(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 2 663 702 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention de la délivrance du brevet:
11.03.2015 Bulletin 2015/11

(21) Numéro de dépôt: **12701184.9**

(22) Date de dépôt: **12.01.2012**

(51) Int Cl.:
E04G 23/02 *(2006.01)* ***E04C 3/36*** *(2006.01)*

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/IB2012/050153

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2012/095807 (19.07.2012 Gazette 2012/29)

(54) PROCÉDÉ DE RÉPARATION DE PYLONE NOTAMMENT DE SUPPORT DE CATÉNAIRES, ET PYLONE AINSI RÉPARÉ

VERFAHREN ZUR REPARATUR EINES PYLONS, INSBESONDERE ZUM ABSTÜTZEN VON OBERLEITUNGEN, UND AUF DIESE WEISE REPARIERTER PYLON

METHOD FOR REPAIRING A PYLON, IN PARTICULAR FOR SUPPORTING CATENARIES, AND PYLON THUS REPAIRED

(84) Etats contractants désignés:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR

(30) Priorité: **12.01.2011 FR 1150258**

(43) Date de publication de la demande:
20.11.2013 Bulletin 2013/47

(73) Titulaires:
- **3X Engineering**
  98000 Monaco (MC)
- **Société Nationale des Chemins de Fer Français - SNCF**
  75014 Paris (FR)

(72) Inventeurs:
- **MACHET, Alexandre**
  F-91300 Massy (FR)
- **MENTEL, Jean-Paul**
  F-78710 Rosny S/seine (FR)
- **SLIMANI, Hacen**
  F-06200 Nice (FR)
- **BOULET D'AURIA, Stanislas**
  F-06360 Eze (FR)

(74) Mandataire: **Gaillarde, Frédéric F. Ch. et al**
Cabinet GERMAIN ET MAUREAU
8 avenue du Président Wilson
75016 Paris (FR)

(56) Documents cités:
FR-A1- 2 507 649
US-A1- 2006 060 286
US-B1- 6 219 988

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

EP 2 663 702 B1

Printed by Jouve, 75001 PARIS (FR)

Description

[0001] La présente invention se rapporte à un procédé de réparation de pylône notamment de supports de caténaires, et à un pylône ainsi réparé.

[0002] Comme cela est connu en soi, les installations fixes de traction électrique (caténaires) pour l'alimentation en énergie du matériel ferroviaire (locomotives) circulant sur des voies ferrées sont suspendues à des armements qui eux-mêmes sont fixés à des pylônes (support de caténaire).

[0003] Classiquement, ces pylônes sont réalisés en acier souvent galvanisé, et sont du type HEA, c'est-à-dire qu'ils présentent une section en « H », simple ou jumelé.

[0004] La structure de ces pylônes peut être massive, ou bien réalisée en treillis.

[0005] Chaque pylône est encastré dans un massif en béton coulé dans une fouille réalisée dans le sol.

[0006] Ce massif est surmonté par un dé de protection en béton entourant la base du pylône.

[0007] Ce dé de protection, qui permet de protéger la base du pylône contre les chocs issus du ballast de la voie ferrée, présente pans inclinés.

[0008] Cette inclinaison permet d'éviter la stagnation de l'eau de pluie autour de la base du pylône.

[0009] Un problème récurrent est la corrosion de ces pylônes, et plus particulièrement de leur base sortant du dé de protection : sur une vingtaine de centimètres en effet, cette base est très agressée notamment lorsque le dé de protection est fissuré et donc retient les eaux de pluie, ce qui a pour effet de ronger peu à peu l'acier, et d'entraîner une fragilisation mécanique du pylône.

[0010] Le remplacement complet de chaque pylône est très complexe, puisqu'il faut interrompre la circulation sur la voie ferrée pendant la durée des travaux.

[0011] De plus, un tel remplacement est coûteux, et fortement consommateur d'acier.

[0012] Il existe donc un besoin récurrent non pas de remplacement, mais de réparation des pylônes de caténaires corrodés.

[0013] Deux techniques existent à ce jour pour procéder à une telle réparation.

[0014] Une première technique consiste à surmouler la base du pylône avec du béton.

