

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international



(10) Numéro de publication internationale
WO 2018/178097 A1

(43) Date de la publication internationale
04 octobre 2018 (04.10.2018)

(51) Classification internationale des brevets :
B61K 9/08 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2018/057815

(22) Date de dépôt international :
27 mars 2018 (27.03.2018)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
17 52635 29 mars 2017 (29.03.2017) FR

(71) Déposant : METROLAB [FR/FR] ; 70 bis rue Mademoiselle, 75015 PARIS (FR).

(72) Inventeurs : MARICHAL, Benoît ; C/O METROLAB 117-119 Quai de Valmy, 75010 PARIS (FR). NASR, Sarah ; C/O METROLAB 117-119 Quai de Valmy, 75010 PARIS (FR).

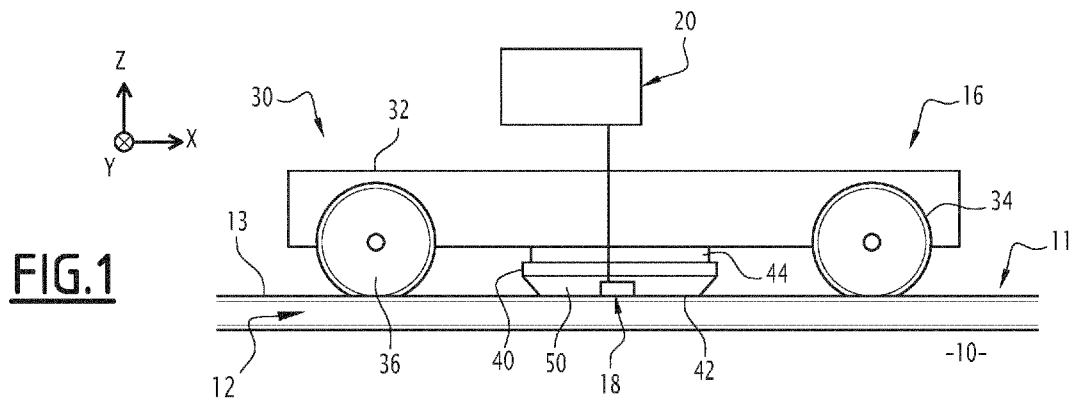
(74) Mandataire : **BLOT, Philippe** et al. ; Lavoix, 2, place d'Estienne d'Orves, 75441 PARIS CEDEX 09 (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasiatique (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK,

(54) Title: DEVICE FOR DETECTING RAIL DEFECTS AND ASSOCIATED DETECTION METHOD

(54) Titre : DISPOSITIF DE DÉTECTION DE DÉFAUTS D'UN RAIL ET PROCÉDÉ DE DÉTECTION ASSOCIÉ



(57) Abstract: The present invention relates to a device (10) for detecting defects in a rail (12), comprising at least one collection (18) of sensors which are able to generate an electrical signal indicative of a distance ($d_{n, i}$) separating the sensors and the rail, and at least one rail vehicle (16) able to move along the rail; the collection of sensors being assembled to the rail vehicle; the rail vehicle being configured to rest on the rail in such a way that said sensors are positioned facing and some distance away from said rail. The device comprises a friction pad (40) comprising a lower surface (42) able to slide along the rail, the friction pad further comprising at least one cavity (54) formed in the lower surface, the at least one collection (18) of sensors being housed in said cavity.

(57) Abrégé : La présente invention concerne un dispositif (10) de détection de défauts d'un rail (12), comportant au moins un ensemble (18) de capteurs, aptes à générer un signal électrique représentatif d'une distance ($d_{n, i}$) séparant les capteurs et le rail, et au moins un véhicule ferroviaire (16) apte à se déplacer le long du rail; l'ensemble de capteurs étant assemblé au véhicule ferroviaire; le véhicule ferroviaire étant configuré pour reposer sur le rail de sorte que lesdits capteurs soient disposés en regard et à distance dudit rail. Le dispositif comporte un patin de frottement (40) comprenant une surface inférieure (42) apte à glisser sur le rail, le patin de frottement comprenant en outre au moins une cavité (54) ménagée dans la surface inférieure, l'au moins un ensemble (18) de capteurs étant logé dans ladite cavité.

