



⑫ **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

⑳ Numéro de dépôt : **92870159.8**

⑤① Int. Cl.⁵ : **E01B 1/00, E01B 9/62**

㉔ Date de dépôt : **30.09.92**

④③ Date de publication de la demande :
06.04.94 Bulletin 94/14

⑧④ Etats contractants désignés :
AT CH DE ES FR GB IT LI NL PT

⑦① Demandeur : **Oledzki, Edward**
Quai van Hoegarden 2 /76
B-4000 Liège (BE)

⑦② Inventeur : **Oledzki, Edward**
Quai van Hoegarden 2 /76
B-4000 Liège (BE)

⑦④ Mandataire : **Dellicour, Paul**
Office Dellicour Avenue Rogier 19/13
B-4000 Liège (BE)

⑤④ **Voie ferrée à couches multiples hétérogènes en matériaux composites.**

⑤⑦ La superstructure de la voie ferrée à la forme d'un élément continu composé d'au moins deux couches superposées, toutes en matériaux composites à matrices différentes et toutes renforcées d'armature discontinue. Cette armature discontinue est de nature organique ou métallique.

La présente invention concerne la voie ferrée et est relative à sa superstructure.

La voie de chemin de fer dans sa forme classique date d'il y a environ cent cinquante ans, c'est-à-dire depuis les débuts des chemins de fer.

Les besoins et les exigences des chemins de fer à l'égard de la voie ont évolué, surtout en fonction du développement du poids des véhicules, de la charge par essieu et de l'augmentation des vitesses.

Les cent cinquante ans d'exploitation de la voie ferrée classique ont permis d'accumuler une expérience importante en ce qui concerne les qualités, mais surtout en ce qui concerne les inconvénients de la forme classique de la voie. D'après cette expérience on peut distinguer les deux groupes d'éléments, qui déterminent la qualité de la voie :

- les caractéristiques élastiques et la rigidité verticale de la voie, qui interviennent dans l'interaction de la voie et des véhicules et qui déterminent les sollicitations dynamiques ;
- le comportement des éléments de la voie et la stabilité de sa forme pendant la période d'exploitation de la voie ainsi que les problèmes d'entretien.

Le comportement dynamique de la voie et les sollicitations exercées sur ses différents éléments sont déterminés, d'une part, par les caractéristiques des véhicules et, d'autre part, par la rigidité verticale de la voie et sa masse.

L'utilisation dans la superstructure ferroviaire des éléments en béton (traverses) a mis en évidence l'importance de la rigidité verticale de la voie, exprimée normalement par le coefficient d'appui des rails. C'est à partir de ce moment que l'on observe le développement des attaches élastiques des rails, qui doivent compenser l'élasticité des traverses en bois supprimées.

Dans la voie classique la rigidité verticale de la voie est déterminée surtout par les caractéristiques du ballast et de la plate-forme. Elle est exprimée par le coefficient de réaction $c(\text{kg/m}^3)$. Pour le ballast seul ce coefficient varie entre 50 kg/cm^3 et 80 kg/cm^3 . Pour le ballast reposant sur la plate-forme - elle-même caractérisée par $c = 10 \text{ kg/cm}^3$ - le coefficient global de réaction est de 26,67 kg/cm^3 à 33,33 kg/cm^3 .

Du point de vue des caractéristiques élastiques de la voie et de sa rigidité verticale, la voie classique correspond bien aux besoins du trafic moderne, bien que certaines fréquences des vibrations soient mal absorbées dans le cas des lignes à grandes vitesses.

C'est plutôt dans le domaine du comportement des éléments de la voie, de sa stabilité et des problèmes d'entretien, qu'on peut observer une mauvaise adaptation de la voie classique au développement du trafic et qu'il se présente d'importants inconvénients.

