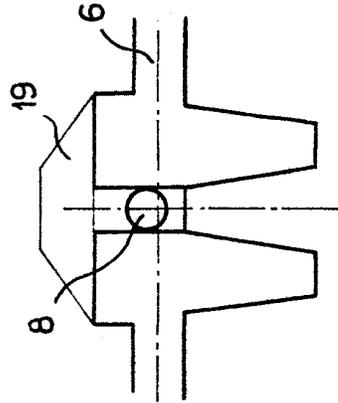
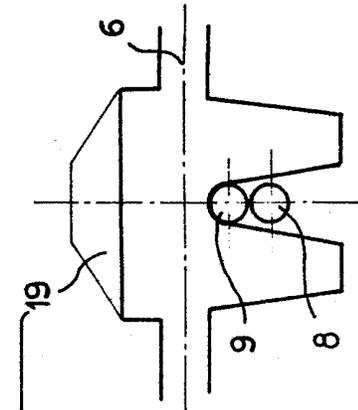
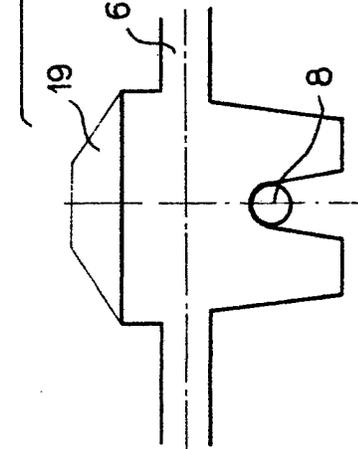