WO 2018/178097 A1

MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI
(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML,
MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée:

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

Dispositif de détection de défauts d'un rail et procédé de détection associé

La présente invention concerne un dispositif de détection de défauts d'un rail, du type comportant : au moins un ensemble de capteurs, chacun desdits capteurs étant apte à générer un signal électrique représentatif d'une distance séparant ledit capteur et le rail, et au moins un véhicule ferroviaire apte à se déplacer le long du rail ; l'ensemble de capteurs étant assemblé au véhicule ferroviaire ; le véhicule ferroviaire étant configuré pour reposer sur le rail de sorte que lesdits capteurs soient disposés en regard et à distance dudit rail.

L'invention s'applique particulièrement à la détection des défauts d'une surface supérieure du rail. Les défauts surfaciques présentent un fort potentiel de dégradation vers l'âme du rail et peuvent dégénérer vers une rupture complète de la section. Une surveillance fréquente de la surface du rail présente donc un grand intérêt pour conserver une vision globale de la qualité d'un réseau ferroviaire. Il est ainsi possible de planifier ou déclencher les actions de maintenance corrective nécessaires lorsque l'état d'une section de rail apparaît comme trop dégradé, ou des actions de maintenance préventive lorsque l'état d'une section de rail présente le risque de dégénérer vers un état nécessitant une maintenance lourde, comme par exemple le remplacement du coupon de rail endommagé.

Plusieurs méthodes sont connues de l'art antérieur pour détecter les défauts de rails. Un procédé mettant en œuvre des capteurs de métrologie dimensionnelle est notamment décrit dans le document EP0044885. Ce document décrit un ensemble de capteurs suspendu à un véhicule ferroviaire en contact avec la voie par l'intermédiaire de quatre roues.

Un tel dispositif expose cependant les capteurs à un niveau de vibrations pouvant dépasser de plusieurs ordres de grandeur la résolution des capteurs. Les mesures obtenues sont ensuite difficiles à corriger.

La présente invention a pour but de proposer un dispositif de détection conduisant à des mesures plus fiables, permettant de détecter et de caractériser les défauts de la surface supérieure d'un rail.

A cet effet, l'invention a pour objet un dispositif de détection du type précité, comportant un patin de frottement comprenant une surface inférieure sensiblement plane, ledit patin de frottement étant assemblé au véhicule ferroviaire de manière à ce que le déplacement dudit véhicule le long du rail entraîne un glissement sur ledit rail de ladite surface inférieure, selon une direction longitudinale dudit patin de frottement ; le patin de

frottement comprenant en outre au moins une cavité ménagée dans la surface inférieure, l'au moins un ensemble de capteurs étant logé dans ladite cavité.

Suivant d'autres aspects avantageux de l'invention, le dispositif de détection comporte l'une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prises isolément ou suivant
5 toutes les combinaisons techniquement possibles :

- l'au moins un ensemble de capteurs comporte au moins un rang de capteurs alignés selon une direction transversale, perpendiculaire à la direction longitudinale du patin de frottement ;

10 - l'au moins un ensemble de capteurs comporte plusieurs rangs, chaque rang étant formé de capteurs alignés selon une direction transversale perpendiculaire à la direction longitudinale du patin de frottement ;

15 - les capteurs de l'au moins un ensemble sont disposés selon un maillage régulier, formé de droites s'étendant selon la direction transversale et de droites s'étendant selon une direction inclinée d'un angle par rapport à ladite direction transversale, ledit angle étant préférentiellement compris entre 45° et 90° ;

- le patin de frottement comprend en outre au moins une rainure ménagée dans la surface inférieure selon la direction longitudinale, l'au moins une rainure débouchant sur l'au moins une cavité ;

20 - le patin de frottement est assemblé au véhicule ferroviaire par une suspension munie de moyens de maintien fixes d'une position transversale constante d'au moins un ensemble de capteurs par rapport au chariot ;

- le patin de frottement est assemblé au véhicule ferroviaire par une suspension munie de moyens de maintien par asservissement d'une position transversale constante de l'au moins un ensemble de capteurs par rapport à un bord du rail ;

25 - le dispositif de détection comprend en outre un dispositif de traitement électronique d'informations fournies par les capteurs, ledit dispositif comprenant au moins un détecteur électronique de coordonnées spatiales et au moins un contrôleur embarqué, ledit détecteur électronique et ledit contrôleur embarqué étant solidaires du véhicule ferroviaire, ledit contrôleur embarqué étant connecté au détecteur électronique et à
30 l'ensemble de capteurs ;

35 - le dispositif de traitement comporte plusieurs contrôleurs embarqués solidaires d'un même véhicule ferroviaire ou de plusieurs véhicules ferroviaires différents, chaque contrôleur embarqué étant connecté à un ensemble de capteurs, le dispositif de traitement comprenant en outre un calculateur centralisé muni de moyens de communication avec chacun des calculateurs embarqués.