[0015] Cette technique est toutefois coûteuse, et elle ne stoppe pas forcément la corrosion : il y a un risque de voir réapparaître la corrosion à l'interface de l'acier du pylône et du béton après quelques années.

[0016] Une seconde technique consiste à renforcer la base du pylône avec des équerres boulonnées.

[0017] Cette technique présente toutefois plusieurs inconvénients : elle n'arrête pas la corrosion, elle ne permet de reprendre les efforts que dans un seul axe, elle ne permet pas d'accompagner les dilations du pylône (un jeu peut alors se créer et les boulons se desserrer), il y a un risque de dévissage soit par vibration, soit par sabotage, et la mise en oeuvre nécessite des travaux non négligeables.

[0018] La présente invention a notamment pour but de fournir un tel procédé de réparation.

[0019] On atteint ce but de l'invention avec un procédé de réparation d'un pylône présentant une section en « H », notamment de supports de caténaires, présentant au moins une zone fragilisée, dans lequel on place deux inserts métalliques de forme sensiblement parallélépipédique en vis-à-vis, de part et d'autre de l'âme du « H », ainsi que deux plaques métalliques sur chaque aile du « H », et l'on fixe simultanément ces deux inserts et ces deux plaques métalliques au moyen d'un bandage de matériau composite à matrice de résine auto-durcissante.

[0020] La réparation ainsi réalisée constitue une sorte d'attèle pour le pylône, et l'on peut constater au cours d'essais qui seront décrits par la suite que la résistance procurée par cette attèle est au moins égale, voire supérieure à celle que peut présenter un pylône neuf.

[0021] La mise en place des deux inserts et des deux plaques métalliques est optimale pour obtenir une résistance isotrope du pylône réparé.

[0022] Suivant d'autres caractéristiques optionnelles du pylône selon l'invention :

- éventuellement, on choisit des dimensions pour lesdits inserts métalliques et lesdites plaques métalliques de sorte que ces inserts et ces plaques dépassent des ailes du « H »,
- on place un mastic de transmission d'efforts entre ledit pylône et ledit insert : un tel mastic permet de réaliser une liaison intime entre cette zone et cet insert, et donc un comportement optimal vis-à-vis des efforts auxquels est soumis le pylône,
- on place un mastic de transmission d'efforts entre lesdites plaques métalliques et lesdites ailes,
- on utilise une résine bi-composant, conditionnée en unités de dosage,
- on utilise un mastic bi-composant, conditionné en unités de dosage.

[0023] L'utilisation de produit bi-composants préalablement dosés permet de s'affranchir d'opérations de dosage, toujours délicates à réaliser sur un chantier.

[0024] La présente invention se rapporte également à un pylône à section en « H » auquel a été appliqué le procédé de réparation conforme à ce qui précède, comprenant une zone fragilisée, deux inserts métalliques de forme sensiblement parallélépipédique en vis-à-vis, disposés dans ladite zone de part et d'autre de l'âme du «H », ainsi que deux plaques métalliques disposées dans ladite zone sur chaque aile du « H », ces inserts et ces plaques étant fixés dans ladite zone au moyen dudit bandage.

[0025] D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront à la lumière de la description qui va suivre, et à l'examen des figures ci-an-

nexées, dans lesquelles :

- la figure 1 est une vue en coupe verticale d'un pylône de support de caténaires ancré dans le sol, comportant à sa base une zone Z à réparer,
- la figure 2 est une vue en coupe transversale du pylône de la figure 1, cette coupe étant réalisée dans la zone Z, selon la ligne II-II de la figure 1,
- la figure 3 est une vue en coupe selon la ligne III-III de la figure 2, du pylône de la figure 1,
- les figures 4 et 5 montrent, en vues en perspective, deux étapes successives de mise en oeuvre du procédé selon l'invention de réparation du pylône de la figure 1, dans la zone Z,
- la figure 6 est une vue en coupe analogue à celle de la figure 2 du pylône de la figure 1 après réparation dans la zone Z, cette figure 6 correspondant à la figure 5,
- la figure 7 représente de manière schématique et en élévation, une installation permettant de tester la résistance du pylône de la figure 1 une fois qu'il a subi une réparation conforme aux figures 4 à 6, et la figure 8 illustre la valeur du moment de renversement appliqué au pylône (axe Y : unité en m.daN), en fonction de l'angle de renversement du pylône (axe X : unité en degrés), respectivement pour un pylône neuf, pour un pylône usé et non réparé, pour un pylône usé et réparé conformément à l'invention avec une première distance de traction L, et enfin pour un deuxième pylône réparé conformément à l'invention, pour une deuxième distance de traction L.