En effet, un des problèmes les plus importants de l'exploitation de la voie sont les déformations résiduelles et permanentes de la plateforme et du ballast, d'où résulte la dégradation progressive de l'état de la voie, nécessitant les travaux d'entretien. Ces inconvénients sont en progression avec le développement du trafic, surtout avec l'augmentation des charges et des vitesses. C'est en particulier l'élément de la vitesse, qui met en cause la qualité de la voie classique.

La géométrie de la voie classique est directement sensible à toutes les déformations de la plateforme et du ballast, surtout aux déformations locales du ballast. Le seul élément de continuité, qui est susceptible de répartir les effets de ces déformations, est le rail. La rigidité du rail n'est pas suffisante et les déformations de la plateforme et du ballast provoquent la dégradation de la géométrie de la voie.

Depuis plus de vingt ans les différentes conceptions d'une voie non-classique ou non-conventionnelle sont étudiées et essayées. Le principe de ces conceptions consiste dans les deux éléments suivants :

- l'élimination du ballast ;
- l'application d'une dalle continue en béton armé ou en béton précontraint.

D'après ces conceptions l'élimination du ballast permet d'éviter tous les inconvénients de son mauvais comportement et surtout de son instabilité. En plus, l'application d'une dalle continue permet de répartir les sollicitations ou pressions sur la plate-forme de façon à réduire les valeurs maxima des pressions, réduire les déformations tangentielles dans le milieu meuble de la plate-forme et diminuer le nombre des cycles, grâce à la répartition plus uniforme des charges.

L'élimination du ballast et l'application d'une structure continue permet - comme le prouvent les essais - de résoudre le problème de la stabilité de la géométrie de la voie. Mais, contrairement à la voie classique, le problème de l'élasticité de la voie présente dans ce cas plusieurs difficultés.

La déformabilité élastique de la voie est, dans le cas de différentes solutions essayées, assurée par les attaches des rails et par les déformations de la plateforme. Or la déformabilité de la plate-forme est diminuée par la réduction des pressions exercées sur cette plate-forme et par la rigidité importante de la dalle en béton armé. Afin que la voie ne soit pas trop rigide, afin que le coefficient d'appui du rail ne soit pas excessivement élevé, il est nécessaire d'introduire dans la superstructure un élément élastique supplémentaire. Dans les solutions connues de la voie non-classique la perte de l'élasticité du ballast et la diminution de la déformabilité de la plateforme sont équilibrées ou compensées par le système des semelles élastiques dans les fixations

des rails. Un des inconvénients importants de ce système est le coût élevé des fixations.

L'analyse dynamique de la voie non-conventionnelle, dont les rails sont fixés directement à la dalle en béton armé, permet de constater que la grande déformabilité des attaches des rails fait diminuer la fréquence propre des vibrations de l'ensemble rail-roue, ce qui peut mener - en dépit de l'objectif initial - à l'augmentation des sollicitations dynamiques.

L'expérience montre, que - malgré les attaches élastiques - la concentration locale des contraintes dans la dalle dépasse parfois la résistance du béton. La grande rigidité de la dalle ainsi que la faible résistance du béton à la traction sont parfois les raisons d'une fissuration, qui apparaît surtout aux environs ou autour des fixations des rails. On essaye d'y remédier en appliquant la mise en précontrainte de la dalle ou bien en utilisant les traverses en béton précontraint posées sur la dalle continue en béton armé. Les deux solutions provoquent des frais supplémentaires. En plus, l'utilisation des traverses en béton posées sur la dalle augmente l'épaisseur de la voie.

Afin de remédier à ces inconvénients de nature aussi bien technique qu'économique, il faut utiliser la superstructure, qui satisfait aux conditions suivantes :

1. Elle se caractérise par une rigidité flexionnelle, permettant de répartir les pressions sur la plateforme de façon à les réduire et à limiter - sinon éliminer - les déformations permanentes de la plate-forme.

