

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

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

2 629 111

②1 N° d'enregistrement national :

88 03957

⑤1 Int Cl⁴ : E 01 D 9/06, 21/04.

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 25 mars 1988.

③0 Priorité :

④3 Date de la mise à disposition du public de la
demande : BOP « Brevets » n° 39 du 29 septembre 1989.

⑥0 Références à d'autres documents nationaux appa-
rentés :

⑦1 Demandeur(s) : MULLER Jean. — FR.

⑦2 Inventeur(s) : Jean Muller.

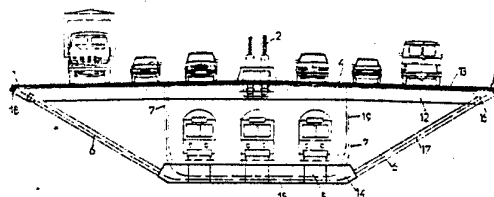
⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire(s) : Cabinet de Boisse.

⑤4 Tablier pour pont de grande longueur.

⑤7 L'invention est relative à un pont dont le tablier comporte
deux membrures superposées 4, 5 servant chacune de chaus-
sée.

Ces membrures sont reliées par des poutres de liaison
diagonales 6, dirigées obliquement à la fois par rapport à la
verticale et par rapport à la longueur du pont, et reliant les
bords des membrures supérieure et inférieure, et des poutres
de liaison auxiliaires 7 situées dans des plans verticaux pas-
sant par les bords de la membrure inférieure. Les câbles de
précontrainte 17 d'une poutre diagonale 6 sont ancrés au bord
de la membrure supérieure, traversent transversalement la
membrure inférieure, puis la poutre diagonale qui lui est symé-
trique par rapport au plan vertical longitudinal de symétrie du
pont pour venir s'ancrer sur le bord opposé de la membrure
supérieure.



FR 2 629 111 - A1

D

La présente invention est relative à un pont, notamment à un pont de grande portée, du type haubané, et susceptible d'écouler un trafic important grâce à la présence de chaussées situées dans des plans superposés, 5 l'une d'elles servant par exemple pour des voies ferrées, et l'autre pour la circulation automobile.

Dans l'état actuel de la technique, le franchissement de grandes portées fait appel soit à des ponts suspendus, soit à des ponts haubanés. Les ponts suspendus 10 sont économiquement justifiés pour les portées exceptionnelles, mais leur souplesse pose des problèmes pour la circulation, notamment ferroviaire, et pour la stabilité aéroélastique. De leur côté, les ponts à haubans ne présentent pas la sensibilité au vent des ponts suspendus, 15 particulièrement si le tablier est construit en béton, matériau qui confère à la structure un poids suffisant et une grande rigidité. Le poids toutefois limite les portées, de sorte qu'au-delà du domaine d'application des ponts à haubans en béton, on a eu recours à des tabliers à structure mixte acier/béton ou à des tabliers 20 entièrement métalliques.

Dans l'état actuel de la technique, les tabliers haubanés à structure mixte acier/béton ont toujours été constitués d'une membrure supérieure en béton formant 25 dalle de chaussée, portée par des poutres de raidissement transversales et longitudinales destinées à transférer les charges aux haubans tout en assurant une rigidité suffisante au tablier. Les réalisations de ce type sont récentes et mettent en évidence les limitations actuelles 30 des moyens connus, sur les points suivants :

- la cohabitation de la charpente métallique et du béton en ce qui concerne les effets du retrait et des déformations lentes du béton,

- l'apparition de gradients de température créés 35 par l'exposition au soleil de surfaces métalliques ayant une faible inertie thermique,

- le risque de flambement d'ensemble de la structure par instabilité de la membrure inférieure des poutres

longitudinales de rigidité, lorsque les contraintes dues aux charges, cumulées aux effets ci-dessus, s'approchent de la limite élastique en compression du métal,

- la très faible résistance de ce type de structure vis-à-vis d'efforts accidentels tels que l'impact d'un camion contre un hauban.

On peut remédier à plusieurs de ces inconvénients en augmentant la hauteur et l'importance des poutres longitudinales de rigidité, mais c'est au détriment de la prise au vent et de l'économie.

- On peut aussi faire appel à des structures en treillis, car elles permettent d'obtenir économiquement une grande rigidité de flexion et de torsion, tout en assurant une transparence maximale vis-à-vis du vent.
- Dans l'état actuel de la technique, de telles structures en treillis combinent généralement l'acier et le béton, mais malgré d'importantes recherches dans ce domaine, aucune solution vraiment satisfaisante n'a été trouvée pour transférer les efforts entre les membrures et les diagonales aux différents noeuds du treillis. Le comportement à long terme de telles solutions n'est pas connu et les prix de revient restent élevés.

L'objet de l'invention est de pallier tous les inconvénients précédemment rappelés, en proposant une structure nouvelle à la fois légère, rigide, et facile à réaliser, donc économique.

