



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
29.01.2003 Bulletin 2003/05

(51) Int Cl.7: **E01B 1/00, E01B 19/00,
E01B 21/02, E01B 35/12**

(21) Numéro de dépôt: **02447141.9**

(22) Date de dépôt: **23.07.2002**

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

• **Goossens, Armand**
30190 Collorgues (FR)

(72) Inventeurs:

• **Vanhonacker, Patrick**
3210 Linden (BE)
• **Goossens, Armand**
30190 Collorgues (FR)

(30) Priorité: **25.07.2001 BE 200100502**

(71) Demandeurs:

• **Vanhonacker, Patrick**
3210 Linden (BE)

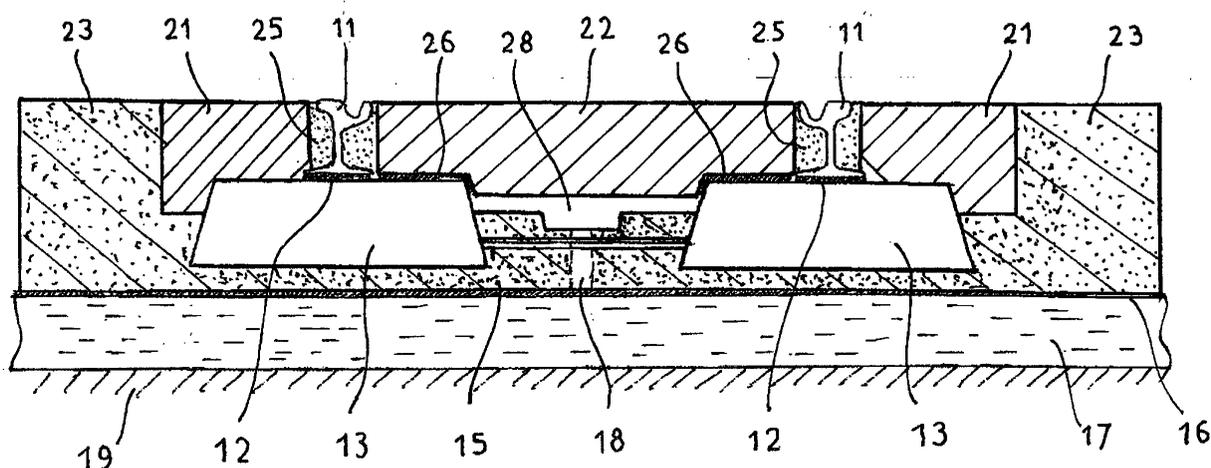
(74) Mandataire: **Vanderperre, Robert**
6/8 Avenue de la Charmille
1200 Bruxelles (BE)

(54) **Système de support de rails pour voie ferrée**

(57) Système de support de voie ferrée dans lequel les rails (11) de la voie sont fixés sur une dalle radier (15) mise en place sur un lit de sable stabilisé posé sur le fond de coffre du site. De chaque côté extérieur de la voie, est placée une dalle ou poutre de voirie (21) scellée à un bord latéral de la dalle radier et entre les rails de la voie est également placée une dalle de voirie (22) en béton armé. Chaque rail est séparé des dalles de béton de voirie par des éléments de séparation (25) qui

isolent le rail de la dalle avoisinante. Ces éléments de séparation, constitués d'éléments préfabriqués ou d'un produit de remplissage étanche et souple, sont choisis de manière que les rigidités statique et dynamique de l'ensemble soient inférieures à celles des semelles placées sous les patins des rails. Les rails se trouvent ainsi totalement indépendants de la voirie, ce qui a pour conséquence de réduire considérablement la transmission des vibrations vers les fondations des immeubles avoisinants.

FIG. 2



Description

[0001] La présente invention concerne l'installation de voies ferrées en voirie et en particulier l'installation de voies ferrées pour tramways.

[0002] L'installation de voies ferrées pour tramways en voirie pose un problème qui se situe à différents niveaux :

- a) Au niveau de la stabilité de la voie, les voies ballastées classiques posent un problème en voirie du fait de leur tassement dans le temps et de la destruction de la voirie dans la zone des voies ;
- b) Au niveau de l'environnement, l'impact des vibrations et des bruits par suite du tassement de la voirie et de l'augmentation de la raideur dynamique du ballast provoque des transmissions vibratoires vers les fondations des immeubles avoisinants ;
- c) Au niveau de la maintenance de la voie, les tassements localisés du ballast provoque une déflexion locale importante de la voie, ce qui entraîne une usure plus importante de l'infrastructure et du matériel roulant ;
- d) Au niveau de la mise en oeuvre de la voie ferrée et du temps d'exécution et d'accès pour assurer la maintenance.

[0003] Le problème de stabilité de la voie est résolu par l'installation de la voie sur une dalle radier en béton. Une telle installation de voie ferrée se trouve décrite dans la publication WO 98/51863. Dans cette installation connue, aucune mesure n'est cependant prévue pour réduire la transmission des ondes acoustiques et vibratoires engendrées par le passage de véhicules sur la voie ferrée vers les fondations des immeubles avoisinants.

[0004] L'invention concerne en particulier le problème de l'isolation acoustique et antivibratoire des voies ferrées installées en voirie. Afin de résoudre ce problème d'une manière globale, les inventeurs se sont attachés à analyser le comportement statique et le comportement dynamique de la voie ferrée lors du passage d'un véhicule sur les rails. Une voiture circulant sur les rails produit deux impacts sur les rails. Le premier est dû à la masse de l'ensemble des voitures de la rame : c'est la charge statique reportée sur les bogies ; le second impact est dû à la masse non suspendue du bogie : c'est cette masse qui produit les impulsions dynamiques par les roues sur les rails et ce sont ces impulsions qui se transmettent vers l'environnement.

[0005] Globalement, les phénomènes acoustiques et vibratoires qui prennent naissance lors du passage d'une rame sur les supports des rails comprennent plusieurs composantes parmi lesquelles on peut citer :

- a) Une composante vibratoire constituée des ondes de chocs émises par le passage de la rame et propagées par le sol: la propagation de ces vibrations

est fonction des caractéristiques intrinsèques du sol ;

b) Des bruits solidiens résultant des vibrations des constructions produites par les ondes vibratoires transmises par le sol ;

c) Des bruits aériens résultant de phénomènes ondulatoires transmis directement par l'air.

[0006] La transmission des ondes acoustiques et vibratoires engendrées lors du passage d'un tramway sur une voie ferrée en voirie est illustrée à la figure 1. Les ondes vibratoires **A** se propagent par le sol et sont engendrées par les chocs des roues des voitures du tramway sur les rails. Les bruits solidiens **B** résultent des vibrations des constructions avoisinantes recevant les ondes vibratoires **A** transmises par le sol. Les ondes **C** sont des bruits aériens résultant de phénomènes ondulatoires transmis directement par l'air. Le système d'appui de voie ferrée suivant l'invention vise à réduire à un minimum la transmission de ces phénomènes ondulatoires.

[0007] La première fréquence de résonance en flexion de l'ensemble roue / rail est conditionnée par la raideur dynamique des semelles placées sous les rails et, le cas échéant, par celle des coussins placés sous les selles ou les traverses. Cette fréquence de résonance est inversement proportionnelle à la performance antivibratoire du système de fixation des rails. Une fréquence de résonance basse assure une meilleure isolation antivibratoire qu'une fréquence de résonance élevée. Cependant, il y a une limite physique inférieure en dessous de laquelle ne peut descendre la raideur dynamique des semelles utilisées car la raideur dynamique des semelles est en relation directe avec leur raideur statique et la raideur statique des semelles ne peut être trop faible car elle influence directement la déflexion des rails lors du passage d'un véhicule sur les rails. Des performances d'isolation antivibratoire meilleures sont obtenues en découplant la fonction de fixation et la fonction d'isolation.

