

5

La présente invention se situe dans le domaine ferroviaire, plus
10 particulièrement dans le domaine des moyens de transport ferroviaire urbains,
notamment des voies de tramway.

La construction d'une voie de tramway en ville est soumise à de
nombreuses contraintes du fait que le sous-sol est en de nombreux endroits et
15 à des profondeurs variées occupé par des réseaux. Or une voie de tramway en
ville doit être compatible avec le trafic automobile notamment, ce qui
implique d'enterrer les dalles destinées à supporter la voie à construire pour
que le sommet des rails soit au niveau du sol. Cette excavation conduit
généralement, en préalable à la construction de la voie proprement dite, à
20 dévier les réseaux existants. Il s'agit là de travaux longs, extrêmement coûteux
et qui occasionnent une gêne importante.

Il y a donc un avantage important à réduire l'épaisseur de ces dalles sans
sacrifier leur résistance de façon à minimiser les travaux de déviation des
réseaux.

25 Un autre problème à résoudre est celui des courants de retour traction.
Les rails étant situés dans le sol, il y a un risque que les courants de retour
s'échappent des rails et circulent dans le sol (courants vagabonds), voire dans
les réseaux sous jacents, ce qui peut les détériorer par corrosion. Il est donc
nécessaire d'assurer à la fois une bonne connexion électrique entre rails, et une
30 bonne isolation électrique des rails par rapport au sol.

Il existe différents procédés de construction d'une voie ferrée de tramway, qui débutent tous par le coulage d'une dalle de fondation en béton ou en produits bitumineux (enrobé, grave bitume), d'épaisseur variable selon la portance du sol sous-jacent et du trafic attendu pendant la durée de vie de la
5 voie, compté en nombre de passages d'essieux.

Sur cette dalle de fondation est coulée une dalle de voie en béton, par exemple en béton extrudé, d'une résistance suffisante, destinée à supporter la voie ou les deux voies parallèles.

En même temps que le coulage de cette dalle de voie ou ultérieurement,
10 il convient de réaliser dans cette dalle deux gorges par voie, appelées engravures. Les engravures sont prévues pour recevoir les rails, elles ont donc une largeur légèrement supérieure à la largeur du patin des rails, et une profondeur légèrement supérieure à la hauteur du rail. Le sommet des rails devant se situer sensiblement au niveau de la face supérieure de la dalle de
15 voie, il s'ensuit que la profondeur de ces engravures et l'épaisseur de cette dalle sont essentiellement conditionnées par la hauteur des rails. Il y a donc un fort intérêt à utiliser des rails les plus bas possibles.

Un autre avantage à utiliser des rails les plus bas possible provient de fait que les produits d'enrobage isolant destinés à fixer les rails ont un coût élevé.

20 Le document FR 2 816 967 décrit l'utilisation d'un rail bas pour la construction d'une voie de tramway. Le document FR 2 852 978 donne un autre exemple de rail bas. Ces rails, utilisés pour la construction de voies de tramway, comportent une partie inférieure formant un patin, une partie intermédiaire formant l'âme du rail, et en partie supérieure un champignon et
25 une bavette, le champignon et la bavette délimitant entre eux une gorge.

L'invention propose de réduire encore la profondeur des engravures et donc l'épaisseur de la dalle de voie. A cet effet, elle propose un procédé de construction d'une voie ferrée, pouvant comporter les étapes consistant à :

- sur une dalle de fondation, couler une dalle de voie,
- 30 - réaliser deux engravures longitudinales parallèles par voie à partir de la face supérieure de ladite dalle de voie,

- fixer un rail dans chaque engravure, chaque rail comprenant un patin, surmonté d'un champignon et d'une bavette, ledit champignon et ladite bavette délimitant entre eux une gorge, dans lequel lesdits rails sont des rails sans âme.

5 Le procédé selon l'invention utilise des rails ne comportant pas d'âme donc ultra-bas, ce qui permet d'utiliser des engravures moins profondes et une dalle de voie moins épaisse.

Avantageusement, la hauteur des rails peut être inférieure ou égale à la moitié de leur largeur.

