



(12) DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
03.11.1999 Bulletin 1999/44

(51) Int. Cl.⁶: E01D 6/00, E04C 3/08

(21) Numéro de dépôt: 98870100.9

(22) Date de dépôt: 30.04.1998

(84) Etats contractants désignés:
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE
Etats d'extension désignés:
AL LT LV MK RO SI

(72) Inventeur: Samyn, Philippe
1180 Uccle (BE)

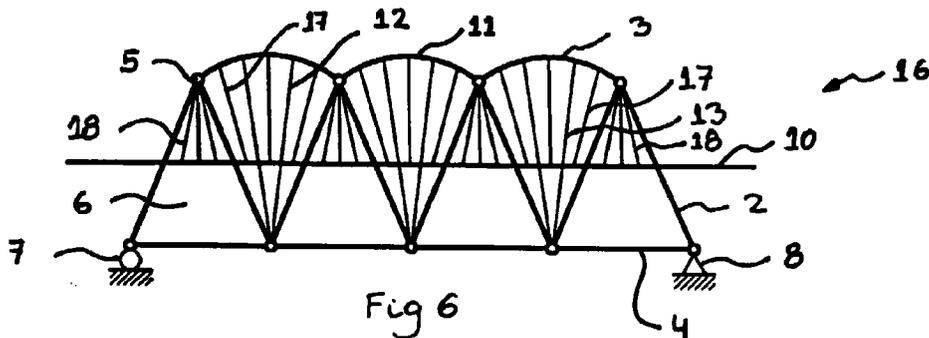
(74) Mandataire:
Bairiot-Delcoux, Mariette et al
Office Kirkpatrick S.A.,
Avenue Wolfers, 32
1310 La Hulpe (BE)

(71) Demandeur: Samyn, Philippe
1180 Uccle (BE)

(54) Poutre en treillis et pont comportant une telle poutre

(57) L'invention concerne une poutre en treillis (11) constituée d'un assemblage de barres (2;3;4), reliées en des noeuds (5) articulés ou rigides, formant des triangles (6) dans laquelle des barres (3;4) sont reliées par des moyens de liaison (12) aux noeuds (5) opposés du ou des triangles (6) dont elles font partie. Les moyens de liaison (12) peuvent être constitués de câbles (13) ou de tiges formant un éventail. L'invention concerne également un pont (16) comportant au moins

une poutre en treillis (11) suivant l'invention et au moins un tablier (10). Le tablier (10) peut être supporté par un éventail de câbles ou de tiges (18) reliant les noeuds (5) supérieurs de la poutre en treillis (11) au dit tablier (10). Il peut également être supporté par un ensemble de câbles ou de tiges (17) reliant les barres supérieures (3) de la poutre en treillis (11) au dit tablier (10).



Description

Domaine technique

[0001] La présente invention concerne les structures de construction appelées poutres. Une poutre a pour fonction de transférer à des points d'appui les efforts qui lui sont appliqués. On fait usage d'une poutre lorsque des charges doivent être supportées sur une certaine portée, par exemple pour la construction d'un pont ou d'une ferme de charpente.

[0002] L'invention concerne en particulier une amélioration apportée aux poutres dites "poutres en treillis". Elle concerne également les ponts comportant de telles poutres.

Art antérieur et critique de cet art antérieur

[0003] Les structures de poutres en treillis sont bien connues en construction, et mises en oeuvre dans de nombreuses applications.

[0004] Une variante à deux dimensions d'une poutre en treillis est constituée d'un assemblage de barres se rejoignant en des noeuds, et formant des triangles. Des variantes à trois dimensions sont obtenues par assemblage de barres pour former des triangles, eux-mêmes assemblés en polyèdres (tétraèdre, pyramide, etc.). La poutre ainsi constituée s'appuie en deux ou plusieurs points d'appui, qui peuvent être des encastremets, des rotules ou des appuis à rouleau. Une telle poutre est soumise à des efforts statiques et/ou dynamiques, qui s'appliquent sur les noeuds de la structure ou sont répartis sur celle-ci, orientés verticalement ou suivant des directions quelconques. Lorsque des charges sont réparties sur les barres, ces barres doivent en assurer le report aux noeuds de la poutre en treillis. Chacune de ces barres doit donc être dimensionnée pour résister aux charges réparties qui peuvent lui être appliquées. Les efforts peuvent provenir par exemple du poids propre de la structure, d'une charge permanente appliquée à celle-ci, de charges mobiles circulant sur celle-ci, du vent, de la neige, ou de secousses sismiques, mais aussi d'une combinaison de ces différentes forces.

[0005] Les méthodes de calcul et de dimensionnement d'une telle structure sont bien connues de l'art de l'ingénieur. Par exemple, dans le cas de noeuds articulés (treillis articulés), ces méthodes comprennent le calcul de l'effort de traction ou de compression qui s'applique à chacune des barres. La résistance à la traction ne pose en général pas de problèmes. Par contre, lorsqu'une barre est soumise à un effort de compression, celle-ci doit être dimensionnée de manière à éviter son flambage. En vue d'éviter le flambage, il faut généralement donner à chaque barre une section plus importante que celle strictement nécessaire pour reprendre l'effort de compression, ce qui a une incidence défavorable sur le poids et le coût de la structure obtenue. En outre, dans le cas de charges réparties,

typiques dans la construction de ponts, les barres doivent être dimensionnées pour résister non seulement aux efforts de traction et de compression, mais également aux efforts de flexion. Il faut donc également prévoir pour ces barres une section plus importante que celle nécessaire pour reprendre l'effort de traction ou de compression. Des efforts de flexion peuvent également se développer dans les barres, lorsque les noeuds du treillis sont rigides.

[0006] Dans le cas des poutres en treillis, comme pour beaucoup d'autres structures, il s'impose parfois de donner un surcroît de raideur, pour éviter que les fréquences propres de vibration de la poutre ne se situent dans la zone des fréquences des diverses sollicitations dynamiques auxquelles elle est soumise. Ceci conduit également à une augmentation du poids et du coût de la structure obtenue. L'apparition de vibrations dangereuses peut être évitée en augmentant la raideur de la poutre ou du pont. Elle peut également être évitée en amortissant les mouvements, c'est-à-dire en dissipant l'énergie des oscillations. La mise en place d'un tel mécanisme d'amortissement dans les structures de poutres et de ponts suivant l'art antérieur n'est cependant pas aisée.

