



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:  
**02.05.2002 Bulletin 2002/18**

(51) Int Cl.7: **E21D 11/08**

(21) Numéro de dépôt: **01402788.2**

(22) Date de dépôt: **26.10.2001**

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

(72) Inventeurs:  
• **Didier, Jean Stéphane**  
**75015 Paris (FR)**  
• **Autuori, Philippe**  
**92260 Fontenay aux Roses (FR)**

(30) Priorité: **30.10.2000 FR 0013919**

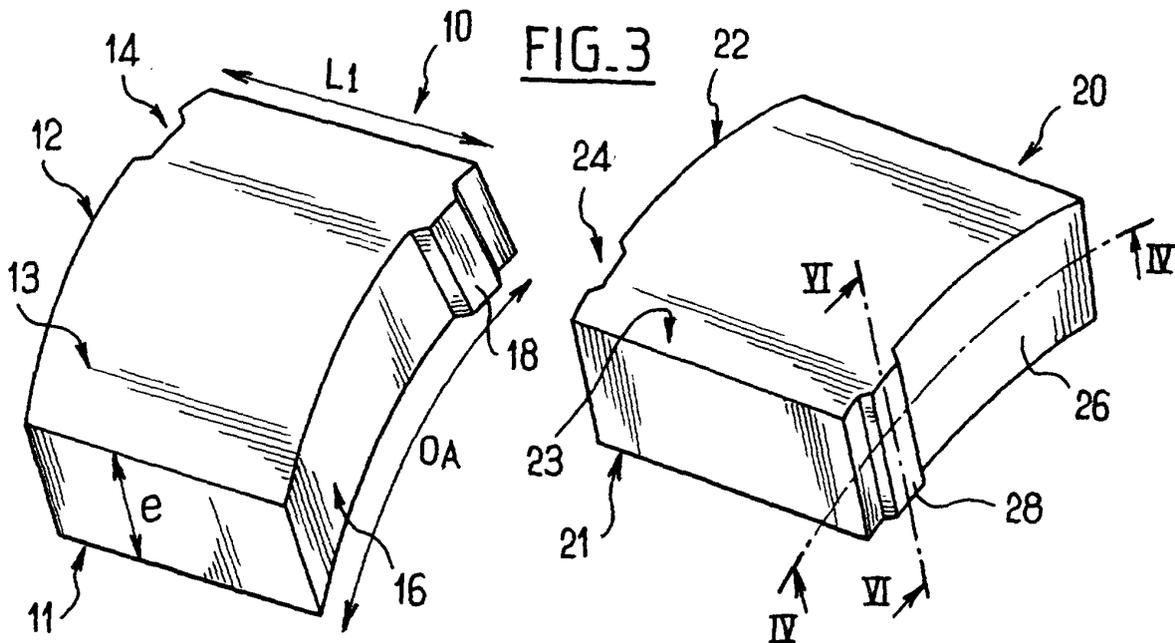
(74) Mandataire: **Texier, Christian et al**  
**Cabinet Régimbeau**  
**20, rue de Chazelles**  
**75847 Paris cedex 17 (FR)**

(71) Demandeur: **BOUYGUES TRAVAUX PUBLICS**  
**78280 Guyancourt (FR)**

(54) **Dispositif de revêtement de tunnel**

(57) La présente invention concerne un dispositif de revêtement de tunnel, comprenant des éléments de soutènement en forme d'anneaux juxtaposés, caracté-

risé par le fait qu'il comprend au niveau des flancs en regard 12,16,22,26 des anneaux juxtaposés, des moyens 14,24,18,28,30 assurant un blocage en direction périphérique avec liberté de déplacement radial.



## Description

**[0001]** La présente invention concerne le domaine des dispositifs de revêtement de tunnel.

**[0002]** Le revêtement d'un tunnel creusé au tunnelier est généralement constitué d'anneaux circulaires posés les uns derrière les autres au fur-et-à-mesure du creusement (en fait après chaque phase de creusement, de l'ordre de 1 à 2 mètres de long).

**[0003]** Chaque anneau est lui-même constitué de plusieurs « voussoirs » préfabriqués (chacun en forme d'un secteur de couronne), qui sont assemblés à l'intérieur du tunnelier. Dès qu'un anneau est ainsi monté, il sert d'appui à des vérins de poussée qui permettent au tunnelier de poursuivre sa progression en creusant le terrain.