[0008] Pour résoudre le problème de l'isolation acoustique et antivibratoire qui surgit lors de l'exploitation d'une voie ferrée en voirie, il est donc nécessaire de prévoir un système de support antivibratoire approprié, qui soit adapté aux caractéristiques du sol et à la transmissibilité des ondes acoustiques et vibratoires vers l'environnement. Afin de mettre au point un tel système de support de manière à optimiser les performances d'isolation acoustique et antivibratoire, les inventeurs ont conçu un procédé et un dispositif pour analyser le comportement statique et le comportement dynamique d'une voie ferrée et déterminer la fréquence propre du système de la voie, les déflexions au droit des supports et l'amortissement des vibrations du rail. Ces analyses ont amené les inventeurs à déterminer les particularités à incorporer dans le système d'appui de voie ferrée afin d'optimiser l'isolation acoustique et antivibratoire et réduire la transmission des ondes vibratoires

vers l'environnement.

[0009] L'invention propose ainsi un système de support de voie ferrée dans lequel les rails de la voie sont fixés sur une dalle radier en béton armé préfabriquée ou coulée sur place, mise en place sur un lit de sable stabilisé posé sur le fond de coffre du site et, de chaque côté extérieur de la voie, est placée une dalle ou poutre de voirie préfabriquée scellée à un bord latéral de la dalle radier. Entre les rails de la voie est placée une dalle de voirie préfabriquée en béton armé. Dans le but de désolidariser les rails de la voirie et de ne pas neutraliser le comportement dynamique des rails, chaque rail est séparé des dalles de béton de voirie par des éléments de séparation qui isolent le rail de la dalle avoisinante. Ces éléments de séparation, constitués d'éléments préfabriqués ou d'un produit de remplissage étanche et souple, sont choisis de manière que les rigidités statique et dynamique de l'ensemble soient inférieures à celles des semelles placées sous les patins des rails. Les rails se trouvent ainsi totalement indépendants de la voirie, ce qui a pour conséquence de réduire considérablement la transmission des vibrations vers les fondations des immeubles avoisinants en même temps qu'est assurée une étanchéité le long des rails.

[0010] Un système dans lequel le rail est enrobé d'un matériau résilient très compact pour lui conférer une meilleure résistance mécanique aux dilatations et aux efforts engendrés par la circulation des voitures sur le rail ne présente pas les caractéristiques statiques et dynamiques requises pour assurer une isolation antivibratoire efficace et, dès lors, la transmission des ondes vibratoires vers les fondations des immeubles avoisinants est dans ce cas maximale.

[0011] Dans le système de support de voie ferrée suivant l'invention, les rails peuvent être fixés sur la dalle radier de différentes manières : par l'intermédiaire de selles ou de traverses ou encore en pose directe sur la dalle radier. Sous le patin de chaque rail est habituellement interposée une semelle rigide ou antivibratoire. En dessous de chaque selle ou traverse est souvent et de préférence placé un coussin antivibratoire.

[0012] Les semelles anti-vibratoires sont choisies avec des raideurs statiques et dynamiques telles que la première fréquence de résonance du système roue-rail-support soit située en dessous de 60 Hz environ. Ceci assure un filtre anti-vibratoire plus performant pour amortir les ondes vibratoires vers l'environnement. A titre de comparaison, la première fréquence de résonance d'une voie ballastée classique (système roue-rail-ballast) peut varier de 60 à 110 Hz. Une isolation antivibratoire performante est obtenue avec des dispositifs anti-vibratoires réalisés de manière que la rigidité statique soit inférieure à 2×10^7 N/m et que la rigidité dynamique soit inférieure à 4×10^7 N/m.

[0013] Pour limiter la déflexion du rail lors du passage des roues à une valeur tolérable de 1 à 2 mm, il faut choisir pour les semelles ou les appuis antivibratoires des raideurs statiques et dynamiques telles que les ap-

puis successifs le long de chaque rail soient alternativement un appui relativement rigide et un appui relativement souple.

[0014] Cette alternance des raideurs le long de la voie a pour conséquences avantageuses :

- a) une fréquence de résonance plus basse qu'avec un système à raideur uniforme ;
- b) un amortissement amélioré des ondes de chocs ;
- c) une réduction des vibrations transmises dans le sol ;
- d) une limitation de la déflexion statique des rails lors du passage des roues ;
- e) une flexion des rails plus courte, ce qui entraîne une réduction du rayonnement acoustique ;
- f) l'absence de superposition des vibrations dues aux deux roues d'un bogie.

[0015] D'autre part, pour réduire encore la première fréquence de résonance et améliorer encore davantage les performances d'isolation antivibratoire, les dispositifs de fixation des rails comprennent avantageusement des moyens de fixation réglables appliquant un effort de précontrainte réglable aux semelles antivibratoires. Des moyens de précontrainte peuvent également être prévus dans le cas de pose directe des rails sur la dalle radier afin d'appliquer un effort de précontrainte à l'âme des rails.

[0016] Dans un système de support de voie ferrée en voirie, les performances d'isolation acoustique et antivibratoire sont liées à une combinaison optimale des caractéristiques des éléments intervenant dans la réalisation des dispositifs antivibratoires. Afin de mettre au point le système de support adéquat pour la voie ferrée, il est par conséquent essentiel de pouvoir vérifier et mesurer correctement à la fois le comportement statique et le comportement dynamique des ensembles roue / rail / support d'une voie ferrée. Ceci nécessite à la fois un dispositif d'essai de voie ferrée approprié et une procédure d'essai appropriée.

[0017] Un aspect complémentaire de l'invention concerne donc un banc d'essai permettant de vérifier le comportement statique et dynamique d'une voie ferrée et un procédé de mise en oeuvre de ce banc d'essai afin de permettre la mise au point optimale des supports antivibratoires d'une voie ferrée afin d'en optimiser les performances d'isolation acoustique et antivibratoire.

[0018] D'autres particularités et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description de quelques exemples de modes de réalisation illustrés dans les dessins ci-annexés.

La figure 1 illustre la transmission des ondes acoustiques et vibratoires à partir d'une voie ferrée de tramway vers les immeubles avoisinants ;

La figure 2 est une vue en coupe transversale d'un tronçon de voie ferrée en voirie, installé avec une forme de réalisation du système de support de rails

suyant l'invention ;

La figure 3 représente, à échelle agrandie, une variante d'exécution d'un détail de la figure 2 ;

La figure 4 est une vue en coupe semblable à celle de la figure 2, mais illustrant une deuxième forme de réalisation du système de support de rails suivant l'invention ;

La figure 5 illustre une troisième forme de réalisation du système de support de rails suivant l'invention ;

La figure 6 illustre un exemple de dispositif de fixation de rail ;

La figure 7 illustre une quatrième forme de réalisation du système de support de rails suivant l'invention ;

La figure 8 illustre un dispositif de mise en précontrainte d'un rail dans le système de support suivant l'invention ;

La figure 9 représente schématiquement un banc d'essai permettant d'analyser le comportement statique et dynamique d'une voie ferrée en tenant compte des charges par essieu et de la masse non suspendue du bogie.