[0026] Sur l'ensemble de ces figures, des références identiques ou analogues désignent des organes ou ensembles d'organes identiques ou analogues.

[0027] On se reporte à présent à la figure 1, sur laquelle on a représenté un pylône 1, ancré dans le sol S au moyen d'un massif d'ancrage 2, formé de préférence en béton coulé dans une fouille.

[0028] Le pylône 1 est de préférence formé en acier galvanisé, et présente une section de type HEA, c'est-à-dire sensiblement en forme de H, comme cela est visible notamment sur la figure 2.

[0029] Les dimensions de la section du profilé en H formant le pylône 1, sont, dans le cas d'une application ferroviaire, donnée par la norme NF A 45-201.

[0030] Le pylône 1 est sujet à la corrosion, notamment dans sa zone Z située juste au-dessus du massif d'ancrage 2.

[0031] Lorsque le dé de protection est fissuré, une forte corrosion se produit dans la zone d'interface entre ce dé et la base du pylône.

[0032] On observe ainsi très classiquement une perte de matière sur les deux ailes 3 du profilé formant le pylône 1.

[0033] Comme cela est visible sur les figures 2 et 3, cette perte de matière, indiquée par les traits 5, a typiquement lieu sur une hauteur hc de l'ordre d'une vingtaine de centimètres, selon le profil indiqué à la figure 3 : perte de matière s'accentuant en allant du sol vers une vingtaine de centimètres au-dessus du sol.

[0034] Cette perte de matière est critique, d'autant qu'elle a lieu dans la zone du pylône 1 où le moment fléchissant est le plus élevé, lorsque ce pylône est soumis à divers efforts, comprenant notamment le poids de l'installation supportée (caténaire + bras de support de caténaire), ainsi que les différents efforts extérieurs, et notamment ceux provoqués par le vent.

[0035] Dans ces conditions, on comprend qu'il est essentiel de faire en sorte que la zone Z du pylône reste parfaitement saine, et que la quantité de matière nécessaire à la stabilité de ce pylône ne soit pas affectée.

[0036] Jusqu'à présent, une des seules solutions vraiment efficaces consistait à supprimer purement et simplement le pylône usé 1, et à le remplacer par un pylône neuf.

[0037] Outre le fait que cette solution nécessitât un arrêt du trafic sur la voie ferrée, elle était bien évidemment coûteuse, d'une part en main d'oeuvre et en matériel, et d'autre part en acier galvanisé perdu.

[0038] La présente invention fournit ainsi une solution économique, pratique et élégante pour prolonger la durée de vie d'un pylône présentant une usure à sa base liée à la corrosion.

[0039] La méthode selon l'invention consiste à placer au moins un insert, et de préférence deux inserts 7a, 7b (voir figures 4 à 6), dans chacun des espaces définis par les deux ailes 3a, 3b du profilé du pylône 1, dans la zone Z.

[0040] Les inserts 7a et 7b sont de préférence parallélépipédiques, et de préférence en métal.

[0041] Ces inserts 7a et 7b peuvent être dimensionnés de manière à dépasser légèrement des volumes définis par les deux ailes 3a et 3b, comme cela est visible sur la figure 6.

[0042] Préalablement à la mise en place de ces inserts dans ces volumes, on enduit les cavités définies par les deux ailes 3a, 3b d'un mastic de transmission d'efforts, formé de préférence à partir de deux composants préalablement dosés.

[0043] Une fois que les deux inserts 7a et 7b ont été positionnés dans les cavités définies par les deux ailes 3a et 3b, sur une hauteur correspondant sensiblement à la hauteur corrodée hc (voir figure 3), on rapporte à l'extérieur des deux ailes 3a et 3b deux plaques métalliques 9a et 9b, le mastic de transmission d'efforts ayant été préalablement enduit sur les faces extérieures des ailes 3a et 3b.