**[0004]** Dès la sortie d'un anneau hors de la « jupe » du tunnelier, le vide annulaire compris entre l'anneau et le terrain est rempli par injection d'un produit sous pression, de telle sorte que l'anneau est immédiatement mis en compression.

**[0005]** Par la suite, cette compression peut éventuellement être remplacée par celle résultant de l'interaction avec le terrain.

**[0006]** En tout état de cause, il y a consensus pour dire que l'anneau, considéré isolément, reste toujours globalement comprimé du fait des pressions radiales.

**[0007]** Par suite, l'intégrité de l'anneau en tant que tel peut être assurée, moyennant une conception adéquate, via les seuls frottements entre voussoirs d'un même anneau au niveau des joints longitudinaux.

**[0008]** Il n'en va pas nécessairement de même dans le sens longitudinal (du moins n'y-a-t-il pas consensus sur ce point).

**[0009]** En effet, la compression longitudinale créée par les vérins de poussée lors de la progression du tunnelier peut se relaxer partiellement, notamment du fait du fluage des matériaux (bétons, joints d'étanchéité, terrains) ou du retrait (hydrique, voire thermique) du béton.

**[0010]** De ce fait, le frottement mobilisable sur la surface des joints entre anneaux peut se réduire à long terme.

**[0011]** Par suite, l'intégrité du revêtement, considéré comme un tube horizontal, peut être remise en question (par exemple, sous l'effet d'une sollicitation de cisaillement ou d'un défaut local de réaction du terrain) si la résistance vis-à-vis d'un glissement entre anneaux ne provient que du frottement entre eux.

**[0012]** Pour ces raisons, certains Maîtres d'Oeuvre assurent un blocage (au-delà d'une certaine tolérance) des déplacements transversaux relatifs entre anneaux contigus.

**[0013]** Un tel déplacement transversal, que l'on cherche à bloquer, est schématisé sur la figure 1. Sur celle-ci on aperçoit trois anneaux, n-1, n et n+1, juxtaposés longitudinalement selon un axe O-O. Les deux anneaux n-1 et N+1 étant centrés sur l'axe O-O, tandis que l'anneau n situé entre ceux-ci subit un effort F transversal

à l'axe O-O, lequel effort tend à le décentrer par rapport à l'axe O-O et à le désaligner des anneaux n-1 et n+1 qui l'encadrent.

**[0014]** Cette fonction de blocage est généralement assurée par des systèmes de tenon et mortaise entre anneaux, disposés parallèlement à la circonférence de l'anneau, comme illustré sur la figure 2.

**[0015]** Sur cette figure 2, on a représenté sous la référence T un tenon en saillie ménagé sur un premier flanc de chaque voussoir, et sous la référence M une mortaise en creux complémentaire formée sur la seconde face de chaque voussoir.

**[0016]** Cependant, il s'avère que ces dispositions connues ne donnent pas toujours pleinement satisfaction. En particulier, ces dispositions connues induisent parfois certains désordres (éclats de bétons, perte d'étanchéité) lors de la construction, du fait qu'elles s'opposent à toute ovalisation de l'anneau et à tout défaut d'alignement (désaffleure) d'un voussoir par rapport à celui de l'anneau précédent (sauf à ménager un jeu tellement important que l'efficacité réelle du blocage à long terme est alors remise en cause).

**[0017]** La présente invention a maintenant pour but de proposer un nouveau dispositif de revêtement de tunnel présentant des performances supérieures aux dispositifs connus de l'art antérieur.

**[0018]** Ce but est atteint dans le cadre de la présente invention grâce à un dispositif de revêtement de tunnel comprenant des éléments de soutènement en forme d'anneaux juxtaposés, caractérisé par le fait qu'il comprend, au niveau des flancs en regard des anneaux juxtaposés, des moyens assurant un blocage en direction périphérique, avec liberté de déplacement radial ou quasi radial.

**[0019]** Selon une autre caractéristique avantageuse de la présente invention, les moyens de blocage comprennent des gorges orientées radialement.