L'invention a également pour objet un procédé de fonctionnement d'un dispositif de détection tel que décrit ci-dessus, ledit procédé comportant les étapes suivantes : déplacement du véhicule ferroviaire le long du rail ; au cours dudit déplacement, mesure d'une distance entre les capteurs de l'au moins un ensemble et une surface supérieure du rail ; et détection simultanée des coordonnées spatiales et de la vitesse du véhicule ; puis élaboration d'une première représentation spatiale de la surface supérieure du rail ; puis comparaison de ladite première représentation spatiale avec des représentations de référence afin d'identifier des défauts de la surface supérieure ; puis génération d'une alerte en cas de défaut identifié.

Suivant d'autres aspects avantageux de l'invention, le procédé comporte l'une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prises isolément ou suivant toutes les combinaisons techniquement possibles :

- le procédé comprend en outre une étape de comparaison de la première représentation spatiale avec une seconde représentation spatiale précédemment mémorisée dans une mémoire de données, de sorte à conduire à un suivi de l'évolution des défauts de la surface supérieure ;

- les représentations de référence comprennent plusieurs types de défauts associés à des caractéristiques spatiales et dans lequel l'étape de comparaison comprend la détermination de fenêtres d'analyse correspondant auxdites caractéristiques spatiales.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple non limitatif et faite en se référant aux dessins sur lesquels :

- la figure 1 est une vue schématique latérale d'un dispositif de détection selon un premier mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 2 est une vue partielle, en coupe, du dispositif de la figure 1 ;
- la figure 3 est une vue de détail, de dessous, d'une variante de réalisation du dispositif de la figure 1 ;
- les figures 4 et 5 sont des vues schématiques de détail d'un dispositif de détection selon un deuxième mode de réalisation de l'invention comportant un système d'asservissement de position ;
- la figure 6 est une vue schématique d'un élément du dispositif de la figure 1 ; et
- la figure 7 est un logigramme correspondant à un procédé de fonctionnement d'un dispositif de détection tel que le dispositif de la figure 1.

La figure 1 représente schématiquement un dispositif de détection de défauts d'un rail selon un mode de réalisation de l'invention.

Le dispositif 10 est notamment apte à détecter les défauts d'une voie ferrée 11 formée de deux rails 12 sensiblement parallèles. Un rail 12 comporte notamment une surface supérieure 13 délimitée par un bord interne 14 et un bord externe 15 (Fig. 5). Le bord interne 14 est le bord orienté vers l'intérieur de la voie ferrée 11, c'est-à-dire qui fait face à l'autre rail 12 de ladite voie ferrée.

Le dispositif 10 est particulièrement destiné à la détection des défauts de la surface supérieure 13 d'au moins un rail 12.

Les défauts attendus peuvent présenter des caractéristiques spatiales très différentes. Les défauts de type usure ondulatoire s'étendent sur une longueur importante. Au contraire, des défauts de type squat ou shelling sont des défauts de petite taille. Il existe également des défauts de taille intermédiaire telle que des délaminages.

Le dispositif 10 comporte notamment un véhicule ferroviaire 16, au moins un ensemble 18 de capteurs reliés audit véhicule 16 et un dispositif 20 de traitement électronique des informations fournies par lesdits capteurs.

Le véhicule ferroviaire 16 est de préférence un véhicule de transport, notamment de type train, métro, tramway ou RER. En variante, le véhicule ferroviaire 16 est un véhicule de mesure ou de maintenance, motorisé ou encore déplaçable manuellement.

Le véhicule ferroviaire 16 comprend au moins un chariot 30. Ledit chariot 30 comporte un châssis 32 relié à quatre roues, notamment deux roues avant 34 et deux roues arrière 36. Le véhicule ferroviaire 16 est apte à se déplacer le long de la voie ferrée 11 de sorte que chacune des roues avant 34 roule sur un rail 12 différent et que chacune des roues arrière 36 roule sur un rail 12 différent.