[0044] Comme cela est visible sur la figure 6, les deux plaques métalliques 9a et 9b peuvent dépasser de la longueur des ailes 3a et 3b sensiblement de la même valeur que les deux inserts 7a et 7b.

[0045] On arrive ainsi à la configuration représentée à la figure 4, dans laquelle les deux inserts 7a et 7b d'une part, et les deux plaques métalliques 9a et 9b d'autre part, ont été positionnés dans la zone corrodée Z.

[0046] Par la suite, on bande l'ensemble ainsi formé au moyen d'un matériau composite 11 (voir figures 5 et 6), formé d'une nappe de fibres du type Kevlar®, imprégnée d'une résine auto-durcissante.

[0047] Cette résine auto-durcissante est de préférence obtenue par mélange de deux composants préalablement dosés, l'association de ces deux composants réalisant une polymérisation rapide provoquant un durcissement extrême du bandage de matériau composite 11.

[0048] Par « auto-durcissante », on veut dire que la résine durcit du seul fait du mélange des deux composants, sans aucun apport d'énergie extérieure (chaleur ou autre).

[0049] On comprend qu'à l'issue de cette réparation, le pylône 1 se trouve renforcé dans sa zone Z, par un ensemble de matériaux métalliques d'une part et composites d'autre part, coopérant de manière intime et isotrope, et remédiant au déficit de matière provoqué par la corrosion de ce pylône.

[0050] On notera de plus que la mise en oeuvre du procédé selon l'invention est extrêmement simple, et nécessite très peu de matériel.

[0051] La figure 7 indique une installation permettant de tester la résistance d'un pylône 1 à une force appliquée à son sommet.

[0052] Plus précisément, cette force T est appliquée par un câble 13 fixé au sol S à une hauteur e de ce sol, et à une distance L du pied de ce pylône 1.

[0053] Un organe de traction 17, tel qu'un tire-fort, permet d'augmenter peu à peu la valeur de la tension T appliquée au câble 13.

[0054] Un dynamomètre 19 permet de mesurer la valeur de cette tension T.

[0055] A des fins d'illustration, et de manière non limitative, des essais ont été réalisés pour caractériser le renforcement d'un pylône présentant une section de type HEA 200, pour les cas suivants :

- pylône dont la base a été corrodée et qui n'a subi aucune réparation (pylône 2),
- premier pylône dont la base a été corrodée et qui a subi une réparation conformément au procédé selon l'invention (pylône 3 - distance de traction L = 29,2 m), et
- deuxième pylône dont la base a été corrodée et qui a subi une réparation conformément au procédé selon l'invention (pylône 4 - distance de traction L = 28,8 m).

[0056] A noter que de tels essais auraient pu également être réalisés pour des pylônes présentant une section autre que HEA 200.

[0057] La différence entre les essais relatifs aux deux derniers pylônes réside dans les différentes valeurs de L (distance entre le pylône1 et le point de fixation 15 du câble 13 au sol S).

[0058] Pour chacun des quatre pylônes susmentionnés, on réalise donc l'essai représenté à la figure 7, dans lequel on augmente peu à peu la tension T au moyen du tire-fort 17.

[0059] Un inclinomètre 21 fixé sur le pylône 1 permet de mesurer la variation d'angle du pylône 1 par rapport à la verticale, au fur et à mesure que l'on augmente la tension T au moyen du tire-fort 17.

[0060] En lisant les valeurs correspondantes de tension sur le dynamomètre 19, on a pu établir, pour chacun des quatre pylônes susmentionnés, le graphe représenté à la figure 10.

[0061] On obtient ainsi quatre courbes C1, C2, C3, C4, correspondant respectivement aux pylônes 1, 2, 3 et 4.

[0062] Comme on peut le voir notamment à propos du pylône 2, chacune des courbes C1 à C4 comporte d'une part une partie sensiblement rectiligne E, et d'autre part une partie incurvée P.

[0063] La partie sensiblement rectiligne E correspond à la déformation élastique du pylône, et la partie incurvée P correspond à la déformation plastique, c'est-à-dire irréversible de ce pylône.

[0064] Le seuil de transition entre les parties élastiques et plastiques de chacune des courbes C1, C4 est indiqué respectivement par les références S1 à S4, sur la figure 10.