But de l'invention

[0007] La présente invention a pour but de fournir une poutre en treillis qui ne présente pas les inconvénients mentionnés ci-dessus. Elle a pour but de fournir une poutre en treillis capable de résister à des efforts importants et présentant une bonne rigidité, tout en étant légère donc moins coûteuse qu'une structure classique. Elle vise à augmenter la résistance sans apport de matière, par une structure ou une morphologie plus appropriée de la construction. Elle vise également la réalisation d'ouvrages tels que des ponts bénéficiant des avantages précités.

Description

[0008] L'invention a pour objet une poutre en treillis constituée d'un assemblage de barres, reliées en des noeuds articulés ou rigides, et formant des triangles.

[0009] Des barres sont reliées par des moyens de liaison aux noeuds opposés du ou des triangles dont elles font partie. Ces moyens de liaison sont de préférence constitués de câbles ou de tiges formant un éventail. Ils peuvent également être constitués autrement, par exemple d'un textile structural ou d'une tôle mince. Ces moyens de liaison sont avantageusement solidarisés aux barres par des moyens aptes à amortir les vibrations.

[0010] Les barres supérieures, soumises principalement à un effort de compression, sont cintrées, le centre de courbure étant situé du côté du noeud opposé d'un triangle dont elles font partie. Les dits moyens de liaison sont alors mis en traction, et limitent ainsi le ris-

que de flambage des barres supérieures.

[0011] L'invention a également pour objet un pont comportant une poutre en treillis suivant l'invention et un tablier. Le tablier peut être confondu avec les barres inférieures de la poutre en treillis, et un moyen de liaison, reliant les barres inférieures aux sommets opposés des triangles dont elles font partie, reprend alors en tout ou en partie la charge portée par le dit tablier. Le tablier peut également être situé à une hauteur intermédiaire entre les barres inférieures et les barres supérieures de la poutre en treillis.

[0012] Le support du tablier peut être assuré par un éventail de câbles ou de tiges reliant les noeuds supérieurs de la poutre en treillis au dit tablier. Il peut également être assuré par un ensemble de câbles ou de tiges reliant les barres supérieures de la poutre en treillis au dit tablier. Les câbles ou tiges de support du tablier peuvent également être munis de moyens aptes à amortir les vibrations.

Description des figures

[0013] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description qui suit, référence étant faite aux figures annexées.

La figure 1 est une vue latérale schématique d'une poutre en treillis suivant l'art antérieur.

La figure 2 est une vue semblable à la figure 1 dans laquelle une charge répartie s'applique aux barres inférieures de la poutre en treillis.

La figure 3 est une vue latérale schématique d'un pont comportant une poutre en treillis suivant l'art antérieur et un tablier.

La figure 4 est une vue latérale schématique d'un mode de réalisation de poutre en treillis suivant l'invention.

La figure 5 est une vue latérale schématique d'un autre mode de réalisation de poutre en treillis suivant l'invention.

La figure 6 est une vue latérale schématique d'un pont comportant une poutre en treillis suivant l'invention.

La figure 7 illustre un mode de support d'un tablier dans un pont suivant l'invention.

Les figures 8 et 9 sont des variantes de pont suivant l'invention dans lesquelles le tablier est respectivement confondu avec les barres inférieures et au niveau des barres supérieures.

La figure 10 représente une variante de pont suivant l'invention.

La figure 11 montre l'ancrage d'un moyen de liaison à une barre ou un élément de tablier, et comportant un moyen d'amortissement des vibrations.

Les figures 12, 13 et 14 sont respectivement des vues latérale, de dessus, et en perspective d'un pont réalisé avec une poutre en treillis suivant l'invention.

Description détaillée de modes de réalisation

[0014] La figure 1 montre une poutre en treillis suivant l'art antérieur 1 comportant un ensemble de barres 2,3,4 se rejoignant en des noeuds 5. Une telle poutre en treillis est habituellement constituée de triangles 6 isocèles, et plus particulièrement équilatéraux. Les dimensions des dits triangles 6 sont habituellement identiques sur toute la portée de la poutre en treillis suivant l'art antérieur 1. La poutre 1 représentée repose sur un point d'appui 7 constituant un appui à rouleau, et un point d'appui 8 constituant une rotule. Un effort appliqué à cette poutre 1 est représenté par les flèches 9. Pour une telle répartition de contraintes, les barres supérieures 3 de la poutre 1 seront soumises à un effort de compression. Ces barres 3 sont alors susceptibles de subir une déformation de flambage, et doivent donc être dimensionnées de manière à y résister, avec une sécurité suffisante. Ce dimensionnement doit être effectué pour tous les types de contraintes auxquels la poutre 1 peut être soumise.

[0015] La figure 2 est une variante de la figure 1 dans laquelle une charge 9 répartie s'applique aux barres inférieures 4. Cette situation se présente en particulier dans le cas d'un pont, dans lequel le tablier 10 est confondu avec les barres inférieures 4, qui travaillent également en flexion.

[0016] Tant dans l'exemple de la figure 1 de charges appliquées aux noeuds 5 que dans l'exemple de la figure 2 de charges réparties, et lorsque les charges sont verticales ou sensiblement verticales, et dirigées vers le bas, les barres supérieures 3 travaillent en compression, et les barres inférieures 4 travaillent en traction.

[0017] La figure 3 représente un pont comportant une poutre en treillis suivant l'art antérieur dans lequel le tablier 10 est situé à une hauteur intermédiaire entre les barres inférieures 4 et les barres supérieures 3. Le tablier 10 doit être dimensionné pour résister aux charges qui lui sont appliquées et avoir la capacité de résister en flexion.