L'invention fournit, pour obtenir ce résultat, un pont constitué d'un tablier et de moyens pour supporter ce tablier, le tablier comprenant :

- une membrure supérieure formant dalle de circulation,
- une membrure inférieure formant une dalle de circulation, moins large que la membrure supérieure,
- des poutres de liaison précontraintes, dites "diagonales", dirigées obliquement à la fois par rapport à la verticale et par rapport à la longueur du pont, et reliant les bords des membrures supérieure et inférieure,

- les poutres de liaison auxiliaires, également précontraintes, situées à peu près dans des plans verticaux passant par les bords de la membrure inférieure, ces poutres auxiliaires faisant avec les diagonales et les membrures un treillis spatial, de grande rigidité,

5 ce pont ayant pour particularité que le ou les câbles de précontrainte d'une poutre diagonale sont ancrés au bord de la membrure supérieure, traversent transversalement la membrure inférieure, puis la poutre diagonale
10 qui lui est symétrique par rapport au plan vertical longitudinal de symétrie du pont, pour venir s'ancrer sur le bord opposé de la membrure supérieure.

On obtient ainsi, par la suppression d'un certain nombre de points d'ancrage, une structure allégée et de
15 rigidité largement renforcée à poids égal.

De préférence, le ou les câbles de précontrainte d'une poutre auxiliaire sont également ancrés dans la membrure supérieure, traversent transversalement la membrure inférieure, passent dans la poutre auxiliaire qui
20 lui est symétrique par rapport au plan vertical longitudinal de symétrie du pont, et reviennent s'ancrer sur la membrure supérieure.

Dans une réalisation préférée, les poutres auxiliaires se trouvent à l'intersection des plans verticaux
25 parallèles à l'axe, et de plan perpendiculaire à ces plans verticaux et contenant les poutres diagonales. On obtient ainsi une répartition optimale des efforts.

De préférence, la membrure supérieure est formée d'une dalle mince, raidie par des poutres transversales,
30 situées à l'endroit où les poutres diagonales et éventuellement les poutres auxiliaires rejoignent ladite membrure supérieure.

Suivant un mode de réalisation, la membrure inférieure est du type métallique à caissons longitudinaux,
35 avec des massifs en béton pour assurer la liaison avec les câbles de précontrainte des poutres diagonales et auxiliaires.

Suivant une autre forme de réalisation, la membrure inférieure est formée d'éléments préfabriqués en béton, assemblés dans le sens longitudinal. Le choix entre ces deux solutions est, essentiellement, une question de poids et de coût.

- 5 Lorsque le pont selon l'invention est du type à haubanage en éventail, on peut prévoir que le tablier supérieur est formé par assemblage d'éléments préfabriqués ou coulés en place dont au moins certains portent une butée destinée à retenir la tête d'ancrage d'un hauban, et
10 l'élément adjacent porte une butée auxiliaire destinée à venir en appui sur la butée retenant la tête d'ancrage du hauban, cette butée auxiliaire étant destinée à retenir la tête d'ancrage d'un câble de précontrainte longitudinal du tablier, exerçant une force dirigée longitudinalement en
15 sens inverse du hauban, si bien que l'action conjuguée du hauban et du câble de précontrainte tend à serrer l'un contre l'autre les deux éléments préfabriqués.

- Dans le cas où le pont selon l'invention est du type à haubanage à éventail avec au moins un pylône en V
20 renversé pour supporter les haubans, on prévoit avantageusement que le tablier est placé entre les montants du pylône, et que des boutons obliques, situés dans le plan transversal du pylône, relient le tablier à la pile portant le pylône, pour assurer la stabilité du tablier vis-à-
25 vis des efforts horizontaux.

- Suivant un procédé de construction avantageux du pont selon l'invention, on met en place à l'extrémité d'une partie de tablier déjà montée, d'une part, une longueur unitaire de membrure supérieure et, d'autre part, un
30 ensemble constitué d'une longueur égale de membrure inférieure et des poutres de liaison diagonales et auxiliaires associées à cette longueur, et on assemble cette longueur de membrure supérieure et cet ensemble à la fois à la partie du tablier déjà montée et entre eux, en s'aidant d'une
35 poutre mobile montée en porte-à-faux sur la partie du tablier déjà montée.

L'invention va maintenant être décrite de façon

plus détaillée à l'aide d'exemples pratiques illustrés avec des dessins, parmi lesquels :

Figure 1 est une vue schématique, en élévation, d'un pont haubané conforme à l'invention,

5 Figures 2 et 3 sont des coupes transversales courantes du tablier, dans deux réalisations différentes,

Figure 4 est une coupe longitudinale partielle du tablier,

10 Figures 5 et 6 sont des coupes transversales et longitudinales d'une membrure inférieure métallique.

Figures 7 et 8 sont des vues analogues, mais pour une membrure inférieure en béton.

15 Figure 9 représente, en coupe longitudinale partielle agrandie, le dispositif d'ancrage des haubans dans la membrure supérieure.

Figure 10 est une vue en élévation transversale d'une réalisation de pylône d'un pont selon l'invention,

Figure 11 est un dessin illustrant un mode de construction avantageux d'un pont selon l'invention.

20 Dans la réalisation de la figure 1, le pont conforme à l'invention comprend un tablier 1, suspendu à des haubans 2, en des points régulièrement espacés, ces haubans sont fixés vers le sommet de mât de support, ou pylône, 3. Par souci de clarté, la travée centrale est représentée avec huit éléments seulement, suspendus par trois haubans de part et d'autre de la clé. En fait, dans des ponts de grande portée, l'espacement des haubans est variable de 10 à 20 mètres, et le nombre de haubans dans la

25 demi-travée centrale peut atteindre vingt à vingt cinq.