[0019] Dans les dessins, une même référence désigne un élément identique ou un élément similaire ou équivalent. Les modes d'exécution illustrés dans ces dessins sont donnés à titre d'exemples non limitatifs. Des variantes d'exécution sont possibles selon les desiderata particuliers dans chaque cas.

[0020] Se reportant à la figure 2, on voit représentés deux rails 11 d'une voie ferrée pour tramway posée conformément à l'invention. Dans cet exemple de mode de réalisation, chacun des rails 11 est fixé sur des traverses 13 avec interposition d'une semelle 12 qui peut être rigide ou constituée d'une matière antivibratoire en fonction des charges prévues par essieu. Les traverses 13 des deux rails sont ancrées dans une dalle radier 15 en béton armé, préfabriquée ou coulée sur le site.

[0021] A cet effet, la dalle radier présente des cuvettes pour recevoir la partie inférieure des traverses. La dalle radier 15 repose sur une couche de sable stabilisé 17 posée sur le fond de coffre (sol) 19. Sur la couche de sable stabilisé 17 est de préférence posée une couche drainante 16 destinée à drainer les infiltrations d'eau vers des tuyaux drainants 18 disposés à intervalles le long de la voie avec un diamètre et un écartement qui sont fonction de la situation géographique de la voirie. La dalle radier assure la stabilité de l'installation. Eventuellement, une couche de matière antivibratoire peut encore être disposée entre le lit de sable stabilisé et la dalle radier.

[0022] Le long des côtés extérieurs des rails 11 s'étendent des dalles ou poutres de voirie 21 qui reposent partiellement sur les traverses 13 des deux rails et sont scellées aux bords latéraux 23 de la dalle radier 15. Entre les rails 11 sont disposées des dalles de voirie préfabriquées 22 qui reposent sur des appuis de régle-

ge de niveau 24 constitués d'appuis résilients très rigide ou d'appuis antivibratoires définis selon l'environnement et la circulation prévue sur la voirie. Une fourrure de fermeture longitudinale 26 en béton coulé est insérée sous les bords latéraux des dalles 22.

[0023] Les espaces entre les rails 11 et les dalles de voirie 21 et 22 sont remplis par des éléments de séparation 25 préfabriqués ou constitués d'un produit de remplissage étanche et souple dont les rigidités statique et dynamique sont choisies en fonction de la semelle antivibratoire sous le rail.

[0024] Plus spécifiquement, les rigidités statique et dynamique des éléments de séparation 25 sont choisies de manière que les rigidités statique et dynamique de l'ensemble du support soient inférieures à celles des semelles placées sous les rails. Les rails se trouvent ainsi totalement indépendants de la voirie, ce qui a pour conséquence de réduire considérablement la transmission des vibrations vers les fondations des immeubles avoisinants en même temps qu'est assurée une étanchéité le long des rails.

[0025] Le vide entre la dalle de voirie 22 et la dalle radier 15 est de préférence rempli par injection d'un produit de remplissage approprié 28 choisi en fonction du degré d'isolation requis par l'environnement.

[0026] La figure 3 montre, à échelle agrandie, une variante d'exécution pour les éléments de séparation 25 qui séparent les rails des dalles de voirie. Dans ce mode d'exécution, les deux éléments de séparation enveloppent le patin d'un rail 11, chaque élément présentant une partie inférieure 251 qui s'étend sous une partie au moins du patin. Les parties inférieures des deux éléments 25 sont jointives suivant des faces 252 qui s'étendent dans un plan oblique par rapport à la base du patin du rail 11. De cette manière, la laitance qui se produit lors de la coulée de béton lors de la mise en place des dalles de voirie 22 entre les rails de la voie ne peut s'infiltrer et remonter dans l'interstice entre les faces coopérantes 252, ce qui évite la formation d'un pont de béton qui transmettrait les vibrations du rail vers les fondations comme cela se produit lorsque les faces d'extrémité de la partie inférieure sont verticales. De plus, la jonction parfaite entre les parties inférieures des éléments de séparation sous le patin du rail stabilise l'assise du rail.

[0027] Dans un mode de réalisation avantageux, les appuis successifs le long de la voie ferrée sont réalisés de manière à constituer alternativement un appui relativement rigide et un appui relativement souple. Les avantages de ce mode de réalisation ont été exposés ci-avant.

[0028] Comme indiqué plus haut, les rails peuvent être fixés de différentes manières selon l'encombrement ou la technique souhaitée dans l'application envisagée ou encore selon le degré de protection de l'environnement que le maître de l'ouvrage veut assurer.

[0029] La figure 4 illustre un cas où le rail 11 est fixé sur des selles 33 scellées dans la dalle radier 15, à l'aide

d'un mortier d'époxy, par exemple. Sur chaque selle le rail repose sur une semelle 12 rigide ou antivibratoire. La référence 31 désigne un dispositif de fixation de rail à éclisses. Sur le sable stabilisé 17 sont disposées, à titre d'exemple, une couche drainante 35 et un tapis d'isolation antivibratoire 37. Conformément à l'invention, les espaces entre chaque rail 11 et les dalles de voirie 21 et 22 sont remplis par des éléments de séparation 25 en matière ayant des rigidités statique et dynamique prédéterminées.

[0030] La figure 5 illustre un cas où le rail 11 est également fixé sur des selles 43 mais où celles-ci se trouvent fixées à la dalle radier 15 au moyen de boulons. La dalle de voirie 22 repose ici sur des appuis de mise à niveau 24 qui peuvent être rigides ou être constitués d'une matière antivibratoire. On notera qu'un coussin antivibratoire peut être interposé entre chaque selle et la dalle radier. Le vide entre la dalle de voirie et la dalle radier peut le cas échéant être rempli par injection d'un produit de remplissage approprié.

[0031] La figure 6 montre en particulier un exemple d'attache 47 pour fixer le patin d'un rail 11 sur une selle 43 avec une coiffe de protection 48 pour l'attache. Le patin du rail repose sur une semelle antivibratoire 12.

[0032] La figure 7 illustre la fixation d'un rail 11 sur une selle 43 qui est elle-même fixée à la dalle radier 15 au moyen d'un dispositif de fixation réglable 41 appliquant une précontrainte réglable à la semelle antivibratoire 42 disposée sous la selle 43. Ce dispositif de fixation assure une isolation antivibratoire à basse fréquence de résonance. Le dispositif de fixation illustré comprend un ressort de précontrainte 45 maintenu entre deux rondelles de butée autour d'une tige filetée 44. Le ressort 45 est comprimé par l'écrou de serrage 46 qui ajuste l'effort de précontrainte. Le dispositif de fixation peut aussi comporter deux ressorts ayant des rigidités différentes et maintenus entre deux rondelles autour de la tige filetée 44, les ressorts étant comprimés par l'écrou de serrage 46 qui ajuste l'effort de précontrainte.