10 Comme il sera détaillé plus bas, la hauteur d'un rail est définie comme la hauteur commune du champignon et de la bavette au-dessus de la base du patin si ces derniers ont une hauteur identique ou la plus grande hauteur dans le cas contraire, et la largeur du rail est définie comme celle du patin du rail.

15 Le procédé utilise des rails bien plus bas que les rails connus, leur hauteur pouvant être inférieure à la moitié de leur largeur, et de préférence comprise entre 40 et 50 % de cette largeur.

Avantageusement, lorsque la dalle de fondation est réalisée en béton, on peut réaliser une dalle de voie dont l'épaisseur est comprise entre 75 % et 90 % de l'épaisseur de la dalle de fondation.

20 Alternativement, lorsque la dalle de fondation est réalisée en produit bitumineux, on peut réaliser une dalle de voie dont l'épaisseur est comprise entre 2 et 3 fois l'épaisseur de la dalle de fondation.

Pour construire une dalle de fondation en produit bitumineux, la portance du sol doit être d'au minimum 50 MPa.

25 Avantageusement, le procédé peut comporter l'étape préalable consistant à couler la dalle de fondation sur un sol préparé.

Dans certains cas la dalle de fondation est fournie. Sinon le procédé comporte l'étape de réalisation de cette dalle sur un sol préparé.

30 Avantageusement, l'épaisseur de la structure composée de la dalle de fondation et de la dalle de voie peut être comprise entre 35 et 50 cm.

Le procédé selon l'invention permet de gagner en épaisseur globale de structure, la structure étant définie comme l'ensemble constitué de la dalle de fondation et de la dalle de voie. Le gain obtenu est de 15 à 20 % en épaisseur par rapport à un procédé de l'état de l'art.

5 La dalle de voie peut être coulée en utilisant une finisseuse à rouleau, une machine à coffrage glissant ou une règle vibrante suivant les possibilités et les contraintes des sites de travaux. Une mise en œuvre manuelle peut tout aussi bien être utilisée.

Avantageusement, le procédé peut comporter en outre l'étape consistant à réaliser un traitement de surface sur ladite dalle de voie, tel que grenailage, désactivation ou impression.

Ces traitements visent à donner un aspect particulier à la face supérieure de la dalle de voie entre les rails et de part et d'autre de la voie.

15 Alternativement, le procédé peut comporter en outre l'étape consistant à déposer sur la dalle de voie un revêtement mince tel qu'un enduit superficiel ou des pavés de résine, ou bien de procéder à un décaissement de la dalle de voie afin d'y poser des pavés ou de la terre végétale pour la plantation de végétaux, notamment de gazon.

Avantageusement, l'étape de réalisation des engravures peut comporter les étapes consistant à :

- scier les parois de chaque engravure,
- fraiser chaque engravure.

On procède par sciage des parois de l'engravure, puis fraisage de l'engravure. Ce procédé présente l'avantage de fournir des engravures aux arrêtes franches, et dont les bords ne s'affaissent pas si un revêtement imprimé est appliqué. D'autre part, si les engravures étaient réalisées avant la prise du béton, le retrait occasionné lors du séchage pourrait provoquer des départs de fissures au niveau des arêtes de l'engravure.

25 Les engravures sont fraisées dans la dalle de voie de façon qu'il subsiste, sous le fond de chaque engravure, une épaisseur de béton supérieure à la profondeur de l'engravure.

Un rail ultra-bas, sans âme, nécessitera une engravure moins profonde qui sera donc plus rapidement réalisée.

Avantageusement, l'étape consistant à fixer un rail dans chaque engravure peut comporter les étapes consistant à :

- 5 - installer un rail dans chaque engravure en le calant par rapport au fond et aux parois de ladite engravure,
- couler un produit d'enrobage isolant autour dudit rail.