30 Le tablier comprend une membrure supérieure 4, formant chaussée, et une membrure inférieure 5, qui forme une seconde chaussée. Ces deux membrures sont reliées par des poutres de liaison orientées obliquement, 6, 7, mieux visibles sur les figures suivantes.

35 On a symbolisé par des tirets, un certain nombre de câbles de précontrainte 8 associés à des poutres de liaison, et d'autres câbles de précontrainte longitudinaux 9, 10, renforçant les membrures supérieure et inférieure

du tablier.

La figure 2 montre une réalisation du tablier qui comporte, sur sa membrure inférieure, une chaussée à deux voies de circulation dans chaque sens, et, sur la membrure inférieure, une voie de chemin de fer.

La figure 3 montre une autre réalisation du tablier, pour un trafic plus important, comportant, sur la membrure supérieure, des chaussées à trois voies de circulation dans chaque sens, et, sur la membrure inférieure, trois lignes de métro.

Dans les deux cas, le pont est du type dans lequel les haubans 2 forment une nappe verticale axiale, ou deux nappes verticales adjacentes, soutenant le tablier par sa partie centrale. Cependant, dans d'autres réalisations, notamment pour des ponts de grande portée, les haubans soutiennent le tablier par ses bords.

Sur les deux figures, la disposition des poutres de liaison est la même : des poutres de liaison diagonales relient les bords des deux membrures, et des poutres auxiliaires 7 relient le bord de la membrure inférieure à la membrure supérieure en restant dans un plan vertical axial. En se reportant à la figure 1, on constate que les membrures 6 et 7 sont contenues dans les mêmes plans, obliques par rapport à l'horizontale, et perpendiculaires au plan vertical axial de symétrie de l'ouvrage.

La membrure supérieure 4 est formée d'une dalle relativement mince 11, renforcée par des poutres transversales 12, situées à sa partie inférieure et qui portent des moyens d'accrochage 13 des haubans.

La membrure inférieure 5 est, dans le cas de ces figures, une structure métallique comportant des caissons longitudinaux de bordure 14, et centraux 15.

Les poutres de liaison diagonales 6 sont des poutres métalliques creuses, qui prennent appui d'une part sur un caisson latéral 14 de la membrure inférieure, et d'autre part sur une ferrure 16 solidaire de la poutre transversale 12. Les poutres de liaison auxiliaires 7, qui sont également creuses, prennent appui d'une part sur les

caissons de bordure 14 de la membrure inférieure, et d'autre part, directement sur la poutre 12.

5 Les câbles de précontrainte 17 des poutres de liaison diagonales sont ancrés d'une part sur le bord 18 de la dalle supérieure 13. Ils traversent successivement une poutre diagonale 6, les caissons 14 et 15 de la membrure inférieure, dans un plan transversal par rapport au pont, et une autre poutre diagonale 6 pour venir s'accrocher au bord 18 opposé de la dalle 13.

10 Les câbles de précontrainte 19 des poutres auxiliaires traversent, de façon similaire, successivement une poutre de liaison 7, les caissons 14 et 15 de la membrure inférieure, et la poutre de liaison 7. Ils sont ancrés, à leurs deux extrémités, à la face supérieure de la poutre 12.

15 La figure 5 est une vue partielle agrandie de la figure 2, pour mieux montrer la structure du tablier inférieur.

20 Les caissons 14 présentent, sur leurs bords, des surfaces obliques 20, perpendiculaires aux poutres de liaison diagonales 6, et sur lesquelles celles-ci viennent prendre appui.

25 Sur le caisson 14, un caisson auxiliaire 21, qui s'élargit vers le bas en direction du centre de la membrure, sert d'appui à la poutre auxiliaire 7. A l'endroit de la jonction avec les poutres de liaison 6 et 7, les caissons sont obturés par des cloisons transversales obliques 20, d'inclinaison par rapport à l'horizontale identique à celle des poutres de liaison. L'espace à section transversale en V, défini par ces deux cloisons transversales obliques 20, est rempli de béton 21, et contient les tubes 22 et 23 dans lesquels sont placés les câbles de précontrainte, respectivement 17 et 19, pour la transmission de la tension de précontrainte à la membrure inférieure. C'est 30 dans les tubes 22 et 23 que s'effectue le changement de direction des câbles de précontrainte 17, 19. Ceux-ci traversent perpendiculairement les cloisons longitudinales 24 qui séparent les caissons latéraux 14 des caissons cen-

traux 15. Comme on peut le voir sur la figure 5, ces cloisons 24 sont placées au droit des rails de la voie de chemin de fer.

5 Les figures 7 et 8 sont des coupes transversales d'une variante, dans laquelle la membrure inférieure est constituée d'un assemblage d'éléments préfabriqués 30 en béton, disposés longitudinalement les uns à la suite des autres, comme cela est indiqué à la figure 3.

10 Les éléments 30 comprennent une dalle plane 31, qui porte sur ses bords latéraux une nervure épaissie 32, qui sert notamment d'appui pour les poutres de liaison diagonales 6 et auxiliaires 7, ces dernières venant en appui sur l'élément 30 par l'intermédiaire d'un caisson 33, identique au caisson 21 décrit à propos des figures 7 et 8.