**[0020]** Selon une autre caractéristique avantageuse de la présente invention, les moyens de blocage comprennent des tenons orientés radialement, complémentaires dans leur extension périphérique, de gorges destinées à être placées en regard.

**[0021]** Selon une autre caractéristique avantageuse de la présente invention, les moyens de blocage comprennent des inserts destinés à être insérés dans des gorges d'orientation radiale formées dans les flancs en regard des anneaux.

**[0022]** D'autres caractéristiques, buts et avantages de la présente invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée qui va suivre, et en regard des dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 précédemment décrite représente schématiquement une vue en coupe longitudinale de trois anneaux juxtaposés selon l'état de la technique,
- la figure 2 également précédemment décrite représente une vue schématique en perspective éclatée

de deux voussoirs destinés à être associés, comportant chacun, respectivement sur leur face, une mortaise et un tenon périphériques, conformément à l'état de la technique.

- la figure 3 représente une vue schématique en perspective de deux voussoirs conformes à la présente invention destinés à être associés,
- les figures 4 et 5 représentent deux variantes de réalisation de moyens de blocage conformes à la présente invention, selon un plan de coupe périphérique ou tangentiel tel que schématisé sous la référence IV-IV sur la figure 3,
- la figure 6 représente une vue en coupe radiale, selon le plan de coupe référencé VI-VI sur la figure 3, de moyens de blocage conformes à la présente invention,
- la figure 7 représente une vue en perspective d'un voussoir conforme à une variante de l'invention,
- la figure 8 représente une vue schématique en coupe périphérique ou tangentielle similaire au plan de coupe IV-IV, d'une autre variante de réalisation conforme à la présente invention.

**[0023]** On a illustré sur la figure 3 deux voussoirs 10,20, en béton constituant une portion de deux anneaux respectifs destinés à être juxtaposés.

**[0024]** La largeur longitudinale L1, l'épaisseur radiale e, l'ouverture angulaire OA des deux voussoirs 10,20 représentés sur la figure 3, sont purement illustratives, à titre d'exemple, et ne doivent en aucune façon être considérées comme limitatives y compris quant à leur rapport.

**[0025]** On aperçoit sur la figure 3 annexée, sur chacun des voussoirs 10,20, sur un premier flanc 12,22, une gorge 14,24, orientée radialement par rapport à l'axe O-O des voussoirs et anneaux.

**[0026]** On aperçoit par ailleurs sur la figure 3, sur le second flanc 16,26 de chaque voussoir 10,20, un tenon 18,28 d'orientation radiale. Les tenons 18,28 sont venus de matière en béton, sur les voussoirs 10,20.

**[0027]** Les flancs 12,22,16 et 26 correspondent aux faces des voussoirs 10,20 orientées perpendiculairement à l'axe O-O des anneaux.

**[0028]** Les tenons 18,28 sont destinés à pénétrer dans une gorge radiale, 14,24, placée en regard. A ce titre, les tenons 18,28 sont complémentaires, dans leur direction périphérique, des gorges 14,24.

**[0029]** En revanche, les tenons 18,28 engagés dans les gorges 14,24 préservent une liberté de déplacement entre les voussoirs 10,20 adjacents dans la direction radiale.

**[0030]** En d'autres termes, l'extension périphérique des tenons 18,28 est complémentaire, c'est-à-dire égale au jeu près nécessaire à l'engagement et aux tolérances d'exécution et de montage, de l'extension périphérique des gorges 14,24.

**[0031]** En revanche, la longueur des gorges 14,24 est adaptée pour ne pas appliquer de contraintes limitant le

déplacement radial des tenons 18,28.

**[0032]** A ce titre, les gorges 14,24 peuvent déboucher sur une face, voire sur les deux faces de périphérie respectivement radialement interne et radialement externe 11,13,21,23 des voussoirs 10,20. Selon une autre variante, comme on l'a illustré par exemple sur la figure 6, les gorges 14,24 peuvent être obturées à leur extrémité radialement interne et radialement externe.

**[0033]** Dans ce cas, la longueur de la gorge 14,24, dans la direction radiale doit être supérieure à la longueur correspondante des tenons 18,28.

**[0034]** Les flancs orientés dans la direction radiale, tant des tenons 18,28 que des gorges complémentaires 14,24 peuvent être rectilignes comme illustré sur la figure 3.