Une solution pour éviter les courants vagabonds est de souder les rails et de les noyer dans un enrobage non conducteur, tel qu'une résine à base de polyuréthane. Cet enrobage présente également l'avantage, grâce à une charge élastique, par exemple en liège ou en caoutchouc, de filtrer les bruits et vibrations causés par le passage des trains. Cependant cet enrobage a un coût élevé. Un rail sans âme nécessitera une plus faible quantité de produit d'enrobage.

15 Le rail est maintenu et positionné dans l'engravure de façon très précise, puis le produit d'enrobage est coulé autour et sous le rail. Au préalable, un primaire d'accrochage aura été déposé sur les parois et le fond de l'engravure, ainsi que sur le rail.

Avantageusement, on peut utiliser un gabarit pour caler le rail par rapport au fond et aux parois de ladite engravure.

Le procédé classique de calage du rail consiste à disposer des cales au fond de l'engravure, réalisées dans un matériau identique ou semblable au produit d'enrobage. Cependant, l'invention propose d'utiliser un gabarit mobile pour placer très précisément les deux rails à la fois, ce qui procure un gain de temps.

Avantageusement, le produit isolant peut être une résine à base de polyuréthane, pouvant comporter une charge élastique.

L'invention porte également sur une voie ferrée réalisée en utilisant un procédé selon l'invention.

Des modes de réalisation et des variantes seront décrits ci-après, à titre d'exemples non limitatifs, avec référence aux dessins annexés dans lesquels :

5 La figure 1 représente schématiquement une voie de tramway de l'état de l'art en coupe transversale,

Les figures 2A et 2B représentent schématiquement deux modes de réalisation d'une voie de tramway selon l'invention en coupe transversale,

10

La figure 3 représente un rail sans âme utilisé dans une voie de tramway selon l'invention en coupe transversale.

La figure 1 illustre une voie de tramway de l'état de l'art en coupe transversale comportant deux files de rail. La voie est composée d'une dalle de fondation 2 en béton, ferrailé ou non, coulée sur un sol 1 ; l'épaisseur de cette dalle de fondation est fonction de deux paramètres :

- la portance du sol 1 sous-jacent,
- l'intensité du trafic attendu, compté en passage d'essieux de 11 à 12 tonnes suivant le matériel roulant pendant la durée de vie de la voie, soit en règle général pendant 30 ans.

Par exemple, pour un trafic intensif de 15 millions d'essieux et un sol d'une portance égale à 35 MPa, la dalle de fondation 2 aura une épaisseur d'environ 19 cm. Si le sol a une portance d'au moins 50 MPa, il est également possible de réaliser une dalle de fondation en produit bitumineux. Dans ce cas, elle aura une épaisseur plus faible, typiquement environ 11 cm.

La dalle de fondation 2 est surmontée d'une dalle de voie 3 dont l'épaisseur dépend peu de la portance du sol ; elle sera plus épaisse si la dalle de fondation est réalisée en produit bitumineux.

30 La dalle de voie 3 comporte deux engravures longitudinales 4a, 4b, chacune comportant un rail 10a, 10b, destiné à être noyé dans un produit

isolant à l'intérieur de son engravure respective. La couche de produit entre le rail d'un part et les parois et le fond de l'engravure d'autre part a une épaisseur comprise entre 1,5 et 2,5 cm.

Les rails 10a, 10b sont adaptés à la circulation de tramways, c'est à dire
5 qu'ils sont asymétriques : outre le champignon, dont la face supérieure constitue la surface de roulement du rail, ils comportent une bavette, le champignon et la bavette délimitant entre eux une gorge. Ces rails sont également dotés d'un patin qui fait office de support pour le rail, l'ensemble champignon et bavette étant relié au patin par une âme. Cette âme présente
10 une certaine extension verticale : ces rails ont typiquement une hauteur d'environ 15 cm. En conséquence, le procédé de construction de la voie comporte une étape de réalisation d'engravures 4a, 4b qui soient suffisamment profondes pour recevoir ce type de rail. L'épaisseur de la dalle de voie 3 est donc essentiellement conditionnée :

- 15 - par la composition de la dalle de fondation, béton ou produit bitumineux,
- par la hauteur des rails 10a, 10b.