15 Les éléments 30 successifs se rejoignent entre eux à l'endroit où s'accrochent les poutres de liaison 6 et 7. A leur extrémité, les éléments 30 portent un renfort inférieur 34, les éléments 34 venant en appui l'un contre l'autre à leur extrémité inférieure, et laissant entre leur partie supérieure un espace vide 35, à peu près en forme de V, qui est rempli ultérieurement avec du béton.

20 Les tubes 36, 37 qui contiennent et guident les câbles de précontrainte 17 et 19 passent à travers les extrémités des dalles 31 et à travers les renforts 34, pour transmettre les efforts de précontrainte aux blocs 30.

30 La figure 9 montre un détail de la membrure supérieure, qui, comme la membrure inférieure des figures 3, 5 et 6, est formée d'un assemblage d'éléments en béton, préfabriqués ou coulés en place, en appui les uns sur les autres dans le sens longitudinal.

35 Deux éléments 40, 41 sont représentés par leurs extrémités. L'élément 40 porte un petit massif 42, qui sert à l'ancrage d'un hauban 43, qui traverse la dalle. Un second massif d'ancrage 43, lui fait vis-à-vis sur l'élément 41. Il sert à l'ancrage d'un câble de précontrainte

44, disposé longitudinalement. Les deux massifs 42, 43 présentent des surfaces verticales, transversales, 45, 46, par lesquelles ils viennent en appui l'un sur l'autre. La tension du hauban 3 et du câble de précontrainte 44 tend donc à les maintenir fermement en appui.

On a représenté en 47 un autre câble de précontrainte longitudinal, qui traverse la jonction des éléments 40 et 41, et va s'ancrer sur des éléments situés plus loin dans le sens longitudinal du pont, de façon à assurer la rigidité de l'ensemble de la membrure supérieure.

Dans d'autres réalisations où la membrure supérieure du tablier est monobloc, tout au moins au voisinage de l'ancrage d'un hauban, la membrure présente des butées, dont la forme peut correspondre à celle des deux massifs 42 et 43 assemblés, ces butées retenant chacune la tête d'ancrage d'un hauban et retenant en même temps la tête d'ancrage d'un câble de précontrainte longitudinale qui exerce une force horizontale en direction opposée à la force horizontale exercée par le hauban.

La figure 10 est une coupe de l'ouvrage au niveau d'un pylône 3.

Ce pylône est une structure métallique ou en béton en forme de V renversé, dont les montants reposent sur une pile commune 50. Le tablier 1 se trouve entre les deux montants 51, 52 du pylône. La stabilité du tablier vis-à-vis des efforts horizontaux transversaux est assurée par deux poutres obliques 53, 54, qui prennent appui sur la pile 50 à la base des montants 51 et 52, et se rejoignent sur une pièce de soutien 55 qui est solidarisée au tablier inférieur par un massif d'appui 57, visible en section à la figure 4. On évite ainsi des tensions asymétriques et variables sur les montants 51, 52 du pylône.

La figure 11 montre une méthode de construction particulièrement avantageuse pour le pont selon l'invention.

Une poutre mobile 60 est montée sur la membrure supérieure 4 et fixée à deux points d'accrochage succes-

sifs 61, 62 de poutres de liaison diagonales, constituant des noeuds du treillis spatial. La poutre avance en porte-à-faux au-delà de la partie déjà construite du pont, on met en place d'abord une longueur 63 de la membrure supérieure correspondant à l'intervalle entre deux poutres de liaison successives dans la direction longitudinale, puis, 5 grâce à un treuil 64, on met en place simultanément l'ensemble formé par une longueur correspondante 65 de la membrure inférieure, et les poutres diagonales et auxiliaires correspondantes 66, 67. Il suffit ensuite de solidariser cet élément triangulé avec, d'une part, la partie 10 de tablier inférieur 68 déjà construite et, d'autre part, avec la partie de tablier supérieur 63 déjà mise en place, et d'opérer la mise en précontrainte de l'ensemble. Après 15 cela, la poutre 60 peut être déplacée d'une nouvelle longueur, et on recommence les opérations.

REVENDICATIONS

1. Pont constitué d'un tablier (1) et de moyens (2, 3) pour supporter ce tablier, le tablier comprenant :
- une membrure supérieure (4) formant une dalle de circulation,
 - une membrure inférieure (5) formant une dalle de circulation, moins large que la membrure supérieure,
 - des poutres de liaison précontraintes, dites "diagonales" (6), dirigées obliquement à la fois par rapport à la verticale et par rapport à la longueur du pont, et reliant les bords des membrures supérieure et inférieure,
 - des poutres de liaison précontraintes auxiliaires (7), situées dans des plans verticaux passant par les bords de la membrure inférieure,
- caractérisé en ce que le ou les câbles de précontrainte (17) d'une poutre diagonale (6) sont ancrés au bord de la membrure supérieure, traversent transversalement la membrure inférieure, puis la poutre diagonale qui lui est symétrique par rapport au plan vertical longitudinal de symétrie du pont pour venir s'ancrer sur le bord opposé de la membrure supérieure.
2. Pont selon la revendication 1, caractérisé en ce que le ou les câbles de précontrainte (19) d'une poutre auxiliaire (7) sont ancrés sur la membrure supérieure, traversent transversalement la membrure inférieure puis la poutre auxiliaire qui lui est symétrique par rapport au plan vertical longitudinal de symétrie du pont.
3. Pont selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que les poutres auxiliaires (7) sont à l'intersection des plans verticaux passant par les bords de la membrure inférieure et les plans obliques, perpendiculaires auxdits plans verticaux et contenant les poutres diagonales (6).
4. Pont selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que la membrure supérieure (4) est formée d'une dalle mince raidie par des poutres transversales (12) situées à l'endroit où les poutres diagonales, et éventuellement les poutres auxiliaires, rejoignent ladite

membrure supérieure.