2. Elle est munie d'une couche déformable et ductile, qui assure les déformations verticales comparables avec celles du ballast, ou bien elle comprend une couche du ballast modifié se caractérisant par la stabilité de sa structure et de sa forme et d'une rigidité flexionnelle.

3. Elle se caractérise par la résistance locale à la traction élevée, surtout à l'endroit de fixation des attaches des rails.

La voie ferrée selon l'invention est une voie, dont la superstructure a la forme d'un élément continu et solide. La structure interne de cette construction est renforcée de façon quasi uniforme et isotrope par une armature discontinue, dispersée dans la masse du matériau de la construction. La construction de la voie suivant l'invention contient les deux étages élastiques :

- au niveau des attaches des rails,
- en dessous d'élément porteur de la voie, selon le schéma annexé.

Eléments	Caractéristiques élastiques	
rail (1)	E J	Module d'élasticité x module d'inertie
attaches (2)	k	coefficient de rigidité verticale.
dalle (3) x module d'inertie	E J	Module d'élasticité
couche élastique (4)	c, EJ	coefficient de réaction, module d'élasticité x module d'inertie.
plate-forme (5)	c	coefficient de réaction

La construction de la voie ferrée suivant l'invention constitue un élément continu dans le sens de la longueur de la voie, composé d'au moins deux couches superposées en matériaux solides, dont le module d'élasticité est différent pour chaque couche, suite à l'hétérogénéité des matrices différentes appliquées.

La couche inférieure 4 est une couche élastique, dont le module d'élasticité en compression ne dépasse pas 250 N/mm². Elle est réalisée sur base de la matrice ductile, ce qui lui permet de suivre les déformations et de s'adapter aux défauts éventuels de la plate-forme 5, sans provoquer des efforts internes importants et surtout sans risquer la rupture interne de la couche.

La couche élastique 4, réalisée par exemple en ballast préstabilisé, constitue l'appui pour les autres couches 3 et éléments de la superstructure de la voie. Son épaisseur est choisie en fonction du module d'élasticité, de façon à assurer la valeur du coefficient de réaction c inférieur à 100 kg/cm³. Cette épaisseur n'est pas inférieure à 5 cm et en principe ne dépasse pas 15 cm.

Tout en étant un matériau ductile cette couche en ballast préstabilisé 4 reste un corps solide et, vu la continuité de sa structure, se caractérise par une certaine rigidité à la flexion, ce qui lui permet d'atténuer, sinon d'éliminer, les effets d'un dégat local accidentel dans la plate-forme 5, dû par exemple au défaut du drainage.

Selon l'invention l'autre ou les autres couches 3 de la construction de la voie sont réalisées en matériau composite à matrice fragile - tel que béton à liant hydraulique ou béton avec ajout de cendres volantes - renforcée par l'armature discontinue, pour assurer surtout la répartition des efforts et des réactions dûs au trafic, de façon à éviter les concentrations des contraintes dans les éléments de la structure multicouche ainsi que

les déformations résiduelles de la couche élastique et de la plate-forme. Cette armature discontinue atténue la fragilité de la matrice.

Le renforcement de la couche de répartition 3 par l'incorporation de l'armature discontinue rend cette couche plus résistante, ce qui permet de réduire ses dimensions par rapport aux dalles en béton armé et précontraint, ce qui contribue à l'élasticité de ladite couche et à la réduction du coefficient de rigidité verticale de la voie.

Grâce à la déformabilité verticale de la structure de la voie sous la charge des véhicules, on peut éviter l'utilisation d'éléments de fixation des rails très développés et coûteux en utilisant les fixations élastiques 2 telles que utilisées pour les traverses en béton.

Un des éléments importants de la construction de la voie ferrée suivant l'invention est l'introduction de l'armature discontinue dans toutes les parties de la construction continue.

Cette armature contribue à la ductilité des matériaux et augmente la résistance locale à la traction de ces matériaux. Elle améliore aussi l'absorption des fréquences et empêche la propagation des vibrations dans la structure.