La hauteur des rails utilisés détermine donc de façon importante l'épaisseur globale de la structure composée des dalles de fondation et de voie.

20 Les figures 2A et 2B illustrent une voie de tramway V1, comportant également deux files de rail, construite selon le procédé de l'invention, utilisant des rails sans âme 11a, 11b qui seront décrits en détail plus loin. Ces rails ont une hauteur beaucoup plus faible que les rails de l'état de l'art, typiquement environ 7 cm. En conséquence les engravures 5a, 5b prévues
25 pour recevoir ces rails peuvent être moins profondes et la dalle de voie 3 moins épaisse.

Dans la figure 2A, la face supérieure 3a de la dalle de voie 3 est dans son ensemble sensiblement à la hauteur du champignon des rails 11a, 11b. Cette face supérieure peut subir un traitement de surface tel que désactivation,
30 grenailage ou impression.

Dans la figure 2B, la dalle de voie 3 comporte des décaissements 4a entre les rails, et 4b, 4c de part et d'autre de la voie V1. Ces décaissements permettent de recevoir des pavés 6 ou de la terre végétale.

5 La figure 3 illustre une section transversale d'un rail 11 à gorge sans âme utilisé dans l'invention. Ce rail comprend en partie inférieure un patin 12 surmonté en partie supérieure d'un ensemble comportant d'un premier côté transversal un champignon 13 et du côté transversal opposé une bavette 14, le champignon 13 et la bavette 14 définissant entre eux une gorge 15 ouverte
10 vers le haut.

Le patin 12 comporte une base plane inférieure 12a sur laquelle il repose en utilisation, prolongée de chaque côté par une excroissance transversale 12b et 12c. La distance entre les extrémités de ces prolongements transversaux du patin définit la largeur L du rail.

15 Le champignon 13 présente une surface supérieure 13a plane ou sensiblement bombée, et la bavette 14 présente une surface supérieure 14a plane ou sensiblement bombée. La surface supérieure 13a du champignon constitue la surface de roulement du rail 11 destinée à recevoir la bande de roulement des roues, le boudin des roues circulant dans la gorge 15.

20 Le plan P qui tangente ces surfaces supérieures 13a et 14a est sensiblement parallèle à la base 12a. La distance entre ce plan P et la base 12a définit la hauteur H du rail. Dans le mode de réalisation illustré, le champignon 13 et la bavette 14 ont une hauteur H identique. Dans un autre mode de réalisation, le champignon 13 et la bavette 14 pourraient avoir une
25 hauteur différente ; dans ce cas, la hauteur H du rail est définie comme la plus grande des deux.

Ce rail 11 est caractérisé par un rapport H/L inférieur à $\frac{1}{2}$. Un rail de ce type a par exemple une hauteur d'environ 7 cm et une largeur d'environ 16 cm, soit un rapport de 0,4375.

Ce type de rail à gorge ne comporte donc pas de corps intermédiaire entre le patin 12 et l'ensemble constitué par le champignon 13 et la bavette 14 qui puisse s'assimiler à une âme :

- cet ensemble s'élève directement au-dessus du patin 12,
- 5 - les parois extérieures 13b, 14b du champignon 13 et de la bavette 14 se raccordent aux prolongements transversaux 12b, 12c du patin 12.

Le rail 11 est asymétrique en ce sens que :

- le champignon 13 présente une dimension transversale bien supérieure à celle de la bavette 14 ; dans l'exemple cité plus haut, la dimension transversale à mi-hauteur L3 du champignon 13 est d'environ 5,75 cm et celle
- 10 L4 de la bavette 14 est d'environ 3,1 cm ;

- les parois de la gorge 15 ne sont pas de même forme : la paroi 15a qui constitue la limite du champignon 13 est sensiblement rectiligne, la paroi 15b qui constitue la limite de la bavette 14 est courbe, si bien que la gorge elle-
- 15 même est asymétrique.