5 Pont selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que la membrure inférieure est du type métallique à caissons longitudinaux (14, 15), avec des massifs en béton (21) pour assurer la liaison avec les câbles de précontrainte (17, 19) des poutres diagonales et auxiliaires.

10 6. Pont selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que la membrure inférieure est formée d'éléments préfabriqués en béton (30), assemblés dans le sens longitudinal.

15 7. Pont selon l'une des revendications 1 à 6, et du type à haubanage en éventail, caractérisé en ce que le tablier supérieur est formé par assemblage d'éléments préfabriqués ou coulés en place (40) dont au moins certains portent une butée (42) destinée à retenir la tête d'ancrage d'un hauban (3), et l'élément adjacent porte une butée auxiliaire (43) destinée à venir en appui sur la butée retenant la tête d'ancrage du hauban, cette butée 20 auxiliaire étant destinée à retenir la tête d'ancrage d'un câble (44) de précontrainte longitudinale du tablier, exerçant une force dirigée longitudinalement en sens inverse du hauban, si bien que l'action conjuguée du hauban et du câble de précontrainte tend à serrer l'un contre 25 l'autre les deux éléments préfabriqués.

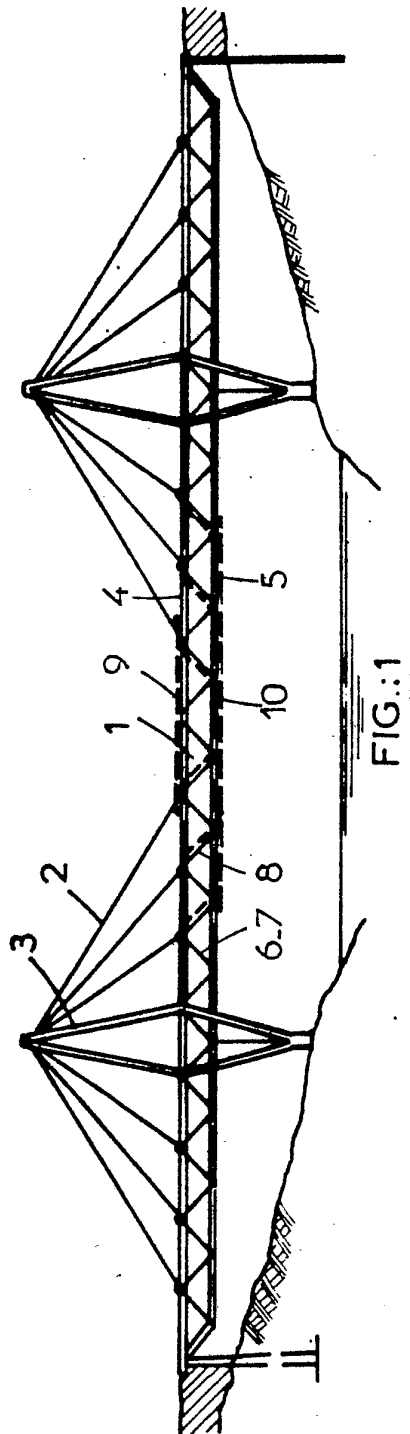
30 8. Pont selon l'une des revendications 1 à 6 et du type à haubanage en éventail, caractérisé en ce que la membrure supérieure présente des butées retenant chacune la tête d'ancrage d'un hauban, et retenant en même temps la tête d'ancrage d'un câble de précontrainte longitudinale exerçant une force horizontale en direction opposée à la force horizontale exercée par le hauban.

35 9. Pont selon l'une des revendications 1 à 8 et du type à haubanage en éventail, comportant au moins un pylône en V renversé pour supporter les haubans, caractérisé en ce que le tablier est placé entre les montants du pylône et que des boutons obliques (54), situés dans le plan transversal du pylône, relie le tablier à la pile