[0018] La figure 4 montre un premier mode de réalisation d'une poutre en treillis suivant l'invention 11, qui comporte, comme la poutre suivant l'art antérieur 1, un ensemble de barres 2,3,4 se rejoignant en des noeuds 5. Ces noeuds peuvent être articulés, auquel cas les barres travaillent exclusivement en traction et en compression. Ils peuvent également être rigides, auquel cas les barres travaillent également en flexion. Les barres supérieures 3, soumises principalement à un effort de compression, sont cintrées, le centre de courbure étant situé du côté des noeud 5 des triangle 6 dont elles font partie. Ces barres 3 sont reliées par un moyen de liaison 12 aux noeuds 5 opposés des triangles 6 dont elles font partie. Grâce à ce moyen de liaison 12, le risque de flambage des barres supérieures 3 dans le plan des triangles 6 correspondants est réduit. En effet, une déformation de flambage d'une barre supérieure 3 est

limitée par la traction naissant dans les moyens de liaison 12. Les dites barres 3 peuvent donc être de construction plus légère. Le calcul montre que l'on peut réaliser une poutre en treillis suivant l'invention 11 dont le poids total, comprenant le poids des barres 2,3,4 et des moyens de liaison 12 est inférieur au poids total d'une poutre en treillis suivant l'art antérieur 1, pour des dimensions extérieures identiques. La morphologie de la poutre en treillis suivant l'invention 11 est donc plus performante que celle d'une poutre en treillis suivant l'art antérieur 1, toutes choses étant égales par ailleurs.

[0019] Le moyen de liaison 12 peut être une barre ou une tige susceptible de reprendre un effort de traction ou de compression. Il peut également être un ensemble de câbles 13, constituant un éventail, comme représenté à la figure 4. D'autres moyens de liaison 12 aptes à reprendre un effort de traction peuvent être envisagés sans sortir du cadre de l'invention, tels qu'une tôle mince ou un textile structurel.

[0020] La figure 5 montre un second mode de réalisation d'une poutre en treillis suivant l'invention 11, où des charges réparties s'appliquent aux barres inférieures 4. Un éventail de câbles 13 ou de tiges relie les noeuds 5 supérieurs en des points répartis le long des barres inférieures 4. Ces câbles 13 ou tiges reprennent, en tout ou en partie, la charge répartie. Il en résulte que l'on peut réduire la section des barres inférieures 4.

[0021] Les composantes suivant les barres 4 des efforts dans deux câbles 13 symétriques induisent une compression dans ces barres 4, réduisant ainsi l'effort total de traction auquel elles sont soumises. Le calcul montre que le poids total des barres et des moyens de liaison 12 d'une telle poutre en treillis suivant l'invention 11 est inférieur au poids total d'une poutre en treillis suivant l'art antérieur 1, toutes choses étant égales par ailleurs.

[0022] Le premier mode de réalisation, visant à éviter le flambage d'une barre sous l'effet d'un effort de compression, et le second mode de réalisation, visant à éviter la flexion d'une barre sous l'effet de charges appliquées ou résultant de couples de torsion d'un noeud rigide, pourront bien sûr être combinés dans une seule et même poutre en treillis 11 suivant l'invention.

[0023] La figure 6 est une vue latérale d'un pont suivant l'invention 16, comportant une poutre en treillis 11 suivant l'invention. Le tablier 10 est supporté par des câbles 17, 18 ou des tiges. Les câbles ou les tiges 17 reliant une barre supérieure 3 à une portion du tablier 10 peuvent être orientés, de même que les câbles 13, vers un noeud 5 inférieur. Ceci permet d'éviter les croisements de ces câbles 13 et 17 et donne à l'ensemble un aspect esthétique. Les câbles ou les tiges 18 relient un noeud 5 supérieur à des points du tablier situés en-dessous.

[0024] La figure 7 illustre un autre mode de suspension du tablier 10. Le tablier 10 y est supporté par des câbles 18 reliant un noeud 5 supérieur à des points du tablier situés tant dans le triangle 6 immédiatement en-

dessous du noeud 5 que dans les triangles 6 voisins. Pour la clarté de la figure, les moyens de liaison 12 n'y ont pas été représentés.

[0025] Les figures 6 et 7 représentent le cas où le tablier est situé sensiblement à mi-hauteur de la poutre en treillis 11. Dans ce cas, la longueur de flambage des barres 2 inclinées est réduite de plus de sa moitié. On peut cependant, sans sortir du cadre de l'invention, réaliser un pont 16 dans lequel le tablier 10 se trouve sensiblement au niveau des barres inférieures 4, ou au niveau des barres supérieures 3. Dans le premier des cas précités, représenté à la figure 8, les câbles 17 de support à partir d'une barre supérieure 3 pourront être omis. Dans le second des cas précités, représenté à la figure 9, les câbles 18 de support à partir d'un noeud 5 supérieur pourront être omis.

[0026] La figure 10 est une vue latérale d'un exemple de pont suivant l'invention 16 dans laquelle les triangles 6 dont les bases constituent les barres inférieures 4 sont subdivisés, au moyen de barres additionnelles 19, en un maillage triangulaire de dimension réduite. Des câbles ou des tiges 18 relient les noeuds 5 de ce maillage de dimensions réduite aux barres inférieures 4.

[0027] Les figures 1 à 10 sont des schémas de principe, dans le cas d'une structure plane. Les considérations qui s'y appliquent s'appliquent également aux poutres constituées de deux ou plusieurs structures planes parallèles, reliées par des traverses, ou à des structures tridimensionnelles, constituées de tétraèdres ou de pyramides.

[0028] La solidarisation des moyens de liaison 12 aux barres supérieures 3 et inférieures 4, ainsi qu'au tablier 10 peut être réalisée de manière rigide. Elle peut cependant avantageusement être réalisée d'une manière telle qu'un amortissement des vibrations est obtenu. Comme représenté à titre d'exemple à la figure 11, le moyen de liaison 12 passe à travers un moyen de calage 14, un joint visco-élastique 15, une barre inférieure 4, un second joint visco-élastique 15, et un second moyen de calage 14. Les moyens de calage 14 peuvent être constitués par exemple d'un boulon, serré sur une extrémité fileté du moyen de liaison 12. Le joint visco-élastique peut par exemple être réalisé en Néoprène. On peut ainsi amortir les mouvements relatifs du moyen de liaison 12 et de la barre inférieure 4 suivant la directions du dit moyen de liaison 12.