Revendications

1. Procédé de construction d'une voie ferrée (V1), comportant les étapes consistant à :
 - 5 - sur une dalle de fondation (2), couler une dalle de voie (3),
 - réaliser deux engravures longitudinales parallèles (5a, 5b) par voie à partir de la face supérieure (3a) de ladite dalle de voie,
 - fixer un rail (11a, 11b) dans chaque engravure, chaque rail comprenant un patin (12), surmonté d'un champignon (13) et d'une bavette (14), ledit
 - 10 champignon et ladite bavette délimitant entre eux une gorge (15), caractérisé en ce que lesdits rails (11a, 11b) sont des rails sans âme.

2. Procédé de construction d'une voie ferrée selon la revendication 1, caractérisé en ce que la hauteur (H) desdits rails (11a, 11b) est inférieure ou
- 15 égale à la moitié de leur largeur (L).

3. Procédé de construction d'une voie ferrée selon la revendication 2, caractérisé en ce que la hauteur (H) desdits rails (11a, 11b) est comprise entre
- 20 40 % et 50 % de leur largeur (L).

4. Procédé de construction d'une voie ferrée selon l'une des revendications 1 à 3,
- caractérisé en ce que, lorsque la dalle de fondation (2) est réalisée en béton, on réalise une dalle de voie (3) dont l'épaisseur est comprise entre 75 % et 90 %
- 25 de l'épaisseur de ladite dalle de fondation.

5. Procédé de construction d'une voie ferrée selon l'une des revendications 1 à 3,
- caractérisé en ce que, lorsque la dalle de fondation (2) est réalisée en produit
- 30 bitumineux, on réalise une dalle de voie (3) dont l'épaisseur est comprise entre 2 et 3 fois l'épaisseur de ladite dalle de fondation.

6. Procédé de construction d'une voie ferrée selon l'une des revendications précédentes,

caractérisé en ce qu'il comporte l'étape préalable consistant à :

- 5 - couler ladite dalle de fondation (2) sur un sol préparé (1).

7. Procédé de construction d'une voie ferrée selon l'une des revendications précédentes,

caractérisé en ce que l'épaisseur de la structure composée de la dalle de

- 10 fondation (2) et de la dalle de voie (3) est comprise entre 35 et 50 cm.

8. Procédé de construction d'une voie ferrée selon l'une des revendications précédentes,

caractérisé en ce qu'il comporte en outre l'étape consistant à :

- 15 - réaliser un traitement de surface sur ladite dalle de voie (3), tel que grenailage, désactivation et/ou impression.

9. Procédé de construction d'une voie ferrée selon l'une des revendications 1 à 7,

- 20 caractérisé en ce qu'il comporte en outre l'étape consistant à :

- déposer sur la dalle de voie (3) un revêtement mince tel qu'un enduit superficiel ou des pavés de résine.