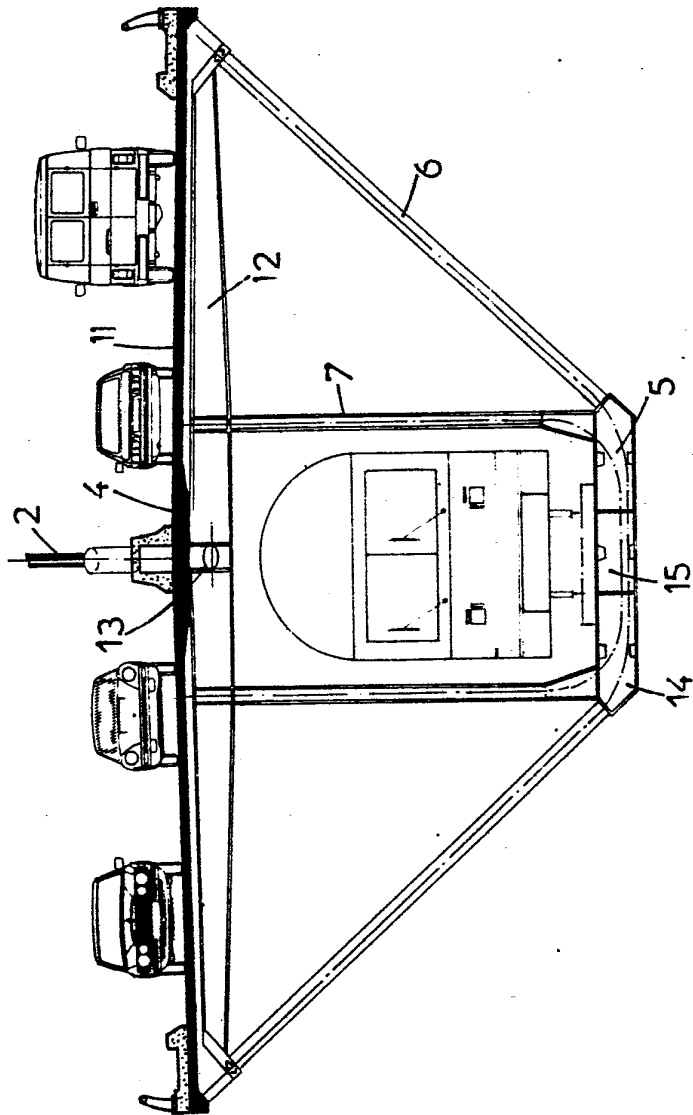
(50) portant le pylône, pour assurer la stabilité du tablier vis-à-vis des efforts horizontaux.

10. Procédé de construction d'un pont selon l'une des revendications 1 à 9, caractérisé en ce qu'on met en place à l'extrémité d'une partie du tablier déjà montée, d'une part, une longueur unitaire (63) de membrure supérieure et, d'autre part, un ensemble constitué d'une longueur axiale (65) de membrure inférieure et des poutres de liaison diagonales et auxiliaires (66, 67) associées à cette longueur, et on assemble cette longueur de membrure supérieure et cet ensemble à la fois à la partie du tablier déjà montée et entre eux, en s'aidant d'une poutre mobile montée en porte-à-faux sur la partie de tablier déjà montée.