De préférence, les chariots 30 forment au moins un des bogies du véhicule ferroviaire 16, de sorte qu'un même véhicule ferroviaire 16 comprend plusieurs chariots 30.

La figure 1 montre une base orthonormée (X, Y, Z) associée au chariot 30. La direction X représente une direction longitudinale de déplacement du chariot 30, la direction Y représente une direction transversale et la direction Z représente la verticale.

Le chariot 30 comporte en outre au moins un patin de frottement 40, comprenant notamment une surface inférieure 42 sensiblement plane. Le patin de frottement 40 est disposé sous le châssis 32, entre une roue avant 34 et une roue arrière 36. Le chariot 30 comporte en outre au moins une suspension 44 reliant le patin de frottement 40 au châssis 32, de manière à ce que le déplacement du chariot 30 sur la voie ferrée 11 entraîne un glissement de la surface inférieure 42 sur l'un des rails 12.

De préférence, le patin de frottement 40 et la suspension 44 sont sensiblement à égale distance de la roue avant 34 et de la roue arrière 36, de sorte que la direction longitudinale X soit sensiblement tangente au rail 12 au milieu du patin de frottement 40.

De préférence, le chariot 30 comporte au moins deux patins de frottement 40, chacun desdits patins étant disposé à l'aplomb de l'un des rails 12 de la voie ferrée 11.

La figure 2 montre une vue de détail, en coupe, du patin de frottement 40 de la figure 1.

La surface inférieure 42 est disposée selon un plan (X, Y) et est délimitée par un bord 46, de forme sensiblement rectangulaire. A titre indicatif, une longueur de la surface inférieure 42 selon la direction longitudinale X est comprise entre 50 cm et 1,5 m. Ladite longueur est préférentiellement adaptée en fonction de la taille des défauts attendus, notamment de la longueur d'onde des usures ondulatoires. Une largeur de la surface inférieure 42 selon la direction transversale Y est choisie de préférence proche d'une largeur des roues 34, 36.

Le bord 46 est contigu à deux faces frontales 48 et à deux faces latérales 50 du patin de frottement 40. De préférence, les faces frontales 48 et latérales 50 sont sensiblement planes.

Les faces frontales 48 sont disposées à l'avant et à l'arrière du patin de frottement 40, selon la direction longitudinale X. De préférence, les faces frontales 48 sont sensiblement planes et inclinées d'un angle α inférieur à 45° par rapport à l'horizontale. De préférence, les faces latérales 50 sont sensiblement disposées selon des plans (X, Z).

Le bord 46 forme une surface courbe entre la surface inférieure 42 d'une part et les faces frontales 48 et latérales 50 d'autre part. Un rayon de courbure 52 du bord 46 est de préférence compris entre 5 mm et 50 mm.

Le patin de frottement 40 comprend en outre une cavité 54 ménagée dans la surface inférieure 42. La cavité 54 est préférentiellement de forme allongée, s'étendant selon la direction transversale Y. Selon un mode de réalisation, la cavité 54 débouche sur les faces latérales 50. Selon un autre mode de réalisation, la cavité 54 est entièrement contenue dans la surface inférieure 42.

La figure 3 montre une vue de dessous d'un ensemble 118 de capteurs pouvant remplacer l'ensemble 18 dans une variante de réalisation du dispositif des figures 1 et 2. Les ensembles 18 et 118 seront décrits simultanément, les éléments communs étant désignés par les mêmes numéros de référence.

L'ensemble 18, 118 de capteurs comprend notamment un bloc support 60, 160 et des capteurs 62, 64. Le bloc support 60, 160 a une forme sensiblement parallélépipédique et comporte notamment une face inférieure 66.

Les capteurs 62, 64 sont des capteurs de métrologie dimensionnelle, chaque capteur étant apte à générer un signal électrique représentatif d'une distance séparant ledit capteur et le rail 12 correspondant. Les capteurs 62, 64 sont par exemple choisis parmi des capteurs capacitifs, des capteurs optiques et des capteurs inductifs, notamment à courants de Foucault.

Les capteurs 62, 64 sont insérés dans le bloc support 60, 160. Selon un mode de réalisation, au moins un capteur 62 forme une saillie par rapport à la face inférieure 66 dudit bloc support. Selon un mode de réalisation, au moins un capteur 64 affleure la face inférieure 66 dudit bloc support. La position des capteurs par rapport à la face inférieure 66 est notamment choisie en fonction de la nature desdits capteurs, par exemple, pour éviter l'influence des masses métalliques trop proches du point chaud des capteurs sur leur mesure.