10. Procédé de construction d'une voie ferrée selon l'une des revendications 1 à 7,

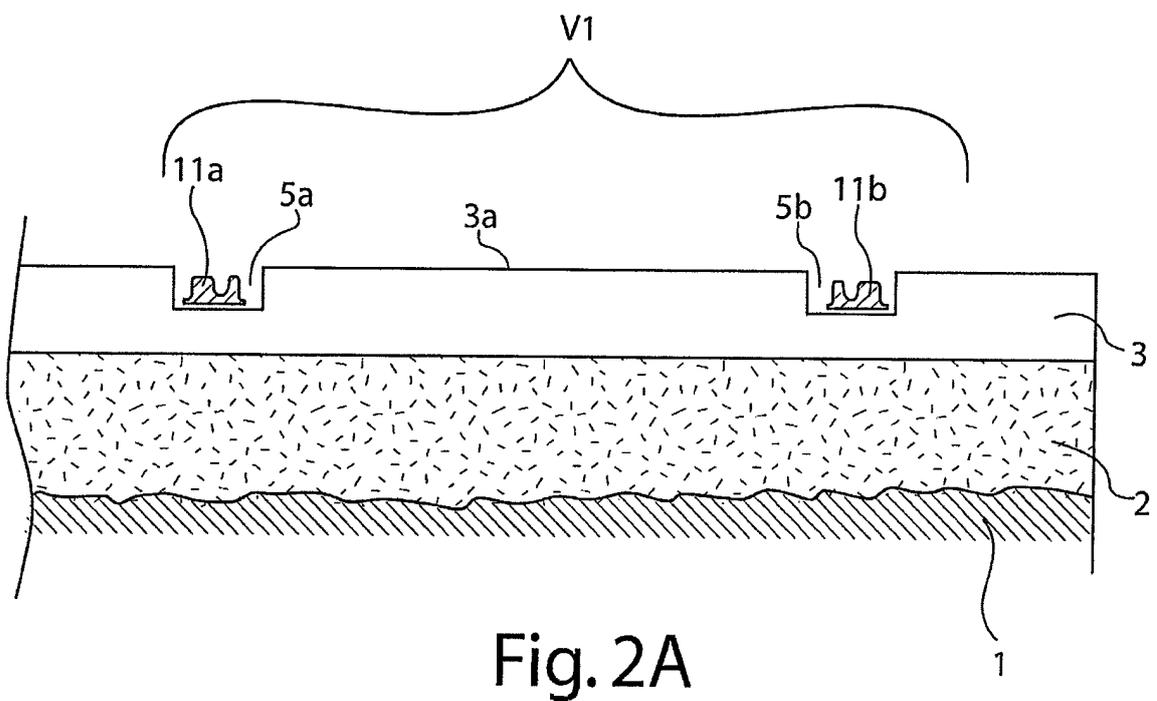
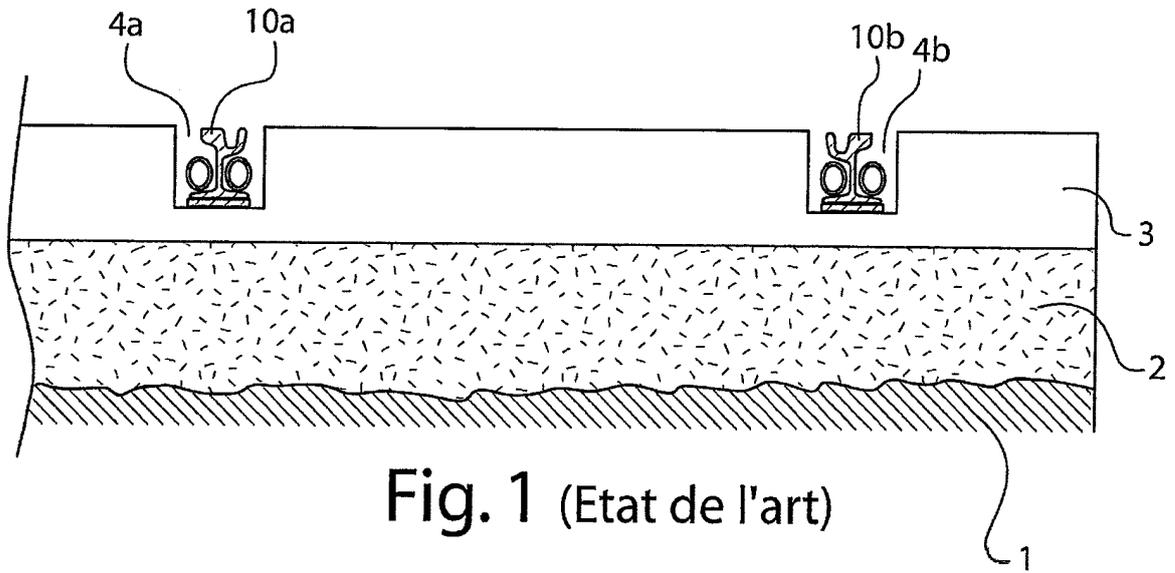
25

caractérisé en ce qu'il comporte en outre l'étape consistant à :

- déposer sur la dalle de voie (3) de la terre végétale pour la plantation de végétaux, notamment de gazon.