[0033] La figure 8 illustre un agencement maintenant localement l'âme du rail 11 et lui appliquant une précontrainte réglable qui confère à la voie un comportement statique et dynamique assurant une isolation parfaite des vibrations. L'agencement de précontrainte comprend une tige filetée 51 traversant l'âme du rail 11 et s'étendant entre deux butées résilientes 53 appliquées contre les faces latérales d'une rainure 14 ménagée dans la dalle radier 15. Des ressorts 52 sont disposés autour des extrémités de la tige 51 et sont serrés de manière réglable contre les butées résilientes 53 par des écrous 54. L'âme du rail est maintenue entre deux écrous 56 calés sur la tige 51. Le réglage des écrous 54 et 56 ajuste la précontrainte appliquée au rail. Après réglage des écrous, la rainure 14 est remplie d'une matière de remplissage dont les caractéristiques sont déterminées en fonction de la raideur de la semelle antivibratoire 12 sur laquelle repose le rail 11 et en fonction de la précontrainte appliquée au rail. Les caractéristi-

ques des ressorts 52 sont choisies en fonction des charges par essieu et de la largeur de la rainure 14. Conformément à l'invention, les espaces entre chaque rail 11 et les dalles de voirie 21 et 22 sont remplis par des éléments de séparation 25 en matière ayant des rigidités statique et dynamique prédéterminées.

[0034] Dans une voie ferrée montée sur des appuis munis d'éléments antivibratoires, en particulier lorsque les éléments antivibratoires sont disposés à différents niveaux, les performances d'isolation acoustique et antivibratoire sont liées à une combinaison optimale des caractéristiques des éléments intervenants dans la réalisation des dispositifs antivibratoires. Afin de mettre au point le système de support adéquat en fonction des conditions d'exploitation réelles, c'est-à-dire des caractéristiques du sol du point de vue de la transmissibilité des ondes vibratoires vers l'environnement, et en fonction du niveau de performances d'isolation souhaité, il est essentiel de pouvoir mesurer et analyser correctement à la fois le comportement statique et le comportement dynamique des ensembles roue / rail / support d'une voie ferrée.

[0035] Dans ce but, les inventeurs ont conçu un procédé de mesure par lequel les effets de la charge statique totale appliquée à un essieu d'un véhicule devant circuler sur une voie ferrée sont découplés de l'équivalent de la masse non suspendue d'un bogie. La mise en oeuvre de ce procédé peut être réalisée, par exemple, à l'aide d'un banc d'essai tel que représenté schématiquement à la figure 9.

[0036] La Figure 9 montre schématiquement une vue longitudinale d'un exemple de mode de réalisation. Le banc d'essai comprend un bâti sur lequel sont montés à espacement régulier des ressorts à basse fréquence de résonance 62. Sur ces ressorts sont fixés des appuis antivibratoires 61 servant à porter un tronçon de voie ferrée à tester. Un chariot mobile 63 est monté sur des roues dont l'écartement est réglable en fonction de l'écartement des essieux de bogie d'un véhicule. La masse du chariot 63 simule la masse non suspendue fixée à l'essieu d'un véhicule devant circuler sur la voie ferrée. Sur le chariot 63 est monté une cellule de charge 64 constituée d'un plateau 66 supporté par un dispositif comprimable 65. Sur le plateau 66 est fixé un vérin hydraulique 67 permettant d'appliquer une charge statique variable représentant le poids d'un véhicule sur un essieu. Les appuis 61 sont réalisés avec des raideurs statiques et dynamiques choisies en fonction des conditions d'exploitation réelles et du niveau de performances souhaité. Par exemple, dans le cas où l'on souhaite optimiser l'isolement antivibratoire et limiter la déflexion du rail, les appuis 61 seront réalisés avec des raideurs alternées de manière à être alternativement un appui relativement rigide R et un appui relativement souple S.

[0037] Pour vérifier le comportement antivibratoire d'une voie ferrée particulière, on choisit des appuis antivibratoires ayant des raideurs statiques et dynamiques calculées pour tenir compte des conditions d'exploita-

tion réelles de la voie ferrée et on les fixe sur les ressorts 62. Sur les appuis antivibratoires choisis 61 est alors disposé un tronçon de voie et sur celui-ci on place le chariot 63 après en avoir ajusté l'écartement des roues pour correspondre à l'écartement réel des essieux d'un bogie de véhicule roulant réel. Des capteurs connectés à des appareils de mesure et/ou d'enregistrement classiques sont ensuite mis en place d'une manière connue en soi pour mesurer les performances statiques et dynamiques de la voie : fréquence propre, déflexions statiques au droit des appuis, amortissement des vibrations des rails.

[0038] En appliquant à la cellule de charge 64, une charge par paliers allant de 0 à 250 kN, par exemple, et en déplaçant le chariot le long du tronçon de voie ferrée, il est possible de relever la déflexion statique du rail au droit de chaque appui.

[0039] En appliquant à la cellule de charge 64 une charge statique par paliers et par impulsions de chocs ou impulsions vibratoires et en déplaçant le chariot le long du tronçon de voie ferrée, on peut relever la fréquence propre du système de voie, les déflexions au droit des supports et l'amortissement des vibrations des rails au droit de chaque appui. Les analyses ainsi effectuées permettent au concepteur d'une voie ferrée à installer de déterminer de manière optimale les particularités des éléments d'isolation acoustique et antivibratoire à incorporer dans le système de support de la voie ferrée afin d'optimiser l'isolation acoustique et antivibratoire et réduire la transmission des ondes vibratoires vers l'environnement.

Revendications

1. Système de support de rails de voie ferrée en voirie comprenant une dalle radier (15) sur laquelle sont fixés les rails (11) de la voie ferrée, **caractérisé en ce que** la dalle radier (15) repose sur un lit de sable stabilisé (17) posé sur le fond de coffre du site, une semelle antivibratoire (12) est disposée entre chaque rail et la dalle radier, ladite semelle antivibratoire ayant des rigidités statique et dynamique prédéterminées, des dalles ou poutres de voirie (21) s'étendent le long des côtés extérieurs des rails, lesdites poutres de voirie étant scellées aux bords de la dalle radier (15), des dalles de voirie (22) sont disposées entre les rails, et des éléments de séparation (25) remplissent les espaces entre les rails (11) et les dalles de voirie (21, 22), lesdits éléments de séparation étant constitués d'une matière ayant des rigidités statique et dynamique choisies de telle manière que les rigidités statique et dynamique de l'ensemble soient inférieures à celles de la semelle (12) disposée sous les rails.
2. Système de support de rails suivant la revendication 1, **caractérisé en ce que** les éléments de sé-

paration (25) enveloppent le patin du rail (11), chacun des éléments de séparation précités présentant une partie inférieure (251) qui s'étend sous une partie du patin de rail.