Le bloc support 60, 160 est logé dans la cavité 54 du patin de frottement, la face inférieure 66 étant orientée vers le bas de sorte à se trouver en vis-à-vis de la surface supérieure 13 du rail 12. Le bloc support 60, 160 est disposé de sorte à ménager une distance 68 non nulle, entre les capteurs 62, 64 et la surface inférieure 42 du patin de frottement 40. Ladite surface inférieure 42 fournit ainsi un plan de référence commun à tous les capteurs 62, 64.

Ladite distance 68 est choisie la plus petite possible en fonction des caractéristiques des capteurs et de l'usure anticipée de la surface inférieure 42 du patin de frottement 40. Par exemple, pour des capteurs inductifs, la distance 68 est choisie du même ordre de grandeur qu'un diamètre desdits capteurs.

De préférence, l'ensemble 18, 118 de capteurs est configuré de sorte à couvrir la plus grande partie possible de la largeur du rail 12, afin de détecter la plus grande part possible de défauts.

Plus précisément, les capteurs 62, 64 sont de préférence disposés selon au moins un rang 70 de capteurs alignés selon la direction transversale Y. Afin d'augmenter la résolution de la détection, les capteurs sont plus préférentiellement disposés selon plusieurs rangs. Dans les modes de réalisation des figures 2 et 3, les ensembles 18 et 118 comportent trois rangs de capteurs alignés selon la direction transversale Y.

De préférence, les capteurs 62, 64 sont répartis sur la face inférieure 66 selon un maillage régulier 72 (Fig. 3), formé de droites s'étendant selon la direction transversale Y et de droites s'étendant selon une direction 74, inclinée d'un angle β compris entre 45° et 90° par rapport à ladite direction transversale. Une telle disposition permet notamment de minimiser une distance 76 entre deux rangs 70 de capteurs consécutifs et donc d'optimiser le nombre de capteurs sur la face inférieure 66.

Le patin de frottement 40 comprend en outre au moins une rainure de drainage 78 ménagée dans la surface inférieure 42 selon la direction longitudinale X. Ladite rainure de drainage 78 débouche sur la cavité 54 et s'étend de préférence en avant et en arrière de ladite cavité de façon à permettre une opération dans les deux sens de la direction X.

5 Selon une variante au mode de réalisation de la figure 2, le patin de frottement 40 comprend plusieurs cavités 54, réparties selon la direction longitudinale X, chacune des cavités renfermant un ensemble 18, 118 de capteurs.

10 Les figures 4 et 5 montrent des vues schématiques de détail, de face, d'un dispositif de détection 110 similaire au dispositif 10 de la figure 1. Le dispositif 110 correspond à la description ci-dessus du dispositif 10 mais comporte une suspension 144 différente de la suspension 44. Les suspensions 44 et 144 seront décrites simultanément, les éléments communs étant désignés par les mêmes numéros de référence.

15 La suspension 44, 144 est configurée pour exercer sur le patin de frottement 40 un effort vertical dirigé vers le rail 12, soit vers le bas, tout en limitant la course vers le bas dudit patin afin de l'empêcher de descendre sous le plan de la voie. Par ailleurs, la suspension 44, 144 comprend des moyens de rappel élastique afin d'absorber les mouvements verticaux du patin qui peuvent être causés par des irrégularités de la voie ferrée 11 ou par le passage sur des appareils de voie.

20 Dans le mode de réalisation de la figure 1, la suspension 44 est configurée de sorte que le patin de frottement 40 est fixe par rapport au châssis 32 dans la direction transversale Y. De préférence, ce positionnement est tel qu'en vue de face, le patin est totalement dans l'ombre des roues 34, 36. Dans cette réalisation, il est préférable que l'entraxe des roues 34, 36 soit réduit afin de limiter le déplacement de l'axe du patin de frottement 40 par rapport à la tangente au rail 12 correspondant.

25 Dans le mode de réalisation des figures 4 et 5, la suspension 144 comporte un dispositif 80 d'asservissement de la position du patin 40 au-dessus du rail 12. Le dispositif d'asservissement 80 n'est pas visible sur la figure 5. Les figures 4 et 5 montrent respectivement deux configurations différentes du dispositif de détection 110, selon la position transversale de la roue arrière 36 par rapport au rail 12.