**[0035]** En variante, ces flancs peuvent cependant être incurvés, par exemple convexes ou concaves, voire polygonaux, comme illustré sur la figure 7.

**[0036]** Par ailleurs, ces flancs des tenons 18,28 et des gorges 14,24 peuvent être situés dans un plan radial passant par l'axe OO des anneaux comme illustré sur la figure 5 ou, au contraire, inclinés par rapport à un plan radial, comme illustré sur la figure 4.

**[0037]** Sur les figures 4 et 5 les flancs des tenons et gorges complémentaires sont référencés f.

**[0038]** Les extrémités radiales des tenons 18,28 et des gorges 14,24 peuvent prendre différentes géométries.

**[0039]** Le jeu réservé, dans la direction radiale, pour chaque tenon 18,28 placé dans une gorge 14,24 doit être très supérieur aux défauts de pose possibles et tel qu'il ne bloque pas un éventuel déplacement relatif entre anneaux avant que l'une des glissières radiales ainsi formée ne vienne en butée.

**[0040]** Sur la figure 6, le jeu radial ainsi ménagé de part et d'autre d'un tenon 18 est référencé j.

**[0041]** Selon encore une autre variante schématisée sur la figure 8, le blocage en direction périphérique avec liberté de déplacement radial entre deux voussoirs adjacents, 10,20 peut être obtenu à l'aide d'inserts 30 conçu pour être insérés dans des gorges 14,24 d'orientation radiale formée dans les flancs en regard des voussoirs ou anneaux.

**[0042]** De tels inserts peuvent prendre de nombreuses géométries.

**[0043]** Ils peuvent être mis en place soit à la fabrication des voussoirs, soit lors du montage ou après montage des anneaux.

**[0044]** Selon encore une autre variante, les inserts peuvent être remplacés par des injections de matière.

**[0045]** Sous réserve de ménager des jeux intimes, que l'on précisera par la suite, le système conforme à la présente invention ne s'oppose ni à l'ovalisation de l'anneau ni à des désaffleurs.

**[0046]** Il ne pose donc aucune difficulté de construction.

**[0047]** Par contre, dès qu'un anneau ayant quitté la jupe du tunnelier est sollicité transversalement dans une

direction quelconque, plusieurs des joints radiaux ainsi formés (en fait tous ceux dont l'axe de glissement possible n'est pas trop parallèle à la sollicitation) se trouvent automatiquement mobilisés.

[0048] L'ensemble de l'anneau se trouve de ce fait bloqué, puisque, comme indiqué précédemment, l'intégrité de chaque anneau est assurée par sa compression (sous l'effet du produit de bourrage et/ou du terrain).

[0049] Le dispositif conforme à la présente invention garantit pas ailleurs une efficacité à long terme.

[0050] Le jeu requis pour les moyens de blocage conformes à la présente invention, peut être globalement déterminé comme suite.

[0051] Appelons  $R + \Delta R$  l'amplitude d'ovalisation d'un anneau en ellipse, selon la direction horizontale et  $R \Delta R$  l'amplitude d'ovalisation selon la direction verticale.

[0052] Si l'on cherche à poser un tel anneau contre un anneau parfaitement circulaire de rayon  $R$  on peut montrer que l'écart angulaire maximal (exprimé en radian) entre les normales respectives au cercle et à l'ellipse vaut  $\Delta R/R$ .

[0053] Par suite, un joint « radial » conforme à la présente invention doit être doté d'un jeu (dans la direction tangentielle) égale à  $e \Delta R/R$  ou  $e$  désigne l'épaisseur du revêtement.

[0054] Dans la même situation, un système de blocage classique, tel qu'un système de tenon mortaise parallèle au cercle doit offrir un jeu d'au moins  $\Delta R$  pour ne pas induire de réels problèmes à la pose.

[0055]  $e/R$  étant de l'ordre de 10%, l'homme de l'art comprendra que l'on doit ménager des jeux 10 fois plus importants avec le système classique qu'avec le système conforme à la présente invention.

[0056] L'efficacité en terme de blocage à long terme de déplacements transversaux est donc améliorée d'un facteur 10 grâce à l'invention.