3. Système de support de rails suivant la revendication 2, **caractérisé en ce que** les parties inférieures (251) des éléments de séparation (25) sont jointives suivant des faces obliques (252) qui s'étendent dans un plan oblique par rapport à la base du patin du rail.
4. Système de support de rails suivant l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la dalle de voirie (22) entre rails repose sur des appuis de mise à niveau (24), le vide entre la dalle de voirie et la dalle radier étant rempli par injection d'un produit de remplissage approprié à l'environnement.
5. Système de support de rails suivant l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**une couche de matière antivibratoire (35) est disposée entre le lit de sable stabilisé (17) et la dalle radier (15)
6. Système de support de rails suivant l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**une couche drainante (37) est disposée sous la dalle radier (15).
7. Système de support de rails suivant l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les rails (11) de la voie ferrée sont fixés sur des traverses (13) ancrées dans la dalle radier (15).
8. Système de support de rails suivant la revendication 7, **caractérisé en ce que** la dalle de voirie (22) entre rails repose de chaque côté sur une traverse (13), le vide entre la dalle de voirie et la dalle radier étant rempli par injection d'un produit de remplissage approprié à l'environnement.
9. Système de support de rails selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** les rails (11) de la voie ferrée sont fixés sur des selles (33) ancrées dans la dalle radier (15).
10. Système de support de rails selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** les rails (11) de la voie ferrée sont fixés sur des selles (43) fixées à la dalle radier (15), chaque rail reposant sur chaque selle avec éventuellement interposition d'un coussin antivibratoire.
11. Système de support de rails suivant la revendication 10, **caractérisé en ce que** chaque rail (11) re-

- pose sur chaque selle (43) avec interposition d'une semelle antivibratoire (12) et est fixé à la dalle radier (15) au moyen de dispositifs de fixation réglables (41) appliquant à la semelle antivibratoire (12) une précontrainte réglable. 5
12. Système de support de rails suivant la revendication 11, **caractérisé en ce que** les dispositifs de fixation réglables (41) sont constitués de dispositifs à ressort(s) armé(s) par des moyens de serrage. 10
13. Système de support de rails suivant l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les éléments en matière anti-vibratoire sont choisis de manière que les dispositifs de support de rails successifs le long de la voie ferrée constituent alternativement un appui relativement rigide et un appui relativement souple. 15
14. Système de support de rails suivant l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'il** comprend en outre au moins un dispositif de précontrainte (51-56) pour maintenir l'âme d'un rail (11) de la voie ferrée et lui appliquer un effort de précontrainte réglable prédéterminé. 20 25
15. Procédé de mise au point d'un système de support d'une voie ferrée suivant l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'il** comporte les étapes suivantes : 30
- (a) mise en place d'appuis antivibratoires sur un support, lesdits appuis antivibratoires ayant des raideurs statiques et dynamiques prédéterminées, 35
 - (b) placement d'un tronçon de voie ferrée sur les appuis antivibratoires précités,
 - (c) application au tronçon de voie, d'une charge statique simulant le poids d'un véhicule devant appliqué sur un essieu, 40
 - (d) déplacement de la charge le long du tronçon de voie ferrée,
 - (e) superposition à ladite charge statique d'une charge variable simulant des charges prédéterminées appliquées à un essieu lors du passage d'un véhicule sur la voie ferrée, 45
 - (f) déplacement de la charge statique combinée à la charge variable le long du tronçon de voie ferrée,
 - (g) relèvement des performances statiques et dynamiques de l'ensemble du système au droit de chaque appui antivibratoire, les mesures obtenues servant à déterminer les caractéristiques des éléments antivibratoires à incorporer dans les dispositifs de support de la voie ferrée. 50 55
16. Banc d'essai pour mettre en oeuvre le procédé suivant la revendication 15, **caractérisé en ce qu'il**
- comprend un bâti portant un ensemble de ressorts équidistants (62) ayant chacun une basse fréquence de résonance, un ensemble d'appuis antivibratoires (61) fixés sur les ressorts (62), lesdits appuis antivibratoires (61) servant à porter le tronçon de voie à tester, un chariot (63) agencé pour être déplacé le long du tronçon de voie, une cellule de charge (65) comportant un élément comprimable et un moyen (67) pour appliquer une charge variable à la cellule de charge précitée.
17. Banc d'essai suivant la revendication 16, **caractérisé en ce que** le chariot (63) est monté sur des roues dont l'écartement est réglable.
18. Banc d'essai suivant l'une quelconque des revendications 16 et 17, **caractérisé en ce que** les appuis antivibratoires (61) sont réalisés avec des raideurs alternées de manière à être alternativement un appui relativement rigide et un appui relativement souple .