FIG-12



section 4.4

section 2.2



9/11

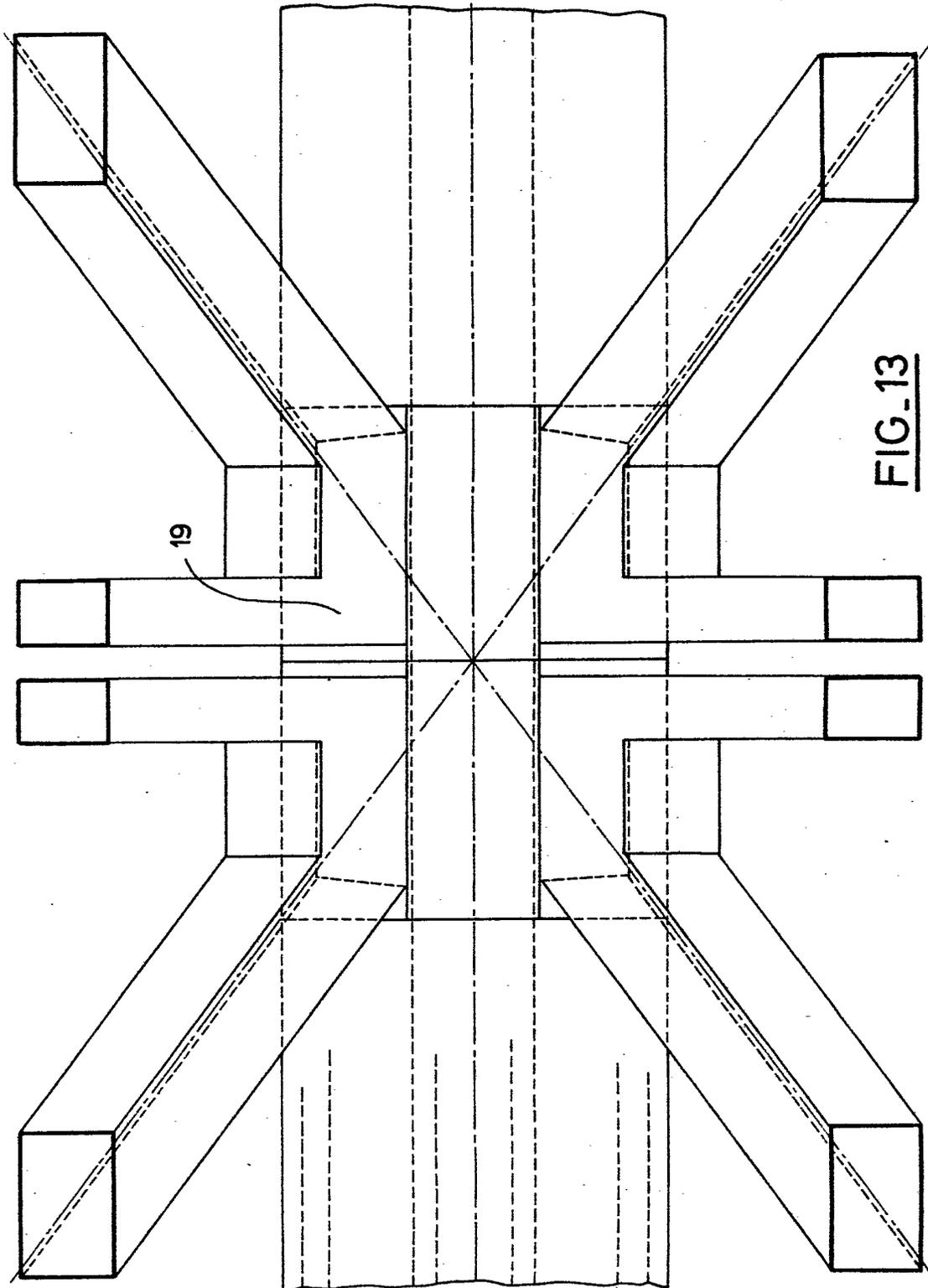


FIG. 13

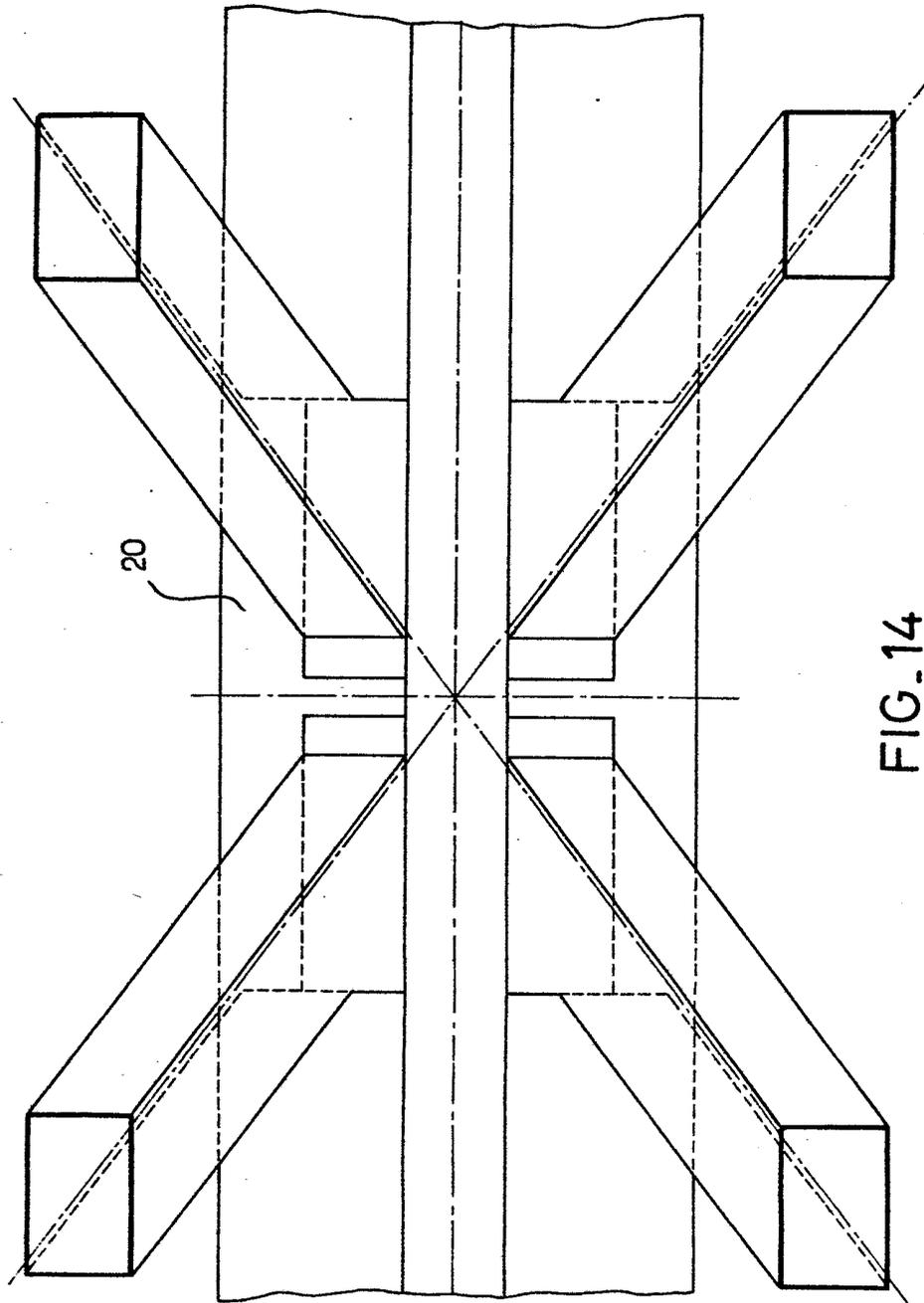