[0065] Comme on peut le constater à l'examen de la figure 8, les pylônes 3 et 4, c'est-à-dire ceux qui ont subi une réparation conformément au procédé de l'invention, présentent des moments critiques nettement supérieurs (respectivement 12000 et 13000 m.da.N) à celui (7300 m.da.N) du pylône 2 n'ayant subi aucune réparation.

[0066] Et ce qui est même encore plus étonnant, c'est que les moments critiques des pylônes 3 et 4 sont également supérieurs à celui du pylône1, neuf.

[0067] Comme on peut le comprendre à la lumière de ce qui précède, le procédé selon l'invention, simple et peu coûteux à mettre en oeuvre, et ne nécessitant aucun remplacement complet de pylônes existant, permet de rétablir une excellente résistance mécanique pour un pylône ayant subi une corrosion importante au voisinage de son massif d'ancrage.

[0068] On a pu de plus vérifier que la réparation selon l'invention offrait une excellente garantie de pérennité, notamment vis-à-vis des agressions extérieures (projection de ballast, eaux de pluie, ultra-violets).

[0069] Pour l'ensemble de ces raisons, le procédé selon l'invention offre une solution très élégante permettant de donner une nouvelle vie à des pylônes pour lesquels il n'y avait d'autres solutions à ce jour qu'un remplacement à l'identique.

Revendications

1. Procédé de réparation d'un pylône présentant une section en « H » (1), notamment de supports de caténaires, présentant au moins une zone fragilisée (Z), dans lequel on place deux inserts métalliques (7a, 7b) de forme sensiblement parallélépipédique

en vis-à-vis, de part et d'autre de l'âme du « H », ainsi que deux plaques métalliques (9a, 9b) sur chaque aile (3a, 3b) du « H », et l'on fixe simultanément ces deux inserts (7a, 7b) et ces deux plaques métalliques (9a, 9b) au moyen d'un bandage de matériau composite (11) à matrice de résine auto-durcissante.

2. Procédé selon la revendication 1 dans lequel on choisit des dimensions pour lesdits inserts métalliques (7a, 7b) et lesdites plaques métalliques (9a, 9b) de sorte que ces inserts (7a, 7b) et ces plaques (9a, 9b) dépassent éventuellement des ailes (3a, 3b) du « H ».

3. Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2, dans lequel on place un mastic de transmission d'efforts entre ledit pylône (1) et ledit insert (7a, 7b).

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel on place un mastic de transmission d'efforts entre lesdites plaques métalliques (9a, 9b) et lesdites ailes (3a, 3b).

5. Procédé selon l'une des revendications 3 ou 4, dans lequel on utilise un mastic bi-composants, conditionné en unités de dosage.

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel on utilise une résine bi-composants, conditionnée en unités de dosage.

7. Pylône à section en « H » (1) auquel a été appliqué le procédé de réparation conforme à l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant une zone fragilisée (Z), deux inserts métalliques (7a, 7b) de forme sensiblement parallélépipédique en vis-à-vis, disposés dans ladite zone (Z) de part et d'autre de l'âme du « H », ainsi que deux plaques métalliques (9a, 9b) disposées dans ladite zone (Z) sur chaque aile (9a, 9b) du « H », ces inserts (7a, 7b) et ces plaques (9a, 9b) étant fixés dans ladite zone (Z) au moyen dudit bandage (11).