[0029] On a représenté aux figures 12,13 et 14 un exemple de réalisation d'un pont suivant l'invention 16, comportant une poutre suivant l'invention 11. La structure de la poutre est constituée de 5 mailles comportant chacune une pyramide 20 à base sensiblement rectangulaire, sur leur pointe, et reliées par une barre constituant une arête 21 de leur base. Des croix de contreventement 22 assurent la triangulation des dites bases. Des barres inférieures 4 relient les sommets de pyramides 20. Comme on peut le voir aux figures 12,13 et 14, les dimensions longitudinales de chacune des

mailles de la structure ne sont pas identiques. Les mailles situées au centre de la portée ont une dimension longitudinale plus importante que les mailles situées au voisinage des extrémités. Ceci permet de réaliser un pont plus léger qu'un pont à mailles de dimensions constantes et de même portée et de même rigidité, ainsi que cela est exposé dans la référence "Proceedings of the ASIA-PACIFIC CONFERENCE ON SHELL AND SPATIAL STRUCTURES, CCESS-IASS '96 - May 21-25,1996 Beijing - China. Ph Samyn et L. Kaisin : 'Harmonic Structures : The Case of an isostatic Truss Beam'; pp. 255-262; (CN)". Les mailles situées aux extrémités du pont 16 ne font pas partie intégrante de la structure de la poutre 11, mais ont pour fonction de supporter les rampes d'accès au tablier 10. Les barres supérieures 3 de ces mailles d'extrémité sont cintrées vers le bas, sous l'effet de la traction des câbles ou des tiges 17 de support des rampes d'accès au tablier 10. le tablier peut être rectiligne. On peut également le cintrer, ainsi qu'on peut le voir à la figure 12, l'effet d'arc et de câble permettant ainsi de réduire la section et d'éviter le risque de mise en compression alternée des câbles ou tiges 17 et 18. La surface supérieure peut avantageusement constituer un toit 23, afin de mettre les usagers du pont à l'abri des intempéries. Ce toit remplit également la fonction de moyen de liaison 12, en empêchant le flambage des barres supérieures 3 dans une direction horizontale. Des câbles ou tiges de maintien longitudinaux 24 et latéraux 25 assurent la stabilité de l'ensemble de la structure du pont.

[0030] On comprendra que les exemples ci-dessus ne sont pas limitatifs, et que de nombreuses variantes de poutres 11 ou de ponts 16 peuvent être conçues sans sortir du cadre de la présente invention. En particulier, d'autres subdivisions du maillage des triangles 6 que celui donné à titre d'exemple à la figure 10 sont envisageables. Les exemples illustrés par les figures représentent des triangles isocèles, et constituent des poutres dites "WARREN" ou "NEVILLE", mais l'invention s'applique également aux cas où le maillage est constitué de rectangles stabilisés par une diagonale, dans les poutres dites "PRATT" ou "HOWE". Elle peut s'appliquer également à des poutres et des ponts où les barres supérieures ne sont pas parallèles aux barres inférieures.

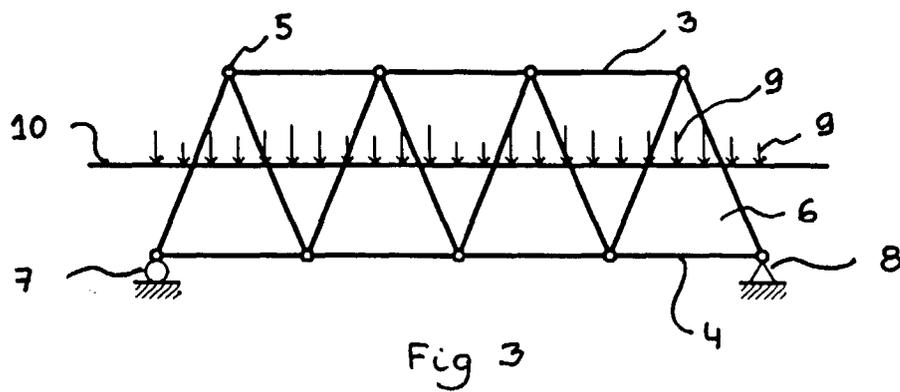
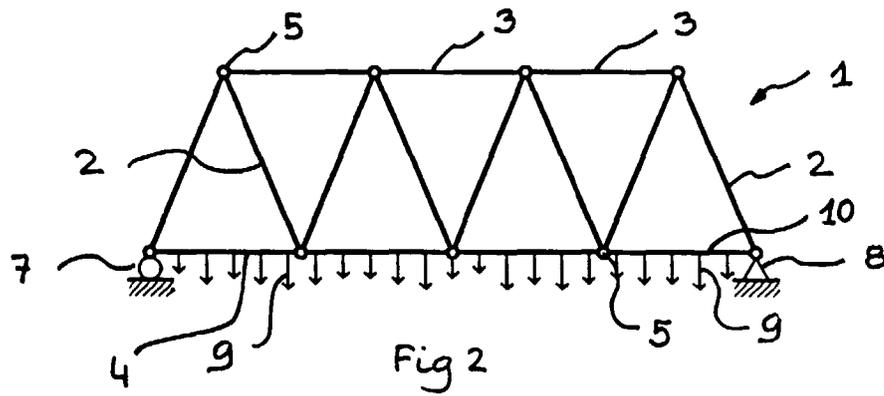
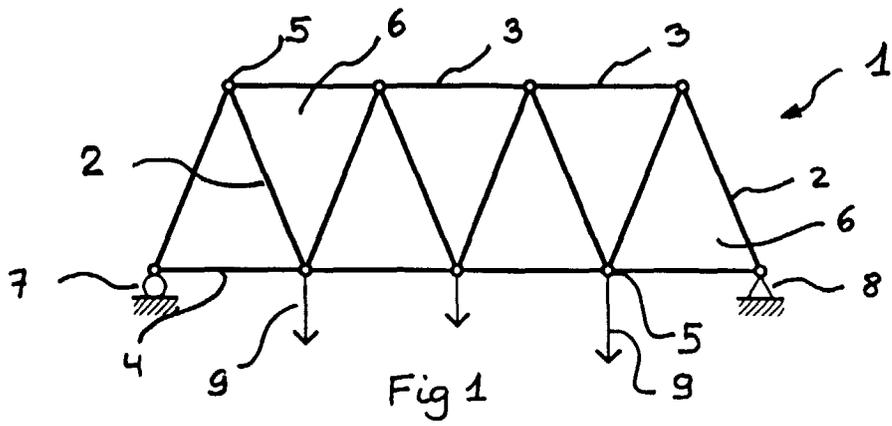
[0031] Des ponts suivant l'invention peuvent comprendre plusieurs tabliers, superposés ou juxtaposés, et réservés chacun à un type de circulation, par exemple automobile, ferroviaire ou piétonne.