FIG. 14

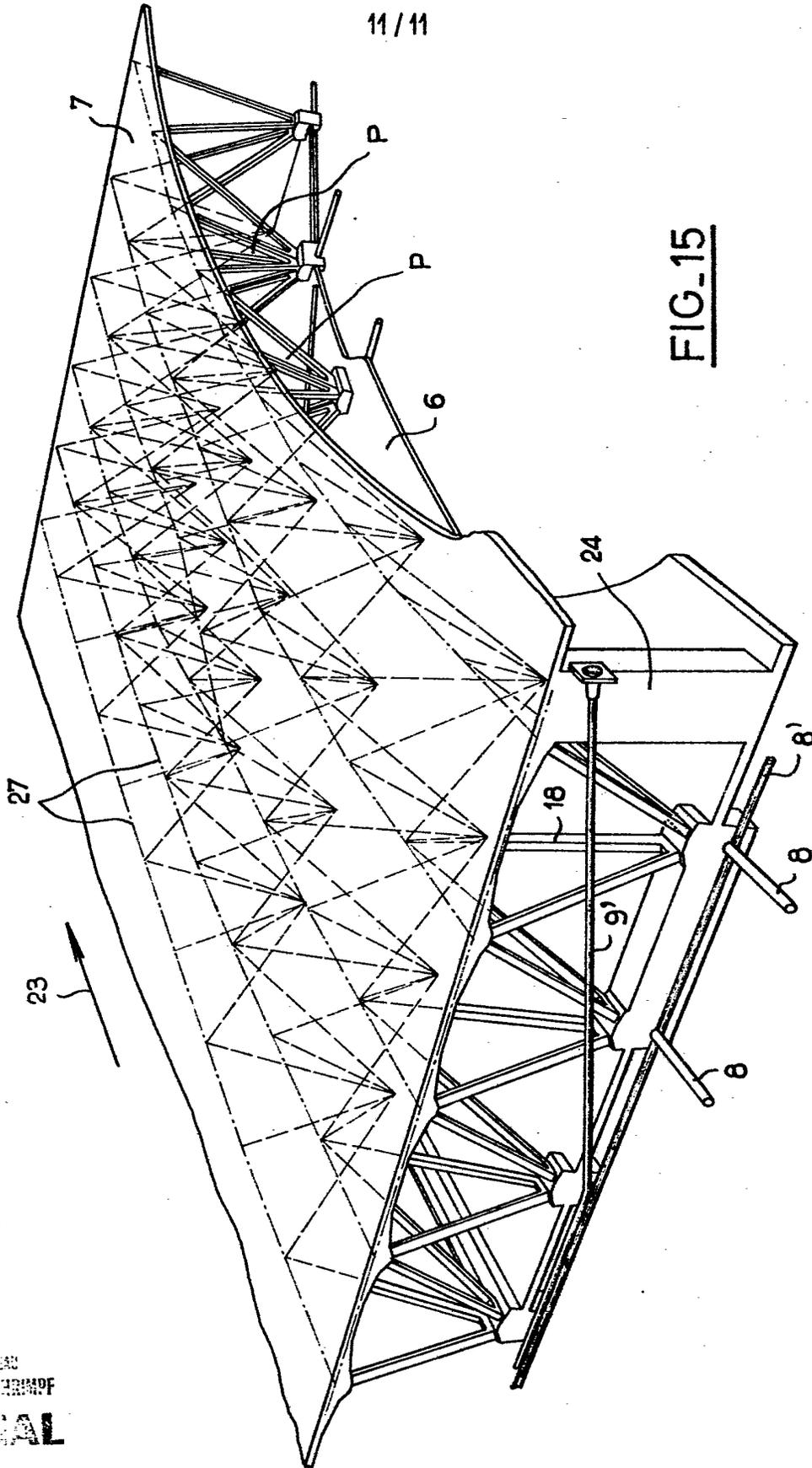


FIG. 15

U.S. PATENT OFFICE  
COPYRIGHT 1950  
ORIGINAL