L'armature discontinue est constituée d'éléments de nature métallique, organique ou minérale. L'éclatement des éléments de l'armature discontinue, c'est-à-dire le rapport de la plus petite dimension de la section transversale à la longueur, est supérieur à 30. La longueur des éléments ne dépasse pas les deux diamètres de plus gros granulats.

Dans le cas des lignes au trafic lourd la couche supérieure de répartition est aussi renforcée, dans les parties les plus chargées, par l'armature classique continue, qui reprend les moments fléchissants dus au trafic.

Dans les cas, où la voie ferrée est posée sur des sols très faibles, qui peuvent provoquer des tassements importants, la couche de répartition supérieure continue 3 peut être remplacée par une structure discrète, ce qui faciliterait les travaux ayant pour but de relever la voie. Dans ce cas la composition du ballast préstabilisé 4 sera adaptée à augmenter la ductilité de la couche élastique, et une couche inférieure mince de 5 cm à matrice sur base de liant hydraulique sera appliquée.

L'hétérogénéité des couches superposées constituant la structure de la voie suivant l'invention permet de réunir les avantages de la voie classique ballastée tels que l'élasticité de la voie et son comportement dynamique, et d'y ajouter ceux de la voie non-conventionnelle non-ballastée et notamment la stabilité de la géométrie de la voie et la réduction des frais d'entretien.

Exemple :

La superstructure d'une voie ferrée suivant l'invention est composée de deux couches :

- la couche de répartition, réalisée en un matériau composite à matrice fragile sur base de liant hydraulique ;
- la couche élastique réalisée en ballast préstabilisé, matériau composite dont la matrice ductile est réalisée elle-même sur base d'un liant hydrocarboné modifié.

Les deux couches sont renforcées de l'armature discontinue métallique mais de section transversale différente pour chaque couche.

Les dimensions de la sections transversale de la couche de répartition est de 0,14 m x 2,40 m.

Les contraintes maximales dans la couche de répartition dues aux charges, correspondant à 25 T/essieu, ne dépassent pas 25 % de la résistance statique du matériau composite de la couche. Elles sont aussi inférieures à 35 % de la résistance de ce matériau à la fatigue. Est donc assuré un coefficient de sécurité de 4,0 en ce qui concerne les charges exceptionnelles et de 3,0 en ce qui concerne la fatigue, ce qui élimine le danger d'apparition de fissures lors de l'exploitation de la voie.

La couche inférieure élastique a une épaisseur de 10cm et son module d'élasticité en compression est de 50 N/mm². Le coefficient global de réaction c concernant la couche élastique et la plate-forme) est égal à 23 kg/cm³.

La voie est équipée de rails UIC-60 fixés à la dalle de répartition à l'aide d'attaches, dont le coefficient de rigidité verticale est de 150.000 N/mm (pour une attache). Avec la couche en ballast préstabilisé ces attaches assurent le coefficient d'appui des rails U=295 N/mm².

55 Revendications

1. Voie ferrée, caractérisée en ce que sa superstructure a la forme d'un élément continu composé d'au moins deux couches superposées, toutes en matériaux composites à matrices différentes et toutes renforcées

d'armature discontinue.

2. Voie ferrée suivant la revendication 1, caractérisée en ce que l'armature discontinue est de nature organique ou métallique.
- 5 3. Voie ferrée suivant la revendication 1, caractérisée en ce que le module d'élasticité des couches voisines est différent et la différence est supérieure à dix fois.
4. Voie ferrée suivant la revendication 1, caractérisée en ce que l'une des couches au moins est en matériau composite à matrice ductile.
- 10 5. Voie ferrée suivant la revendication 1, caractérisée en ce que la couche supérieure contient, outre l'armature discontinue, une armature continue.
- 15 6. Voie ferrée suivant une ou plusieurs des revendications 1 à 5 caractérisée en ce que la forme de la couche supérieure correspondant à une voie assure une proportion entre la largeur et l'épaisseur de la couche supérieure d'environ dix-sept.
- 20 7. Voie ferrée suivant une ou plusieurs des revendications 1 à 6, caractérisée en ce que son ballast a la structure d'un corps solide lui assurant la rigidité flexionnelle et dont le module d'élasticité ne dépasse pas 200 N/mm².