1-7



2_7



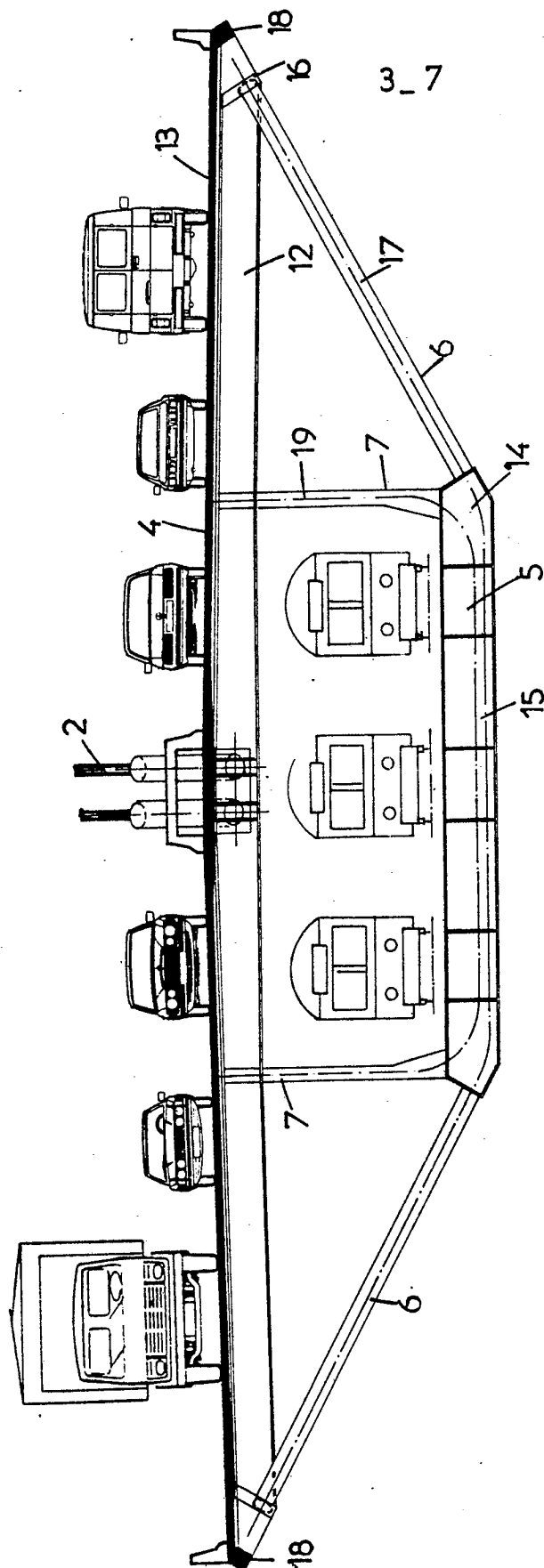
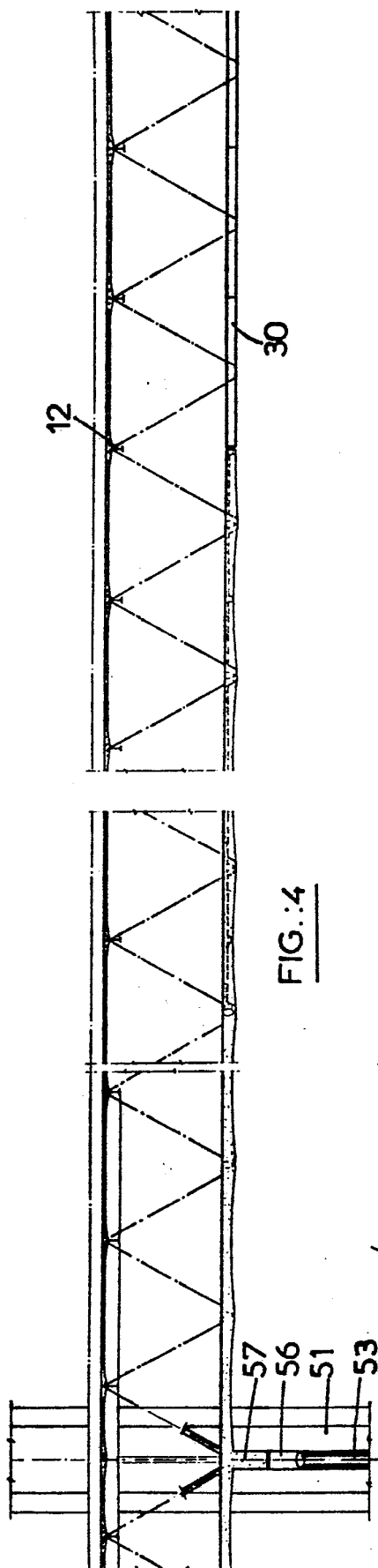
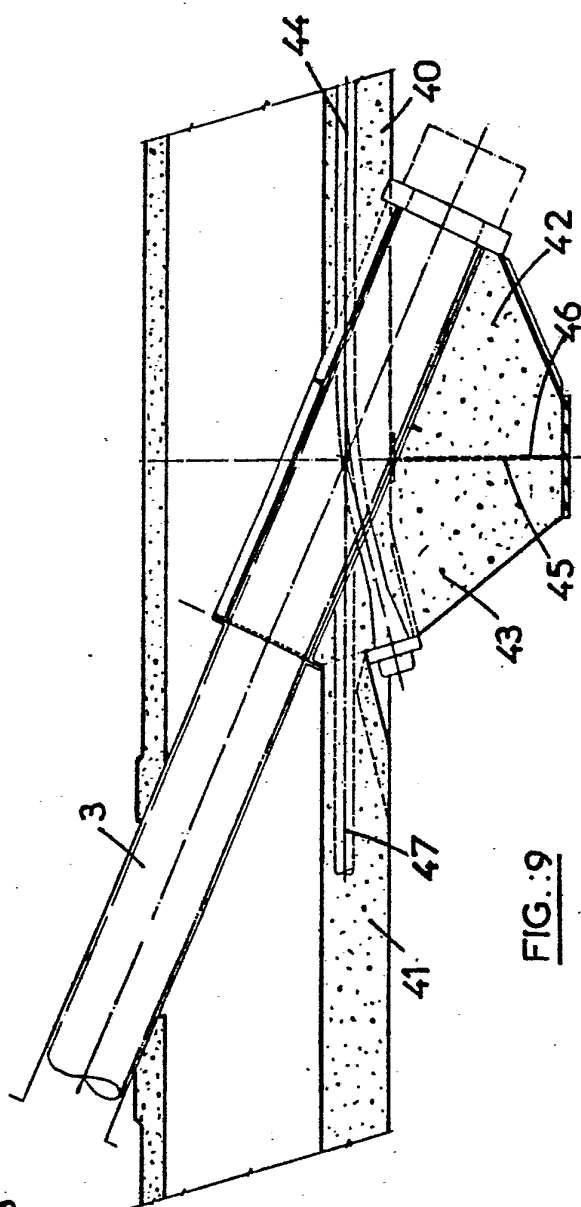
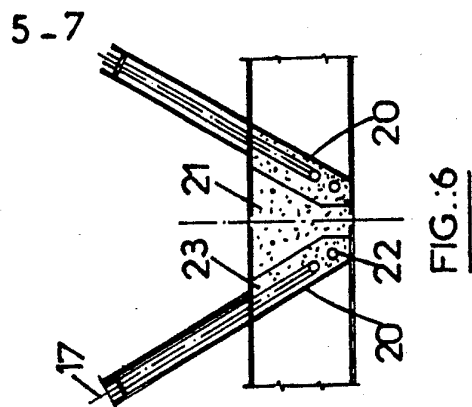
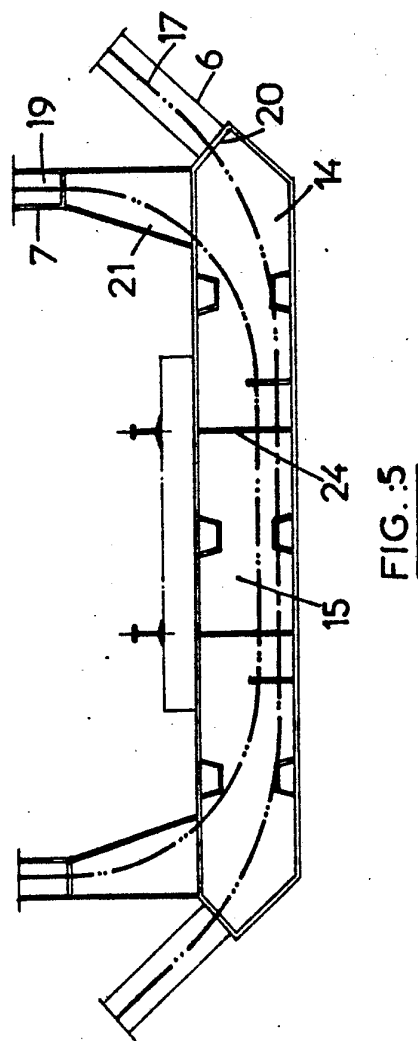
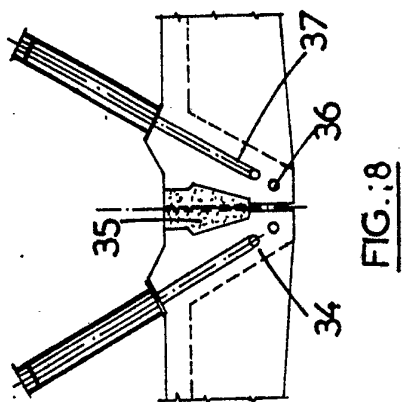
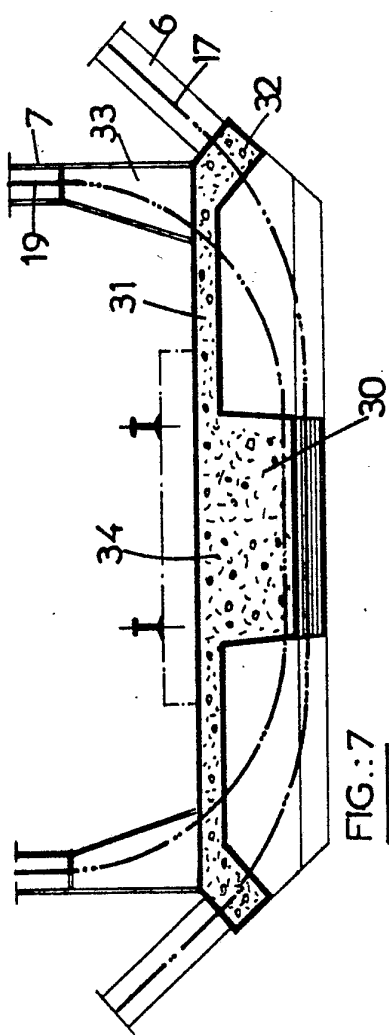