30 Le dispositif d'asservissement 80, représenté sur la figure 4, comporte un détecteur 81, un organe de translation 82 et un module électronique d'asservissement 83.

35 Le détecteur 81 est apte à détecter la position du patin par rapport au rail dans la direction transversale Y. Le détecteur 81 est par exemple un capteur de métrologie dimensionnelle analogue aux capteurs 62, 64. Le détecteur 81 est de préférence disposé dans un puits débouchant à la surface inférieure 42 du patin de frottement 40.

L'organe de translation 82 est apte à déplacer le patin de frottement 40 par rapport au châssis 32 dans la direction transversale Y. L'organe de translation 82 comporte par exemple un moteur électrique et une vis sans fin engagée dans un jeu d'engrenages relié au patin.

5 Le module électronique d'asservissement 83 est apte à interpréter les données issues du détecteur 81 pour commander l'organe de translation 82 afin que le patin de frottement 40 conserve une même position par rapport au bord interne 14 du rail 12 dans la direction transversale Y. Ladite position est choisie de sorte à optimiser la position des capteurs 62, 64 par rapport à la surface supérieure 13 dudit rail 12. De préférence, ladite
10 position implique que tous les capteurs 62, 64 d'au moins un ensemble 18, 118 porté par le patin 40 soient à la verticale de ladite surface supérieure 13.

De préférence, la course du patin 40 autorisée par l'organe de translation 82 est limitée de sorte que ledit patin ne puisse pas former de saillie par rapport à une face interne 84 des roues 34, 36, c'est-à-dire une face des roues orientée vers l'intérieur de la
15 voie ferrée 11. Comme sur la figure 5, le patin 40 est de préférence autorisé à dépasser la face externe 85 des roues 34, 36, opposée à la face interne. Ce dépassement est toutefois contenu dans la limite autorisée par le gabarit défini par la norme UIC 505-1.

Le mode de réalisation des figures 4 et 5 nécessite un appareillage supplémentaire pour le dispositif d'asservissement 80 mais il permet en contrepartie
20 d'économiser sur le nombre de capteurs 62, 64 car ces derniers sont maintenus en totalité au-dessus du rail.

Le dispositif de traitement 20 est représenté schématiquement à la figure 6. Le dispositif de traitement 20 comporte au moins un dispositif embarqué 86, solidaire du véhicule ferroviaire 16, et un dispositif au sol 87. Un même dispositif embarqué 86 est
25 relié à un ou plusieurs patins de frottement 40. Le nombre de dispositifs embarqués 86 dans un même véhicule ferroviaire 16 dépendra donc du nombre de patins de frottement 40 et de la capacité du dispositif embarqué 86.

Le dispositif embarqué 86 comporte un détecteur électronique 88 de coordonnées spatiales du véhicule ferroviaire 16 permettant de connaître les coordonnées spatiales
30 des centres du (des) chariot(s) 30 géré(s) par ledit dispositif embarqué 86. Lesdites coordonnées spatiales sont, par exemple, la longitude et la latitude du détecteur 88, qui est préférentiellement relié à un système de type GPS. Le détecteur 88 est de préférence disposé à proximité d'au moins un ensemble 18, 118 de capteurs. Le détecteur électronique 88 est également apte à mesurer la vitesse longitudinale du (des) chariot(s)
35 30.

Chaque dispositif embarqué 86 comporte en outre au moins un contrôleur embarqué 89. Le contrôleur embarqué 89 comporte un processeur 90 qui mémorise un programme 91. Le contrôleur embarqué 89 est muni de moyens de communication avec le détecteur 88 de coordonnées spatiales, avec les capteurs 62, 64 d'au moins un ensemble 18, 118 solidaire du chariot 30, et avec le dispositif d'asservissement 80 le cas échéant.

Le dispositif au sol 87 comporte un ordinateur central 92 tel qu'un ordinateur. Le ordinateur central 92 comprend un processeur 93, une interface homme-machine 94 telle qu'un clavier et une unité d'affichage 95 telle qu'un écran. Le processeur 93 mémorise un programme 96. Dans un mode de réalisation, le dispositif au sol 87 comporte en outre une mémoire de données 97, apte à enregistrer les données collectées sur une durée définie.

Le dispositif au sol 87 comporte en outre des moyens de communication, par exemple par ondes radio, avec le(s) dispositif(s) embarqué(s) 86 du véhicule 16.