11. Procédé de construction d'une voie ferrée selon l'une des revendications précédentes,
caractérisé en ce que l'étape de réalisation desdites engravures (5a, 5b) comporte les étapes consistant à :
- 5 - scier les parois de chaque engravure,
- fraiser chaque engravure.
12. Procédé de construction d'une voie ferrée selon l'une des revendications précédentes,
10 caractérisé en ce que l'étape consistant à fixer un rail (11) dans chaque engravure (5a, 5b) comporte les étapes consistant à :
- installer un rail dans chaque engravure en le calant par rapport au fond et aux parois de ladite engravure,
- couler un produit isolant autour dudit rail.
- 15
13. Procédé de construction d'une voie ferrée selon la revendication 12, caractérisé en ce qu'on utilise un gabarit pour caler le rail par rapport au fond et aux parois de ladite engravure.
- 20 14. Procédé de construction d'une voie ferrée selon la revendication 12 ou 13, caractérisé en ce que ledit produit isolant est une résine à base de polyuréthane, pouvant comporter une charge élastique.
15. Voie ferrée (V1) réalisée en utilisant un procédé selon l'une des
25 revendications précédentes.

1/2



2/2

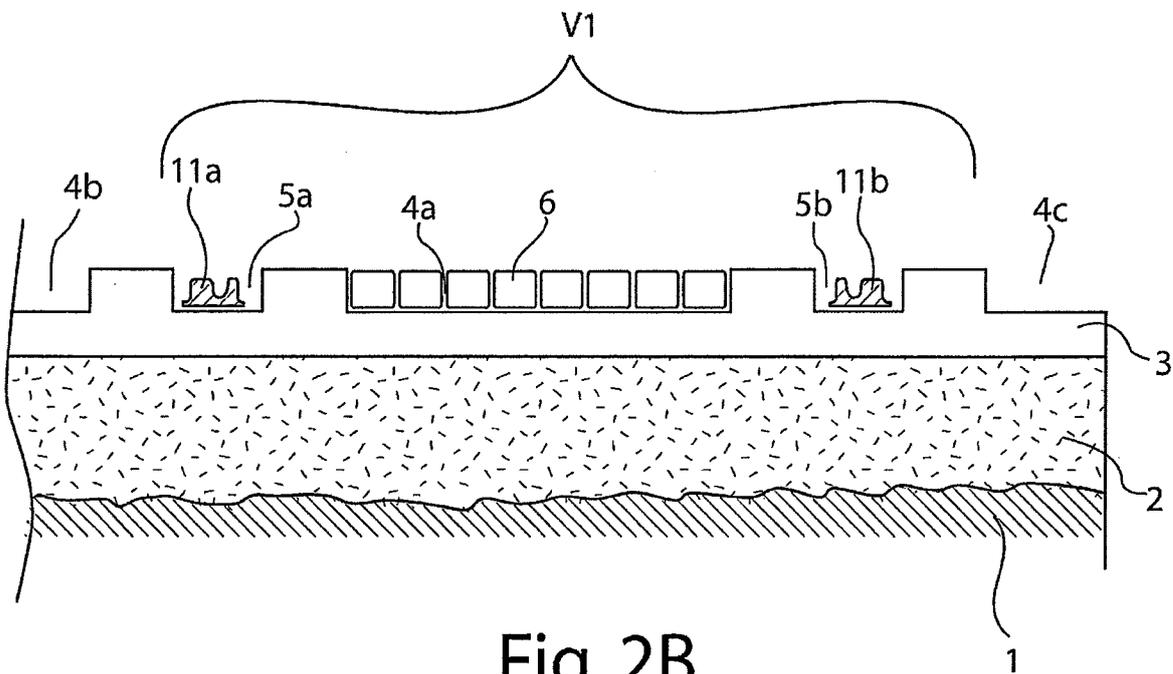


Fig. 2B

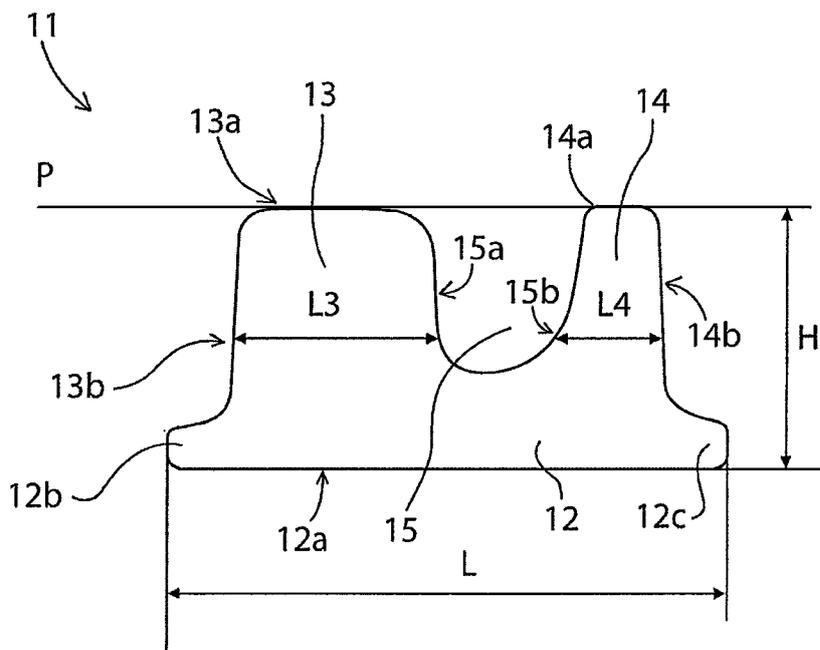


Fig. 3



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement national

établi sur la base des dernières revendications déposées avant le commencement de la recherche

FA 764689
FR 1254488

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X A	WO 91/02843 A1 (LESLEY LEWIS [GB]) 7 mars 1991 (1991-03-07) * page 3, ligne 27 - page 4, ligne 4 * * page 5, ligne 6-22; figures 1-3 * -----	1-3,14, 15 8,11,12	E01B21/00 E01B5/04