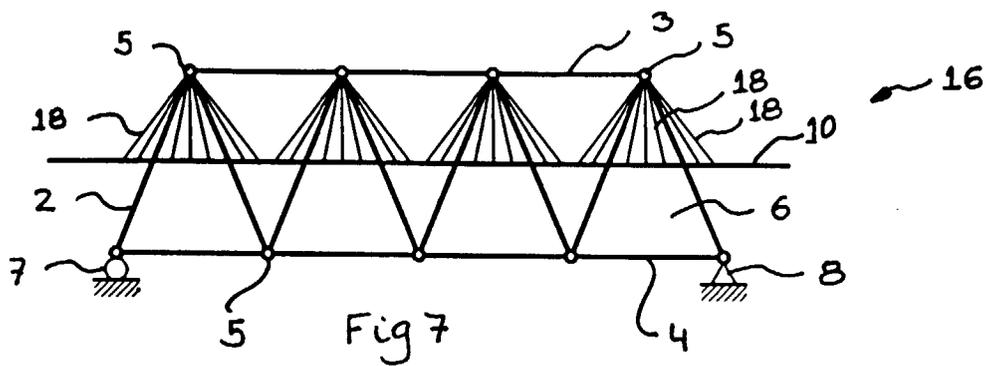
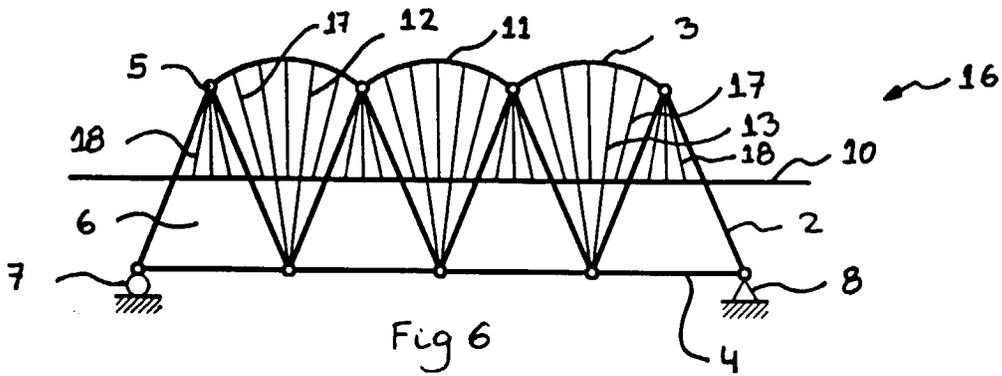
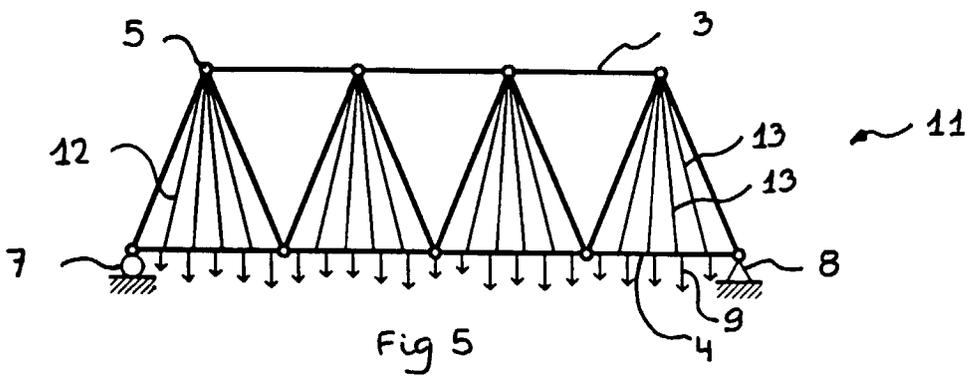
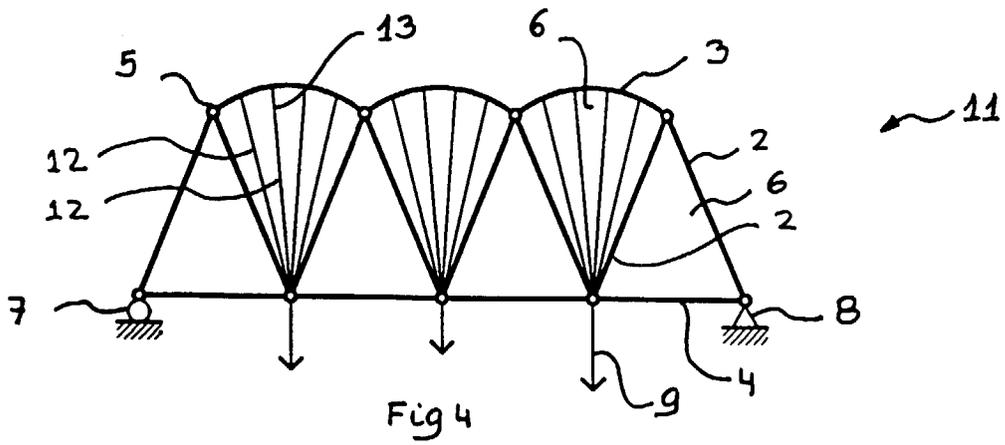
Revendications