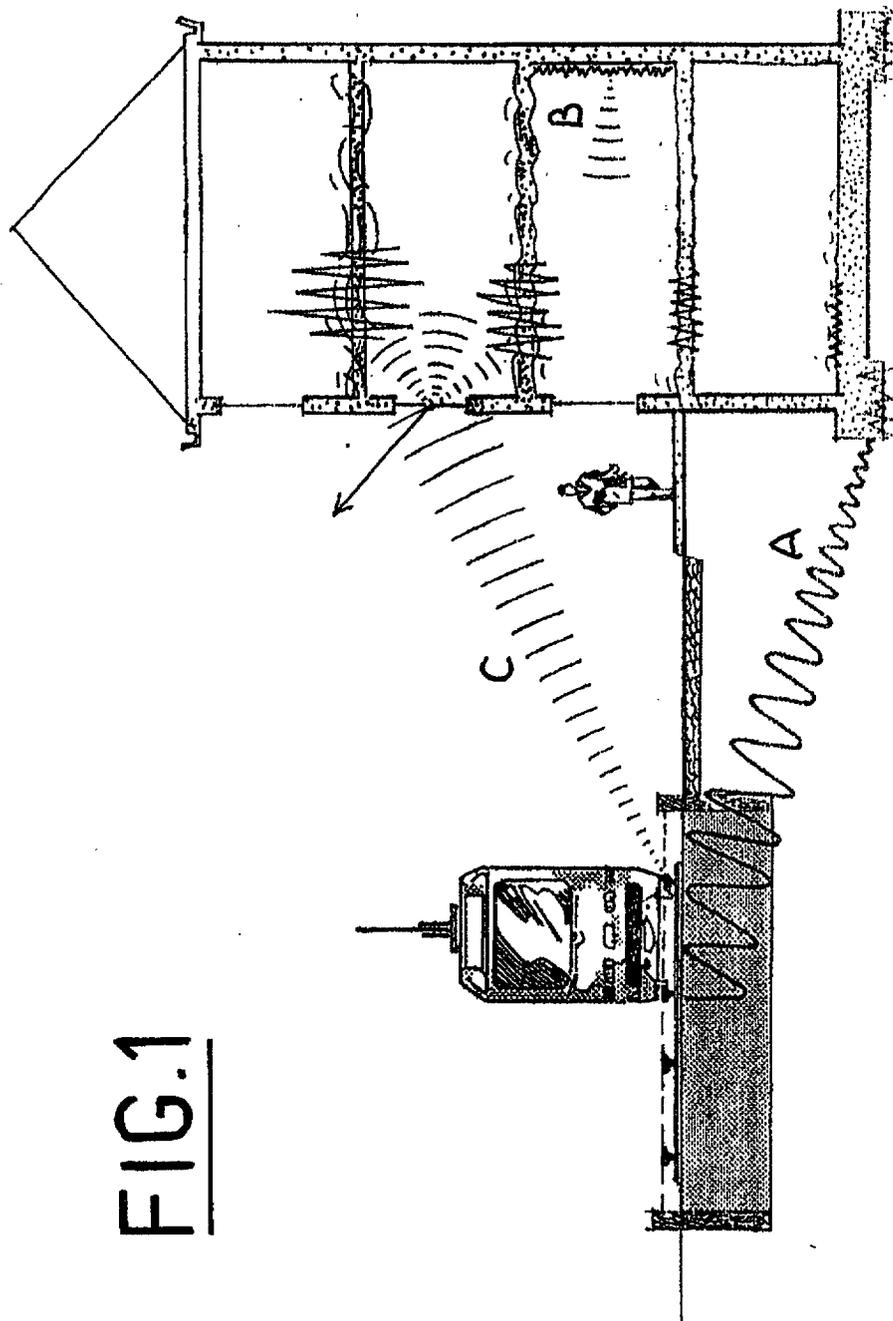


FIG.1

FIG. 2

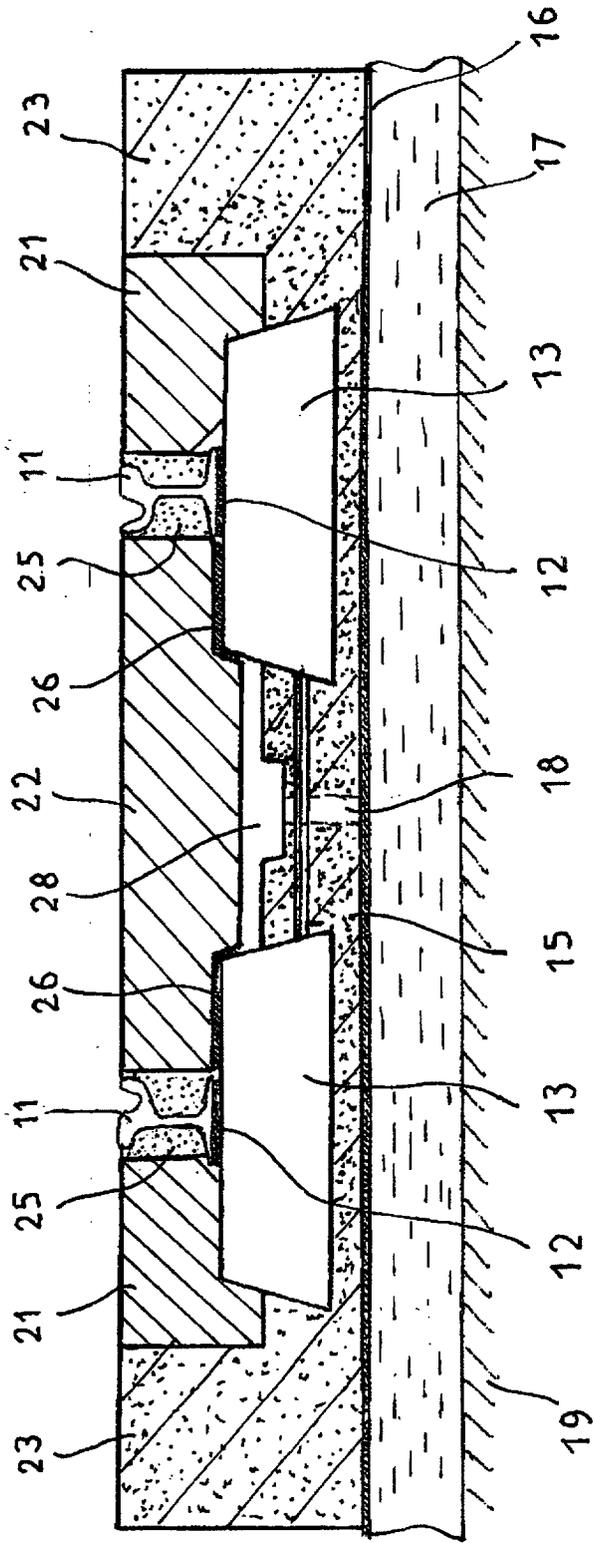


FIG. 3

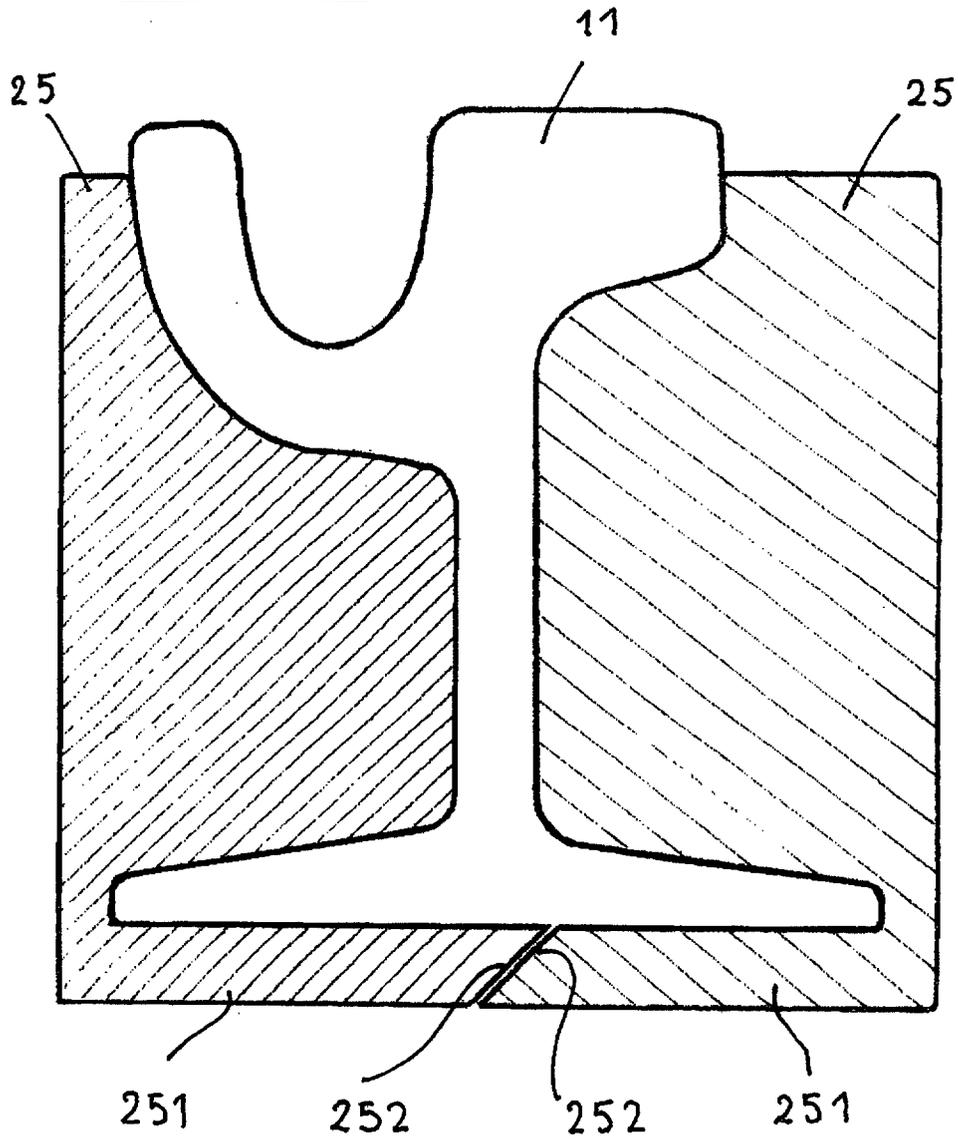