[0057] Le joint d'étanchéité peut soit passer au travers du système, soit passer à l'extérieur (côté intrados ou extrados) si, comme évoqué précédemment, la glissière radiale formée dans le cadre de la présente invention est limitée à une partie de l'épaisseur du voussoir.

[0058] Le nombre de dispositifs de blocage conformes à l'invention équipant chaque voussoir peut être quelconque (voire nul sur certains voussoirs composant l'anneau) l'essentiel étant que quelle que soit la direction de la sollicitation transversale entre anneaux, il y ait en nombre suffisant pour s'opposer au glissement à partir d'un certain seuil. Le nombre et la position des gorges sur chaque voussoir doivent être tels que le nombre de gorges en regard soit suffisant, et ce pour toutes les positions permises à la pose.

[0059] Quel que soit le système conforme à la présente invention retenu (tenon-mortaise béton, injection, insert, etc.), le caractère radial des gorges 14,24 fait que, sous une sollicitation tendant à faire glisser un anneau contre l'autre, les contraintes de butée qui en résultent dans le béton, sont tangentielles, et non radiales comme dans le cas de la conception classique telle que

représentée en fig. 2. de plus, les flancs de la gorge conforme à la présente invention, peuvent être ferrillés plus aisément que dans la conception classique. Par suite, la résistance finale est plus importante, et les risques d'éclatement de béton sont moindres dans le cadre de l'invention.

[0060] La présente invention permet ainsi de renforcer très notablement la tenue des voussoirs.

[0061] Bien entendu, la présente invention n'est pas limitée aux modes de réalisation particuliers qui viennent d'être décrits mais s'étend à toutes variantes conformes à son esprit.

[0062] En particulier la présente invention s'applique également au cas où les gorges 14,24 et les tenons 18,28 ne sont pas orientés dans une direction strictement radiale, mais seulement dans une direction quasi radiale.

## 20 Revendications

1. Dispositif de revêtement de tunnel, comprenant des éléments de soutènement en forme d'anneaux juxtaposés, **caractérisé par le fait qu'il** comprend au niveau des flancs en regard (12,16,22,26) des anneaux juxtaposés, des moyens (14,24,18,28,30) assurant un blocage en direction périphérique avec liberté de déplacement radial,
2. Dispositif selon la revendication 1, **caractérisé par le fait que** les moyens de blocage comprennent des gorges (14,24) orientées radialement.
3. Dispositif selon l'une des revendications 1 ou 2, **caractérisé par le fait que** les moyens de blocage comprennent des tenons (18,28) orientés radialement, complémentaires dans leur direction périphérique de gorges (14,24) destinés à être placés en regard.
4. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé par le fait que** les moyens de blocage comprennent des inserts (30) destinés à être engagés dans des gorges d'orientation radiale (14,24) formées dans les flancs en regard des anneaux.
5. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé par le fait que** les moyens de blocage comprennent des injections de matière dans des gorges d'orientation radiale (14,24) formées dans les flancs en regard des anneaux.
6. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 5, **caractérisé par le fait que** les moyens de blocage comprennent des gorges (14,24) qui débouchent au moins sur une extrémité radiale des anneaux.
7. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 6 **ca-**

**ractérisé par le fait que** les moyens de blocage comprennent des gorges 14,24 qui sont obturées au moins sur une extrémité radiale des anneaux.

8. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 5 et 7, **caractérisé en ce que** les moyens de blocage comprennent des gorges (14,24) obturées sur leurs deux extrémités, respectivement radialement externe et radialement interne. 5  
10
9. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 8, **caractérisé par le fait qu'il** comprend plusieurs moyens de blocage en direction périphérique avec liberté de déplacement radial sur chaque voussoir (10,20) destiné à constituer un anneau. 15  
20
10. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 9, **caractérisé par le fait qu'il** comprend au moins un voussoir (10,20) exempt de blocage. 20  
25  
30  
35  
40  
45  
50  
55