25

30

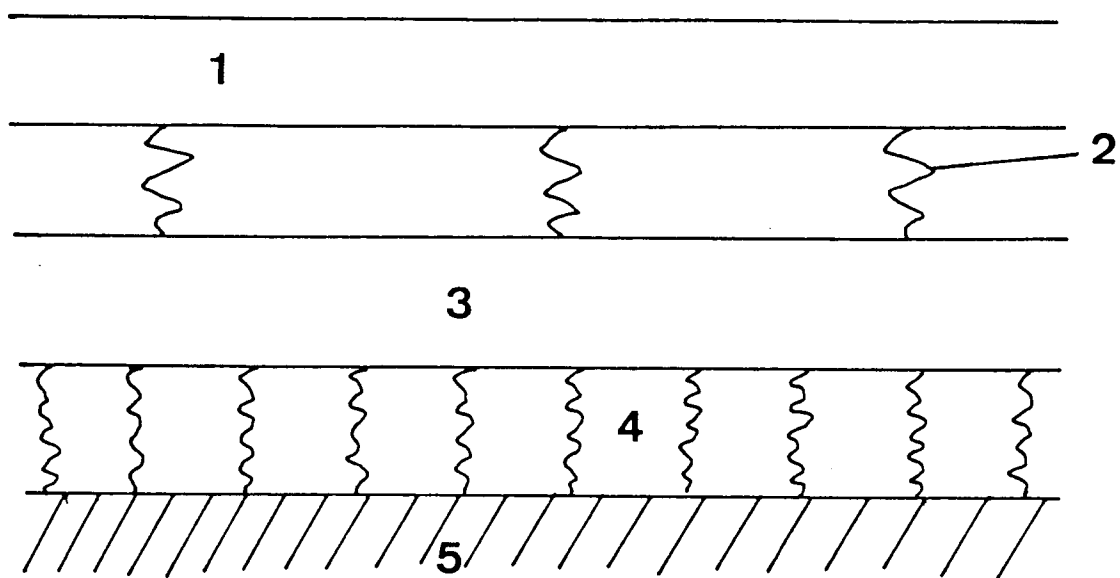
35

40

45

50

55





Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande

EP 92 87 0159

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl.5)
X	EP-A-0 211 461 (EDILON B.V.)	1,2,4	E01B1/00
Y	* colonne 2, ligne 36 - colonne 3, ligne 12; figures 1,2 *	5	E01B9/62
A	---	3	
X	NL-A-7 701 846 (JAMES WALKER & CO.)	1,2,4	
A	* page 3, ligne 13 - page 4, ligne 2; figure 1 *	3	
Y	US-A-3 383 043 (TEW)	5	
A	* colonne 3, ligne 9 - colonne 5, ligne 50; figures 1-6 *	1,2,4	
A	TRAVAUX no. 558, Septembre 1981, PARIS pages 49 - 60 COLNAT 'PROBLEMES DE BRUITS ET VIBRATIONS DUS AUX TRANSPORTS FERROVIAIRES...' * par. 3.2.2.2 et 3.2.2.3 * * figures 26-37 *	1,3,5	
A	EP-A-0 219 811 (UDERSTÄDT) * page 5, ligne 21 - page 7, ligne 10; figures 1,2 *	1,4	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)
	-----		E01B
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 27 MAI 1993	Examineur BLOMMAERT S.
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons ----- & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			

EPO FORM 1503 03.82 (P0402)