FIG. 4

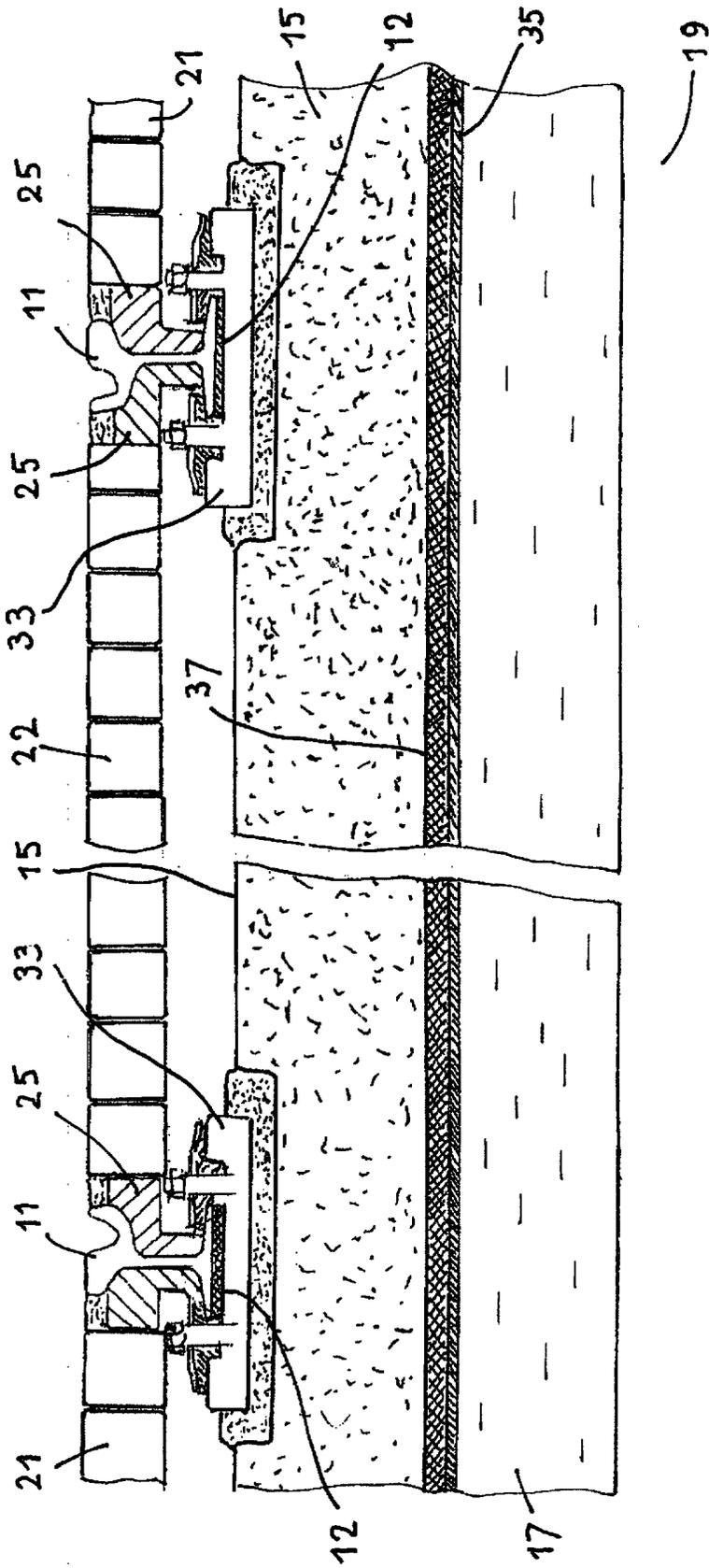


FIG. 5

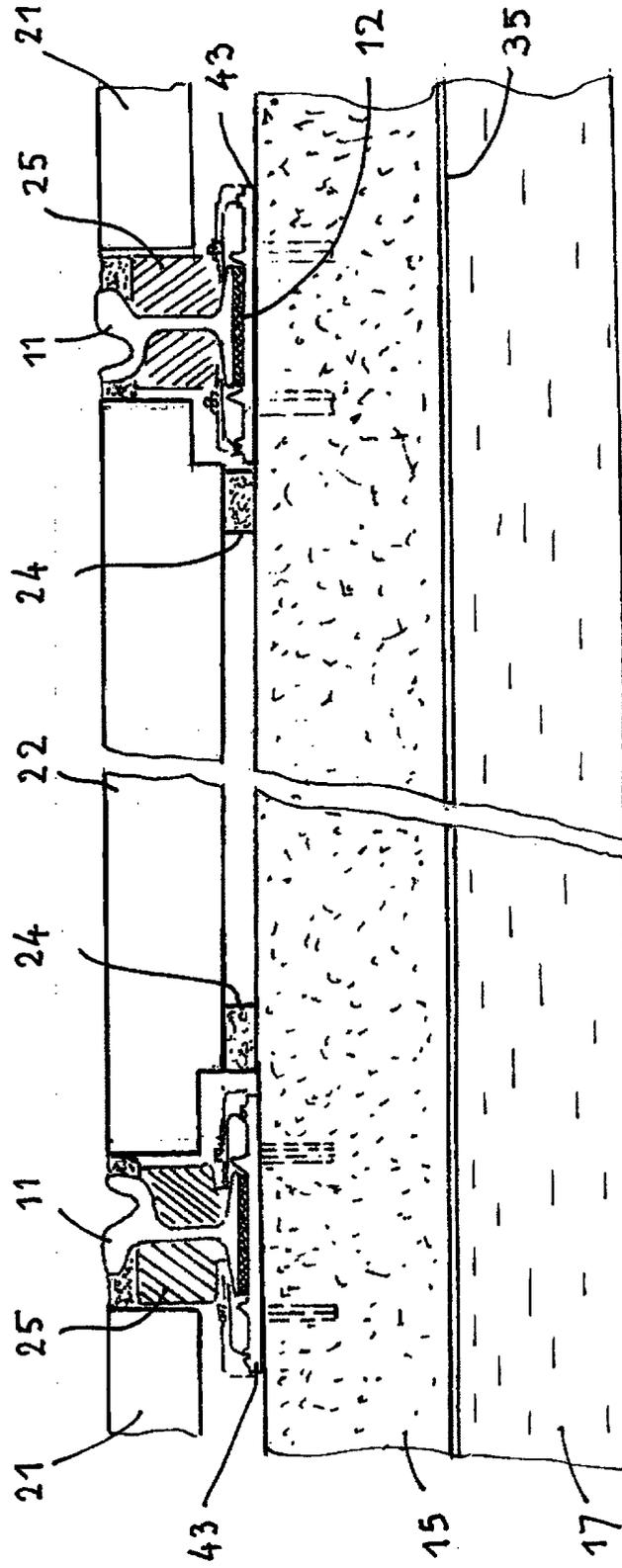


FIG. 6