FIG. 1

Etat de la technique

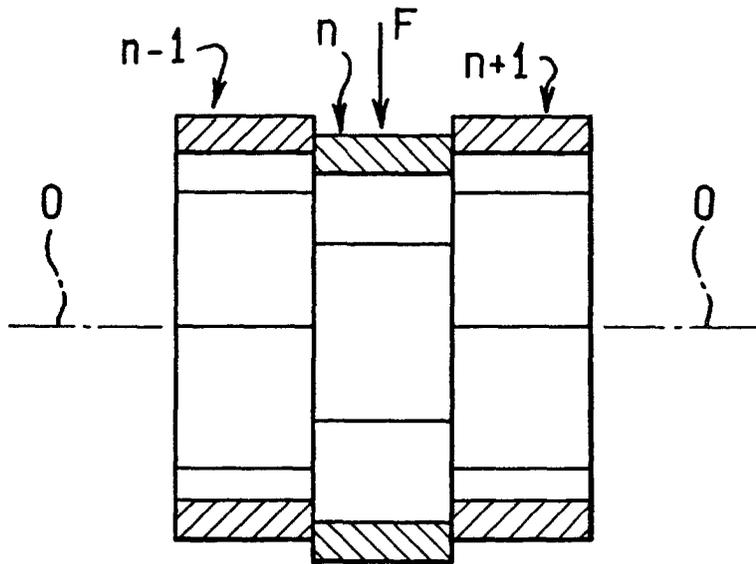
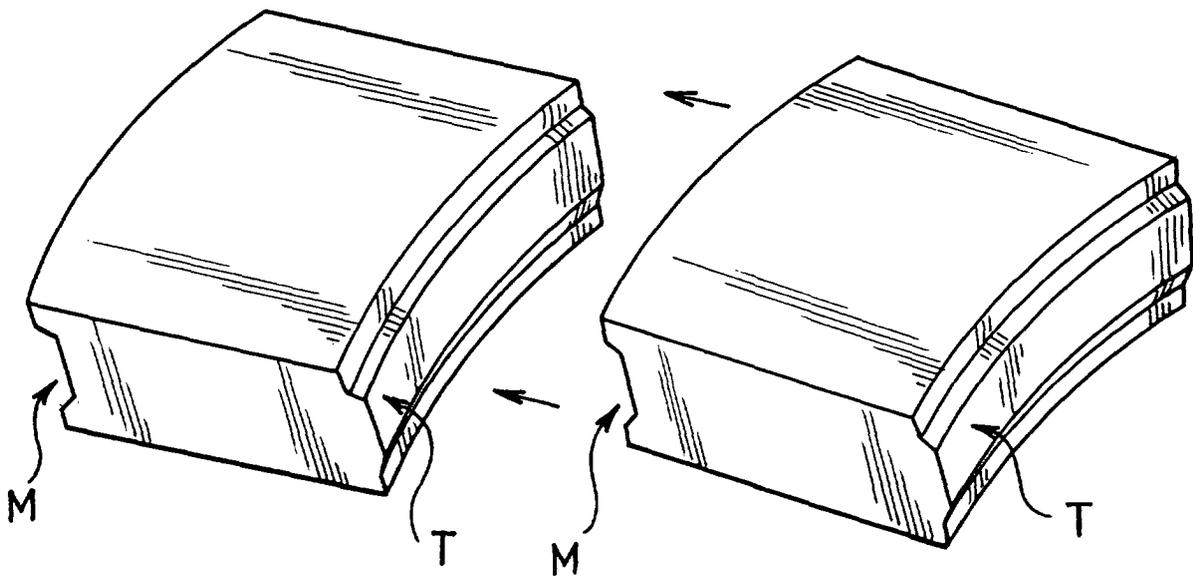