Patentansprüche

1. Verfahren zur Reparatur eines Mastes, der einen H-förmigen Schnitt (1) aufweist, insbesondere von Oberleitungsträgern, der mindestens einen geschwächten Bereich (Z) aufweist, in dem zwei Metalleinsätze (7a, 7b) mit im Wesentlichen parallelepipeder Form einander gegenüber liegend auf beiden Seiten des Kerns des "H" angebracht werden, ebenso wie zwei Metallplatten (9a, 9b) auf jedem Flügel (3a, 3b) des "H", und gleichzeitig diese zwei Einsätze (7a, 7b) und diese zwei Metallplatten (9a, 9b) mit Hilfe eines Verstärkungsbands aus Verbundmaterial (11) mit einer Matrix aus selbsthärtendem Harz befestigt werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei Abmessungen für die Metalleinsätze (7a, 7b) und die Metallplatten (9a, 9b) derart gewählt werden, dass diese Einsätze (7a, 7b) und diese Platten (9a, 9b) eventuell Flügel (3a, 3b) des "H" überragen.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, wobei ein Kitt zur Übertragung von Kräften zwischen dem Mast (1) und dem Einsatz (7a, 7b) angebracht wird.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei ein Kitt zur Übertragung von Kräften zwischen den Metallplatten (9a, 9b) und den Flügeln (3a, 3b) angebracht wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 oder 4, wobei ein Kitt aus zwei Bestandteilen verwendet wird, der in Dosierungseinheiten aufgeteilt ist.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei ein Harz aus zwei Bestandteilen verwendet wird, das in Dosierungseinheiten aufgeteilt ist.

7. Mast mit einem H-förmigen Schnitt (1), auf den das Verfahren zur Reparatur nach einem der vorhergehenden Ansprüche angewendet wurde, umfassend einen geschwächten Bereich (Z), zwei Metalleinsätze (7a, 7b) mit im Wesentlichen parallelepipeder Form einander gegenüber liegend, die in dem Bereich (Z) auf beiden Seiten des Kerns des "H" angebracht sind, ebenso wie zwei Metallplatten (9a, 9b), die in dem Bereich (Z) auf jedem Flügel (9a, 9b) des "H" angebracht sind, wobei diese Einsätze (7a, 7b) und diese Platten (9a, 9b) in dem Bereich (Z) mit Hilfe des Verstärkungsbandes (11) befestigt sind.

Claims

1. A method for repairing a pylon exhibiting an "H"-shaped section (1), in particular supports of overhead lines, exhibiting at least one weakened area (Z), in which two substantially parallelepiped-shaped metallic inserts (7a, 7b) are placed facing each other, on either side of the web of the "H", as well as two metallic plates (9a, 9b) on each wing (3a, 3b) of the "H", and these two inserts (7a, 7b) and these two metallic plates (9a, 9b) are simultaneously fixed by means of a composite material bandage (11) with a self-curing resin matrix.

2. The method according to claim 1 wherein dimensions for said metallic inserts (7a, 7b) and said metallic plates (9a, 9b) are chosen so that these inserts

(7a, 7b) and these plates (9a, 9b) possibly protrude from the wings (3a, 3b) of the "H".

3. The method according to any of claims 1 or 2, wherein a mastic of transmission of forces is placed between said pylon (1) and said insert (7a, 7b).

4. The method according to any one of the preceding claims, wherein a mastic of transmission of forces is placed between said metallic plates (9a, 9b) and said wings (3a, 3b).

5. The method according to any of claims 3 or 4, wherein a bi-component mastic, packaged in dosage units, is used.

6. The method according to any one of the preceding claims, wherein a bi-component resin, packaged in dosage units, is used.

7. A pylon with an "H"-shaped section (1) to which has been applied the repair method in accordance with any one of the preceding claims, comprising a weakened area (Z), two substantially parallelepiped-shaped metallic inserts (7a, 7b) facing each other, disposed in said area (Z) on either side of the web of the "H", as well as two metallic plates (9a, 9b) disposed in said area (Z) on each wing (3a, 3b) of the "H", these inserts (7a, 7b) and these plates (9a, 9b) being fixed in said area (Z) by means of said bandage (11).