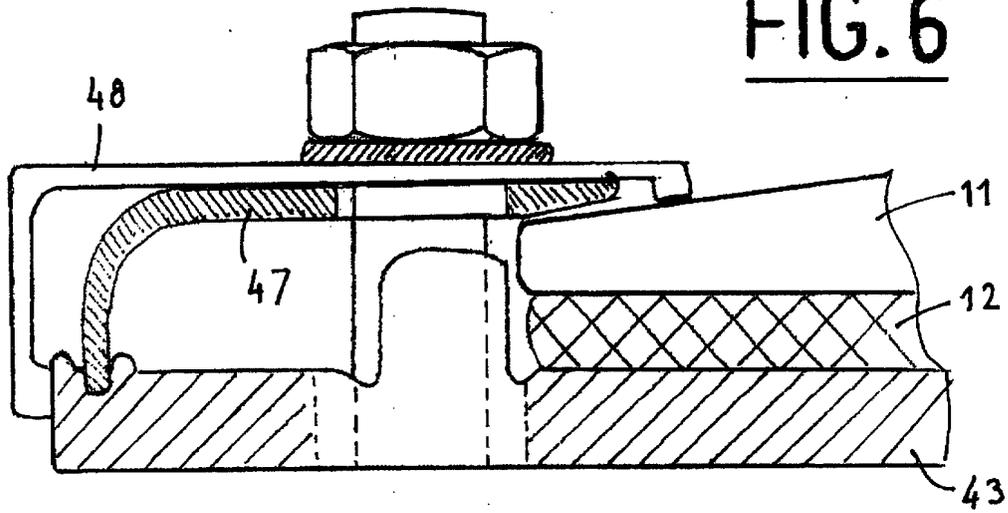
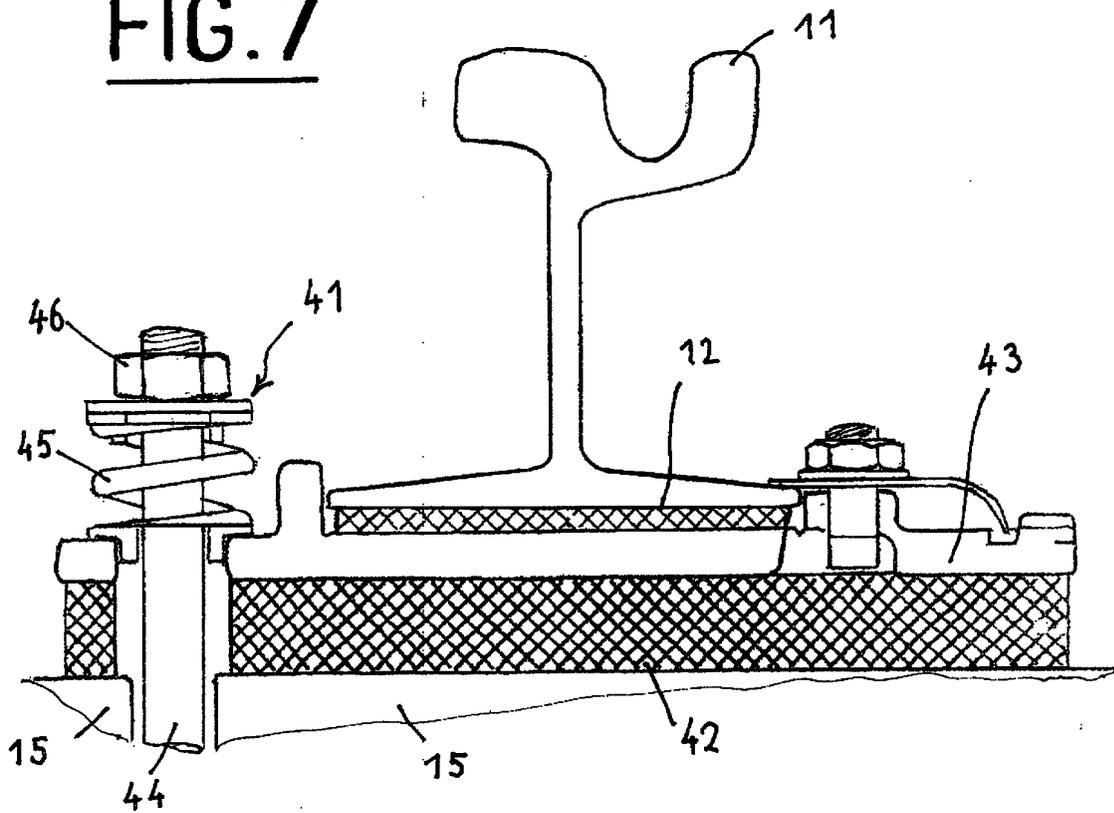


FIG. 7



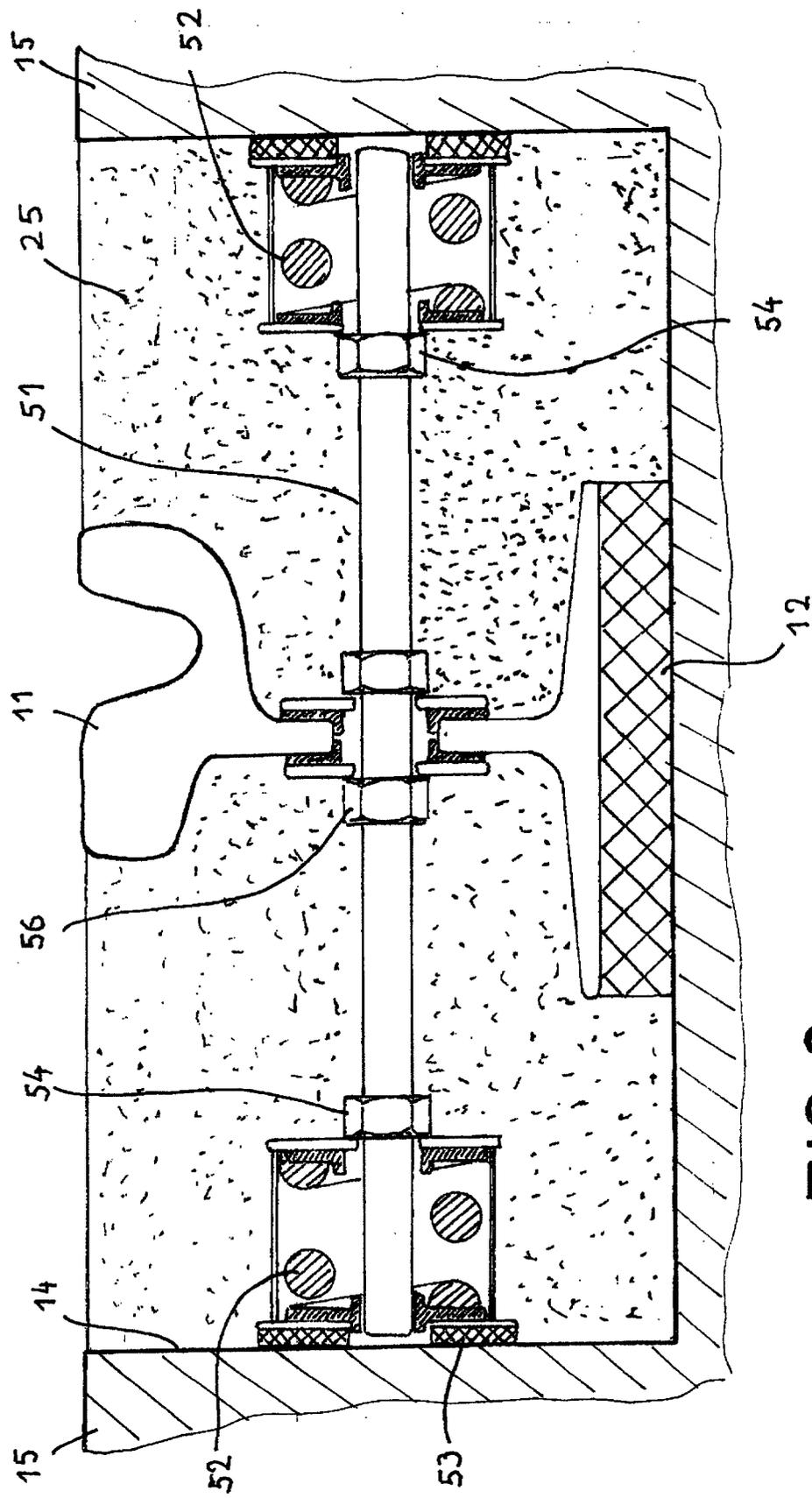


FIG. 8

FIG. 9