FIG. 2

Etat de la technique



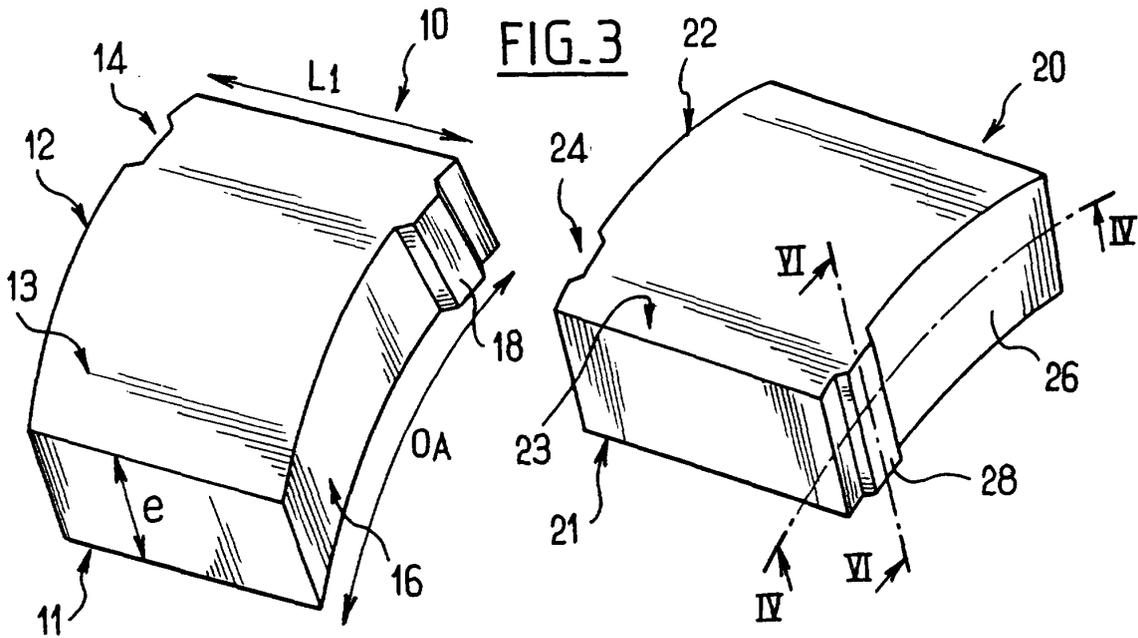


FIG. 4

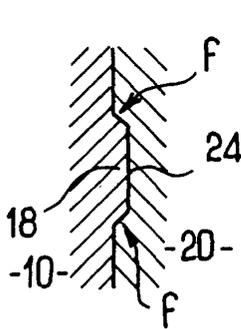


FIG. 5

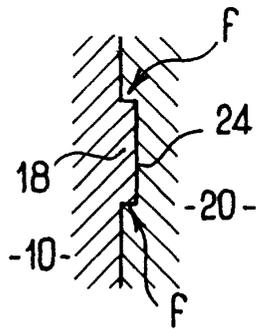


FIG. 6

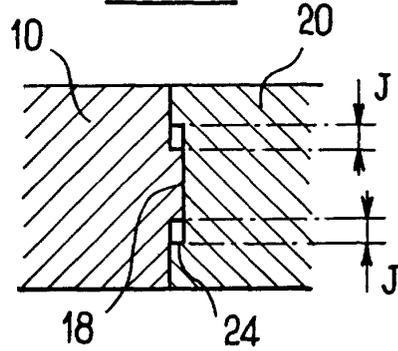


FIG. 7

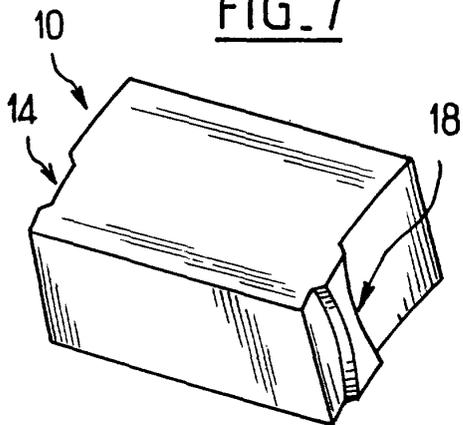
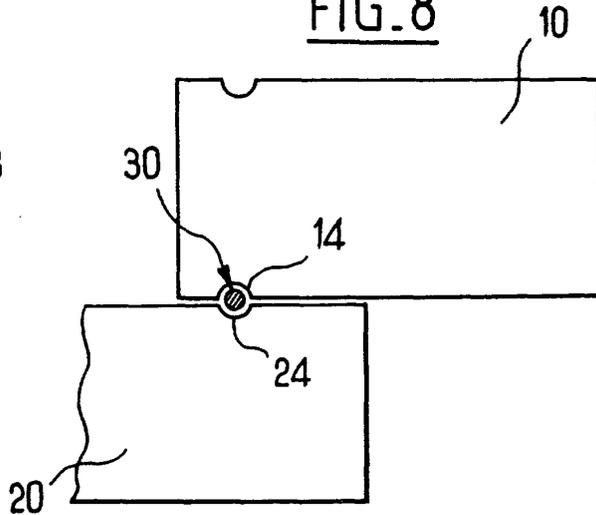