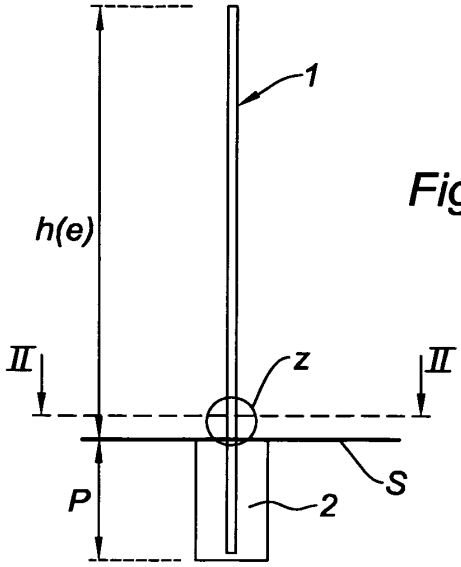


Fig. 1

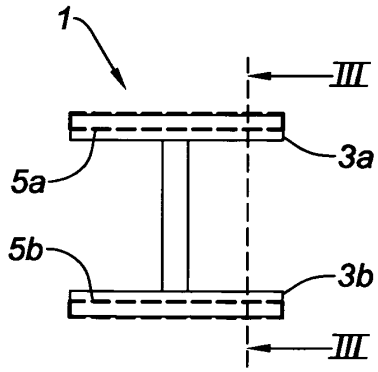


Fig. 2

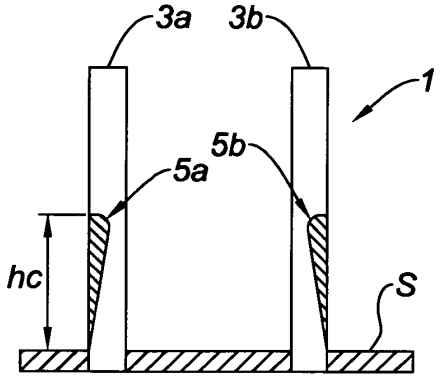


Fig. 3

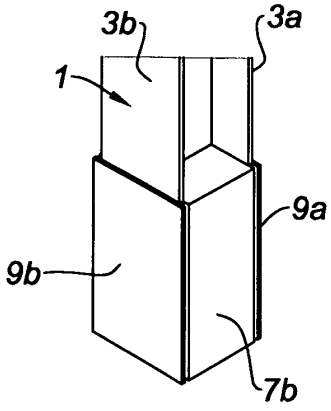


Fig. 4

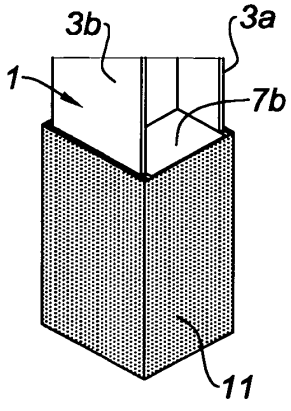


Fig.5

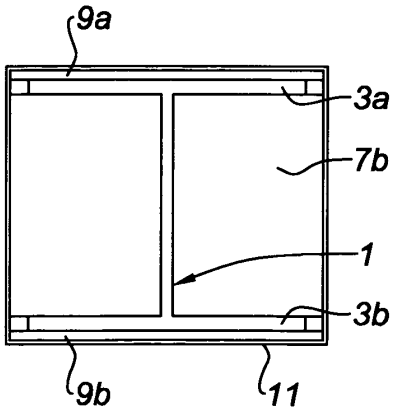


Fig. 6

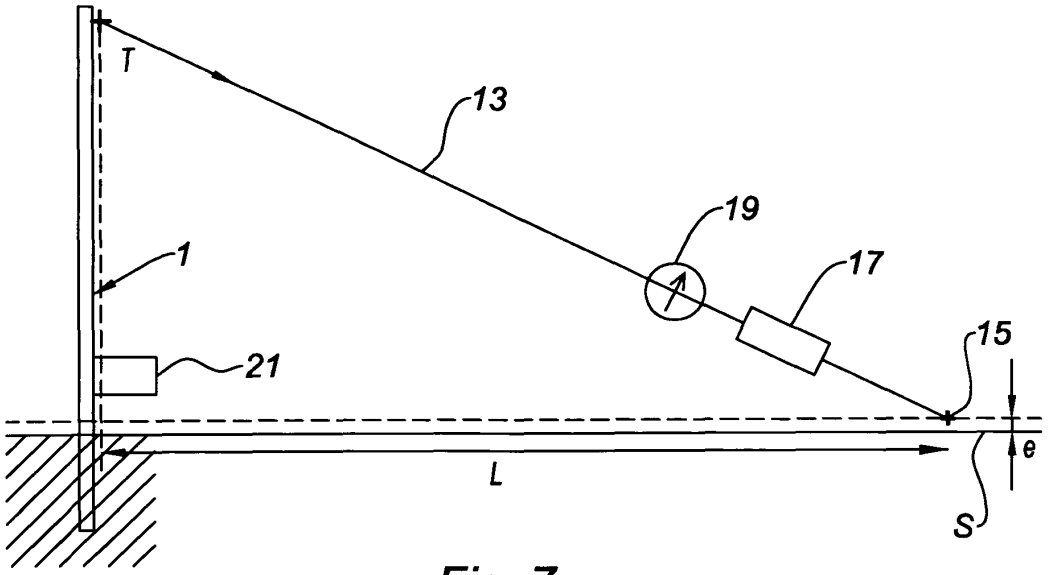