FIG. 3



4.7





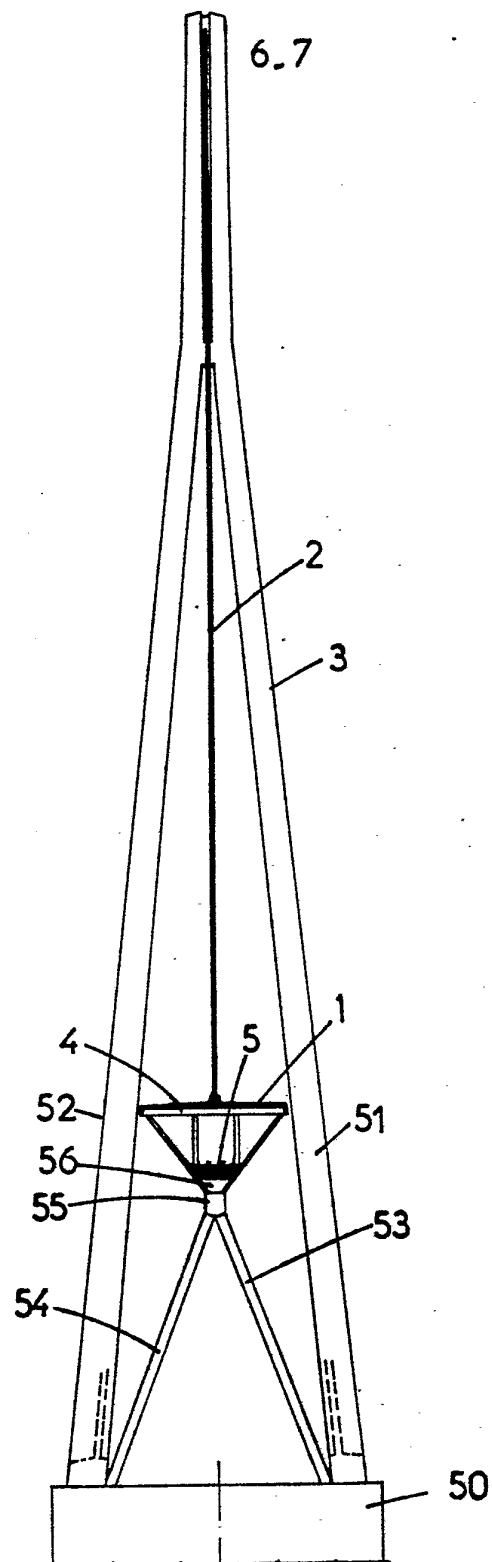


FIG.: 10