Y,D A	FR 2 816 967 A1 (COGIFER TF [FR]) 24 mai 2002 (2002-05-24) * page 6, ligne 1-10 * * page 7, ligne 11-22; figures 2-6 * -----	1-3,6, 12,14,15 4,7-9	
Y	DE 87 11 451 U1 (PHOENIX AG) 22 décembre 1988 (1988-12-22) * figure 2 * -----	1-3,6, 12,14,15	
A	WO 03/018912 A1 (HYPERLAST LTD [GB]; WOLFENDALE ROBIN [GB]) 6 mars 2003 (2003-03-06) * page 7, ligne 23 - page 8, ligne 8; figure 3 * -----	1,6,12, 14,15	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			B21B E01B
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
11 janvier 2013		Fernandez, Eva	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention	
X : particulièrement pertinent à lui seul		E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie		D : cité dans la demande	
A : arrière-plan technologique		L : cité pour d'autres raisons	
O : divulgation non-écrite		
P : document intercalaire		& : membre de la même famille, document correspondant	

1

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1254488 FA 764689**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **11-01-2013**

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 9102843	A1	07-03-1991	AT 120506 T	15-04-1995
			AU 636389 B2	29-04-1993
			AU 6336790 A	03-04-1991
			CA 2065235 A1	27-02-1991
			DE 69018265 D1	04-05-1995
			DE 69018265 T2	24-08-1995
			EP 0489100 A1	10-06-1992
			ES 2073033 T3	01-08-1995
			JP 2900090 B2	02-06-1999
			JP H05500092 A	14-01-1993
			WO 9102843 A1	07-03-1991

FR 2816967	A1	24-05-2002	AT 280272 T	15-11-2004
			DE 60106552 D1	25-11-2004
			DE 60106552 T2	09-03-2006
			DK 1217126 T3	21-02-2005
			EP 1217126 A1	26-06-2002
			ES 2230251 T3	01-05-2005
			FR 2816967 A1	24-05-2002
			PT 1217126 E	28-02-2005

DE 8711451	U1	22-12-1988	AUCUN	

WO 03018912	A1	06-03-2003	GB 2393750 A	07-04-2004
			WO 03018912 A1	06-03-2003