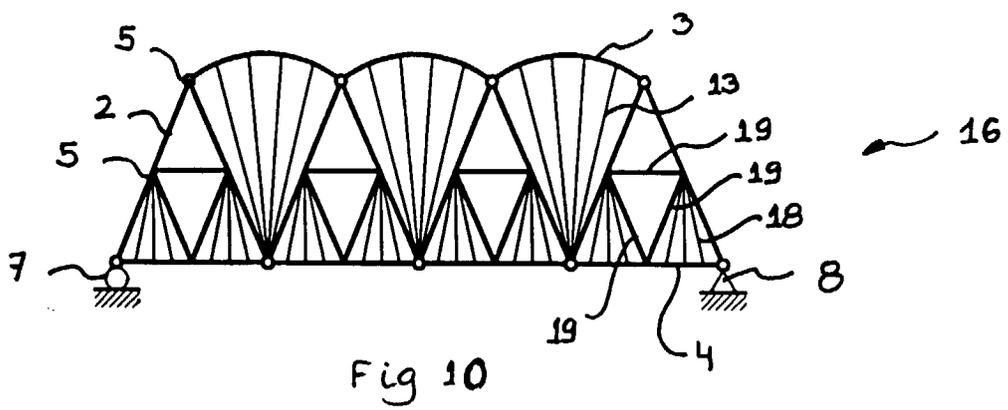
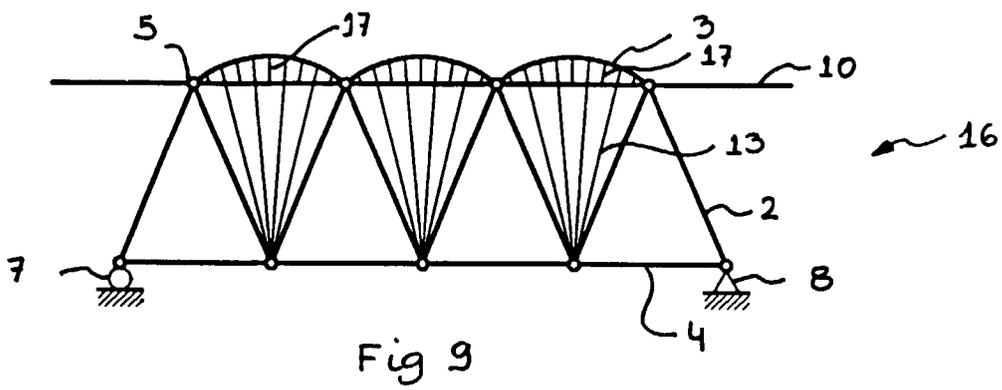
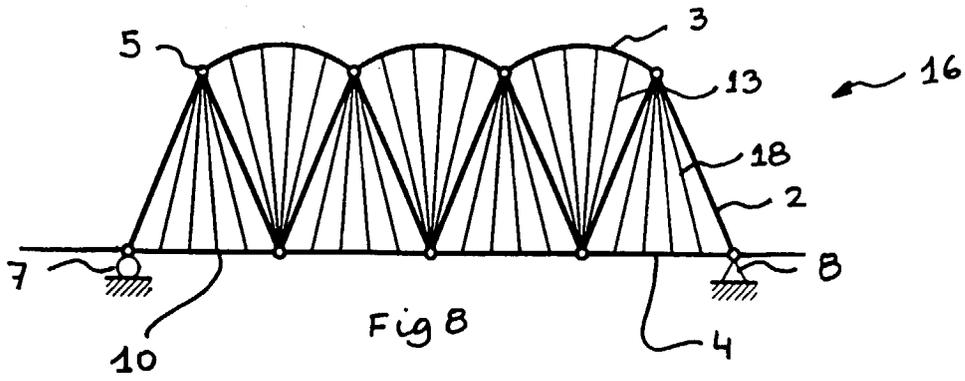
1. Poutre en treillis (11) constituée d'un assemblage de barres (2;3;4), reliées en des noeuds (5) articulés ou rigides, formant des triangles (6) caractérisée en ce que des barres (3;4) sont reliées par des moyens de liaison (12) aux noeuds (5) opposés du ou des

triangles (6) dont elles font partie.

2. Poutre en treillis (11) suivant la revendication 1, caractérisée en ce que les moyens de liaison (12) sont choisis parmi les câbles (13), les tiges, formant un éventail, ou les textiles structurels et les tôles minces.
3. Poutre en treillis (11) suivant l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que les moyens de liaison (12) sont solidarisés aux barres (3;4) par des moyens aptes à amortir les vibrations.
4. Poutre en treillis (11) suivant l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que les barres supérieures (3), soumises principalement à un effort de compression, sont cintrées, le centre de courbure étant situé du côté du noeud (5) opposé d'un triangle (6) dont elles font partie.
5. Pont (16) caractérisé en ce qu'il comporte au moins une poutre en treillis (11) suivant l'une quelconque des revendications précédentes et au moins un tablier (10).
6. Pont (16) suivant la revendication 6 caractérisé en ce qu'il comprend un tablier (10) confondu avec les barres inférieures (4) de la poutre en treillis, et qu'un moyen de liaison reliant les dites barres inférieures (4) aux sommets opposés des triangles (6) dont elles font partie reprend en tout ou en partie la charge (9) portée par le dit tablier (10).
7. Pont (16) suivant l'une quelconque des revendications 5 et 6 caractérisé en ce qu'il comporte un tablier (10) situé à une hauteur intermédiaire entre les barres inférieures (4) et les barres supérieures (3) de la poutre en treillis (11).
8. Pont (16) suivant la revendication 7 caractérisé en ce que le tablier (10) est supporté par un éventail de câbles ou des tiges (18) reliant les noeuds (5) supérieurs de la poutre en treillis (11) au dit tablier (10).
9. Pont (16) suivant l'une quelconque des revendications 7 et 8 caractérisé en ce que le tablier (10) est supporté par un ensemble de câbles ou des tiges (17) reliant les barres supérieures (3) de la poutre en treillis (11) au dit tablier (10).
10. Pont (16) suivant l'une quelconque des revendication 8 ou 9 caractérisé en ce que les câbles ou les tiges (17;18) sont solidarisés au tablier (10) par des moyens aptes à amortir les vibrations.