FIG. 8





| DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS   |  |   |   |
|---|--|---|---|
| Catégorie   | Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes    | Revendication concernée   | CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.C1.7)       |
| A   | US 4 397 583 A (HORNCY THOMAS E ET AL)<br>9 août 1983 (1983-08-09)<br>* figure 3 * | 1   | E21D11/08                                 |
| A   | US 3 815 370 A (LENNOX R)<br>11 juin 1974 (1974-06-11)<br>* figures *              | 1   |   |
| A   | US 4 662 773 A (BAUMANN THEODOR ET AL)<br>5 mai 1987 (1987-05-05)                  |   |   |
| Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications  |  |   | DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.C1.7) |
|   |  |   | E21D                                      |
| Lieu de la recherche  | Date d'achèvement de la recherche  | Examineur   |   |
| LA HAYE   | 18 février 2002  | Fonseca Fernandez, H  |   |
| CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES   |  | T : théorie ou principe à la base de l'invention<br>E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date<br>D : cité dans la demande<br>L : cité pour d'autres raisons<br>& : membre de la même famille, document correspondant |   |
| X : particulièrement pertinent à lui seul<br>Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie<br>A : arrière-plan technologique<br>O : divulgation non-écrite<br>P : document intercalaire |  |   |   |

EPC FORM 1503 03 92 (P04C02)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 01 40 2788

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.  
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du  
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

18-02-2002

| Document brevet cité<br>au rapport de recherche |            | Date de<br>publication | Membre(s) de la<br>famille de brevet(s) | Date de<br>publication |
|---|------------|------------------------|---|------------------------|
| US 4397583                                      | A          | 09-08-1983             | AR 217702 A1                            | 15-04-1980             |
|   |            |                        | AU 517384 B2                            | 30-07-1981             |
|   |            |                        | AU 3892478 A                            | 21-02-1980             |
|   |            |                        | BR 7805224 A                            | 08-05-1979             |
|   |            |                        | CA 1106197 A1                           | 04-08-1981             |
|   |            |                        | DE 2835237 A1                           | 22-02-1979             |
|   |            |                        | ES 472560 A1                            | 16-02-1979             |
|   |            |                        | FR 2400650 A1                           | 16-03-1979             |
|   |            |                        | GB 2003212 A ,B                         | 07-03-1979             |
|   |            |                        | GB 2004931 A ,B                         | 11-04-1979             |
|   |            |                        | GR 66119 A1                             | 16-01-1981             |
|   |            |                        | HK 37782 A                              | 03-09-1982             |
|   |            |                        | IN 148171 A1                            | 22-11-1980             |
|   |            |                        | IT 1098227 B                            | 07-09-1985             |
|   |            |                        | JP 1098828 C                            | 27-05-1982             |
|   |            |                        | JP 54045938 A                           | 11-04-1979             |
|   |            |                        | JP 56044239 B                           | 17-10-1981             |
|   |            |                        | MX 146922 A                             | 08-09-1982             |
|   |            |                        | NL 7808318 A ,B,                        | 20-02-1979             |
|   |            |                        | NZ 188035 A                             | 07-09-1982             |
| ZA 7804382 A                                    | 26-09-1979 |                        |   |                        |
| US 3815370                                      | A          | 11-06-1974             | GB 1385197 A                            | 26-02-1975             |
|   |            |                        | CA 955764 A1                            | 08-10-1974             |
| US 4662773                                      | A          | 05-05-1987             | DE 3218517 A1                           | 24-11-1983             |
|   |            |                        | BE 896742 A1                            | 16-09-1983             |
|   |            |                        | FR 2526856 A1                           | 18-11-1983             |
|   |            |                        | GB 2121457 A ,B                         | 21-12-1983             |
|   |            |                        | NL 8301579 A ,B,                        | 16-12-1983             |
|   |            |                        | SG 9186 G                               | 21-11-1986             |

EPC FORM P-490

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82