T
13
19
17
1
15
21
e
L
S

Fig. 7

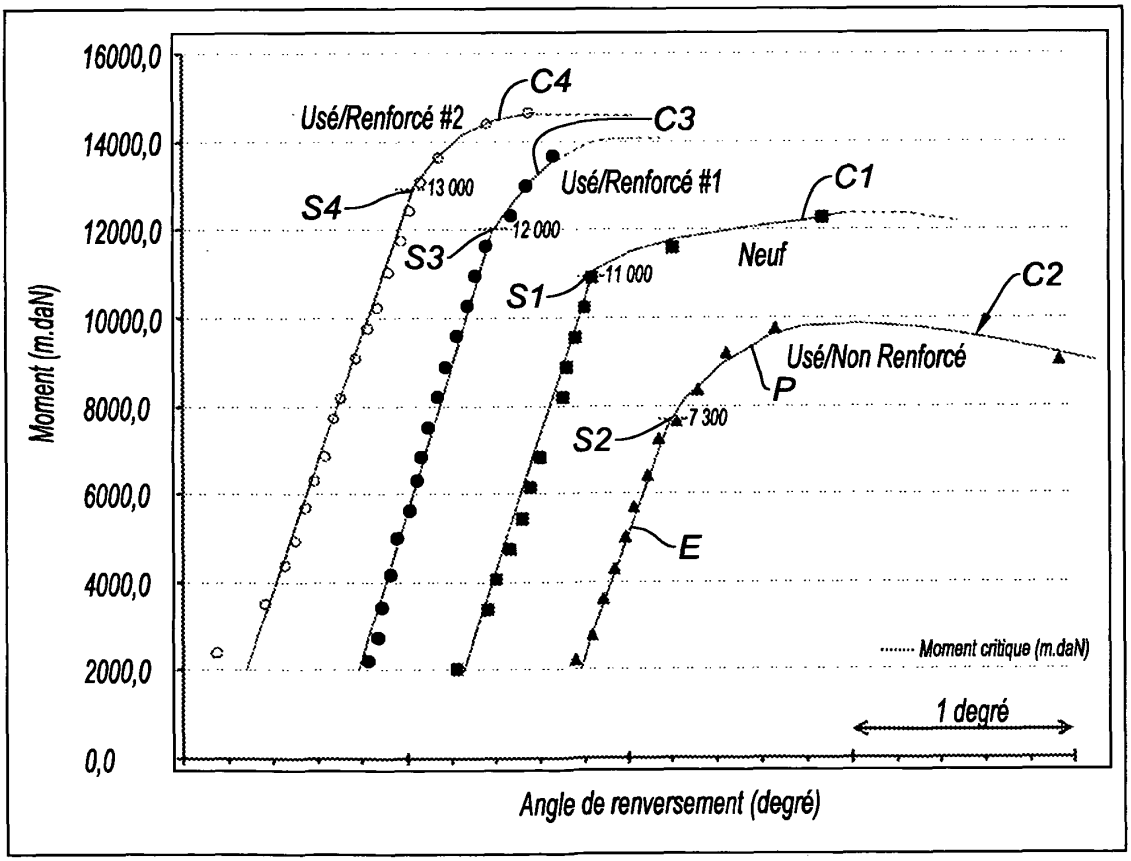

16000,0
14000,0
12000,0
10000,0
8000,0
6000,0
4000,0
2000,0
0,0
Moment (m.daN)
C4
Usé/Renforcé #2
C3
13 000
Usé/Renforcé #1
C1
S4
12 000
S3
Neuf
11 000
S1
C2
Usé/Non Renforcé
P
7 300
S2
E
Moment critique (m.daN)
1 degré
Angle de renversement (degré)

Fig. 8