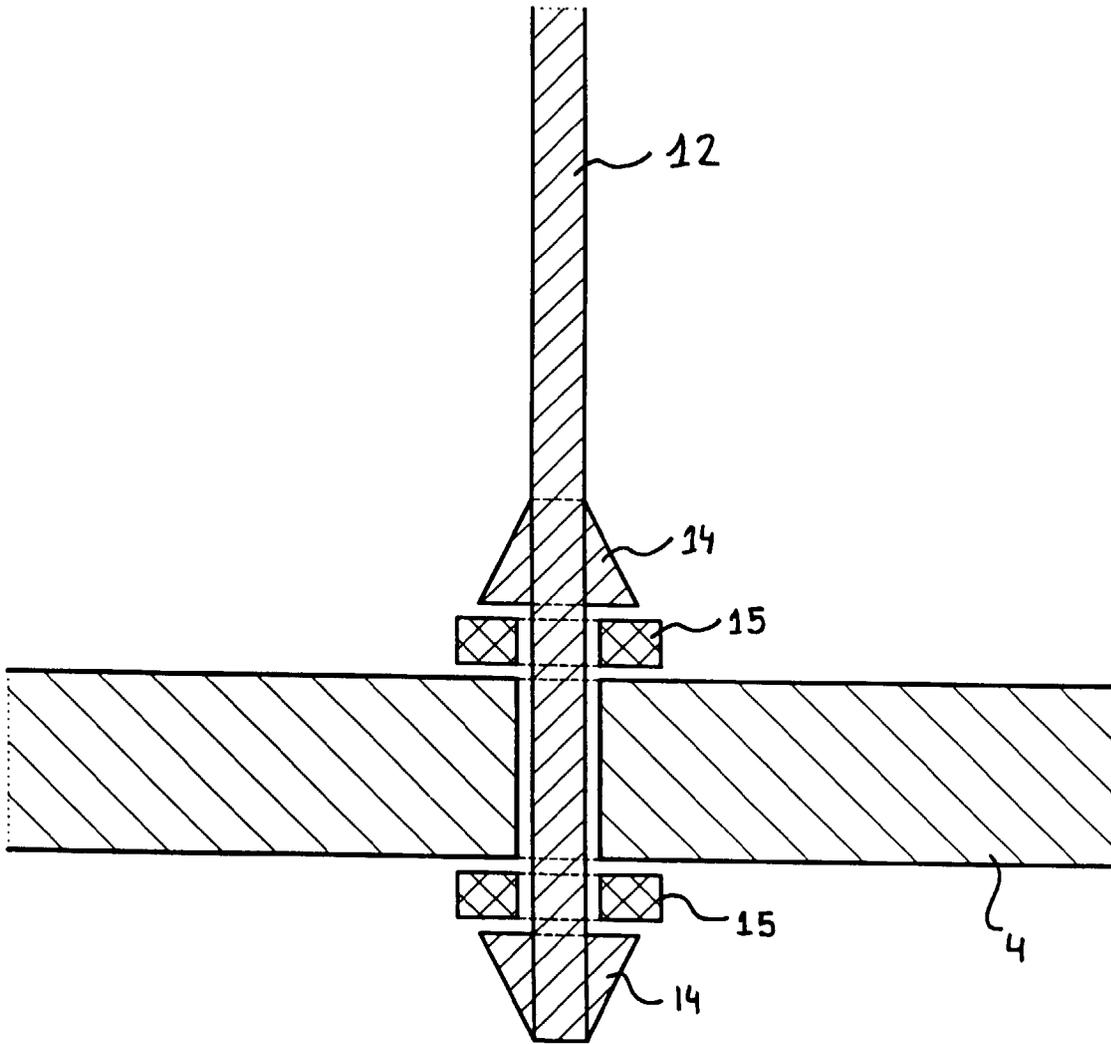


Fig 11

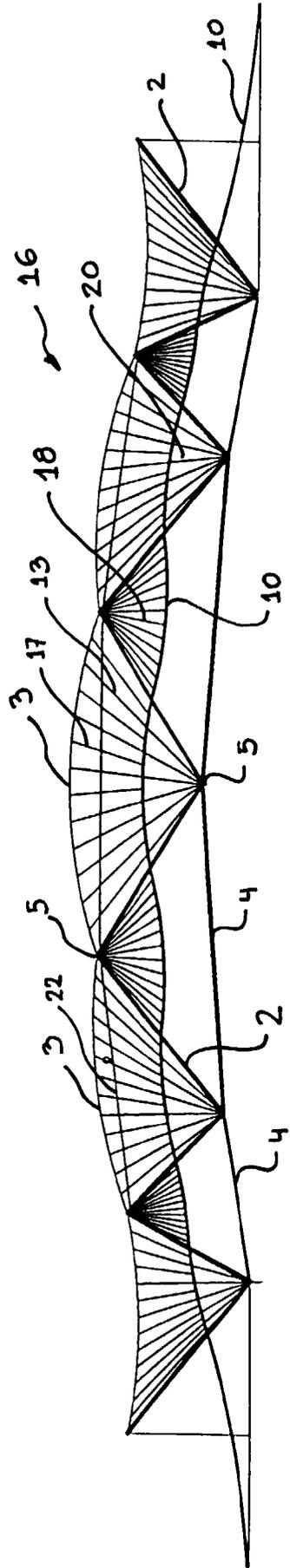


Fig 12

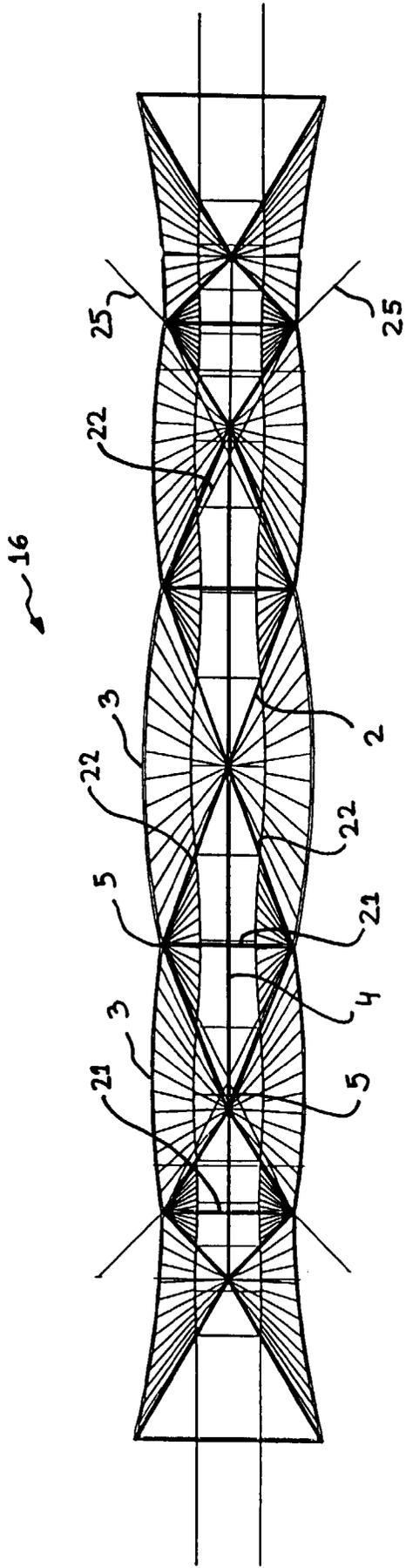


Fig 13

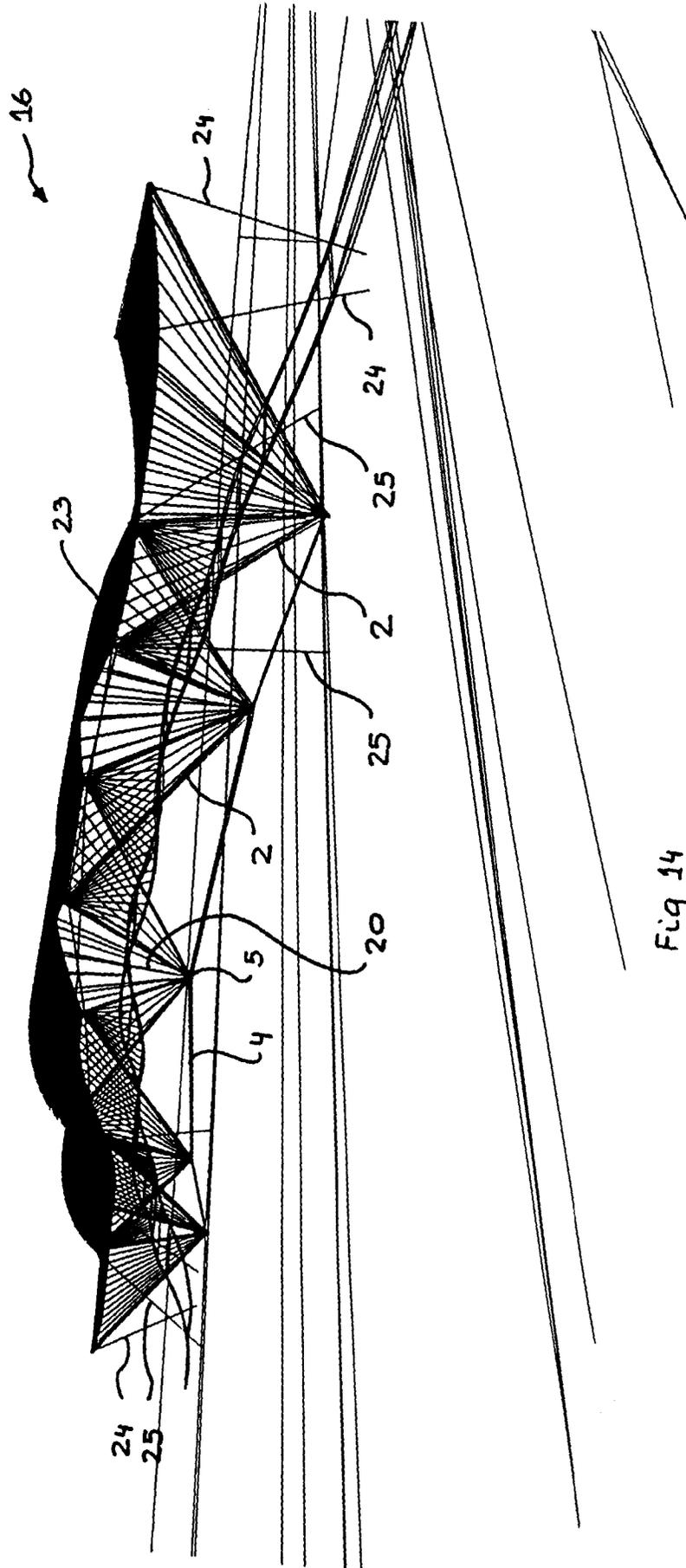


FIG 14



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 98 87 0100

| 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.6) |
| X | DE 926 730 C (SALZGITTER MASC. AG) * le document en entier * | 1, 3, 5, 6 | E01D6/00 E04C3/08 |
| A | DE 11 56 099 B (BET. UND PATENTVERW. GES.) | | |
| A | US 2 457 426 A (WILFARD) 28 décembre 1948 | | |
| Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications | | | DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.6) |
| | | | E01D E04C |
| Lieu de la recherche | | Date d'achèvement de la recherche | Examineur |
| LA HAYE | | 29 septembre 1998 | Dijkstra, G |
| 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 | |

EPO FORM 1503 03 82 (P04C02)