Un procédé de fonctionnement du dispositif de détection 10, 110 va maintenant être décrit. Ledit procédé est schématiquement représenté par un logigramme à la figure 7.

On considère que pour chaque ensemble 18, 118 de capteurs, chacun des capteurs 62, 64 correspond à un identifiant C_n dans le programme 91 du dispositif embarqué 86 relié audit ensemble 18, 118. Chaque identifiant C_n est rattaché à une position du capteur correspondant sur la face interne 66 du bloc support 60, 160.

Tout d'abord, le véhicule ferroviaire 16 se déplace sur la voie ferrée 11. Le ou chaque patin de frottement 40 du ou de chaque chariot 30 glisse le long du rail 12 correspondant.

La suspension 44, 144 facilite au patin 40 le franchissement des appareils de voie. De même, la forme recourbée du bord 46 de la surface inférieure 42 permet de réduire les chocs subis à l'abord des irrégularités de la voie, de tels chocs pouvant perturber les mesures effectuées par les capteurs 62, 64.

En fonction de la technologie utilisée, ces mesures peuvent également être sensibles aux conditions climatiques telles que l'humidité. Durant le déplacement du patin 40, les rainures de drainage 78 contribuent à éviter l'accumulation d'eau dans la cavité 54.

Au cours dudit déplacement, les capteurs 62, 64 du ou de chaque ensemble 18, 118 fournissent au dispositif embarqué 86 des informations sur une distance $d_{n,i}$ de chaque capteur C_n par rapport à la surface supérieure 13 du rail 12, à chaque instant t_i (étape 200).

Dans le cas du dispositif 10 précédemment décrit, comprenant une suspension 44, la position de l'ensemble 18, 118 de capteurs peut varier par rapport aux bords interne 14 et externe 15 du rail 12. De préférence, l'ensemble 18, 118 est suffisamment étendu dans la direction transversale Y pour que les capteurs 62, 64 détectent la position d'au moins l'un des bords interne 14 et externe 15. En particulier, les capteurs situés au-dessus du vide, donc à l'écart du rail 12, envoient un signal saturé au calculateur embarqué 89. La position des irrégularités de la surface supérieure 13 par rapport aux bords 14, 15 du rail est une information qui contribue à caractériser le type de défaut en cause.

Dans le cas du dispositif 110 précédemment décrit, comprenant une suspension 144, la position de l'ensemble 18, 118 de capteurs est en principe fixe par rapport aux bords du rail. La détection d'au moins un desdits bords peut toutefois être effectuée à titre de confirmation.

Simultanément aux mesures effectuées par les capteurs 62, 64, le détecteur électronique 88 du ou de chaque dispositif embarqué 86 détermine les coordonnées spatiales du ou de chaque chariot 30 à plusieurs instants t_i successifs (étape 202).

Le détecteur électronique 88 mesure également la vitesse du chariot 30 à chaque instant t_i , ce qui permet au programme 91 de convertir en décalage temporel la distance 76 entre deux rangs 70 de capteurs. Les mesures des différents rangs de capteurs d'un même ensemble 18, 118 sont ainsi synchronisées, de manière à former virtuellement un seul alignement transversal à forte densité de capteurs C_n .

Les coordonnées spatiales du chariot 30 à plusieurs instants t_i , combinées aux distances $d_{n,i}$ mesurées par les capteurs C_n , permet de définir (étape 204) une représentation spatiale R de la (des) surface(s) supérieure(s) 13 sur laquelle s'est déplacé le véhicule ferroviaire 16. La représentation spatiale R est définie par le programme 91 du ou de chaque dispositif embarqué 86 et/ou par le programme 96 du dispositif au sol 87.

Préférentiellement, le dispositif de détection 10, 110 offre un ou plusieurs niveaux de redondance permettant d'affiner ladite représentation spatiale R. Un premier niveau peut être obtenu par le dispositif embarqué 86 ou par le dispositif au sol 87 dans le cas où un même patin de frottement 40 loge plusieurs ensembles 18, 118 de capteurs, reliés à un même dispositif embarqué 86.

Un deuxième niveau de redondance est obtenu par le dispositif au sol 87, dans le cas où le véhicule ferroviaire 16 comporte plusieurs chariots 30, chacun desdits chariots étant équipé d'un dispositif embarqué 86 relié au dispositif au sol 87.

Un troisième niveau de redondance est obtenu par le dispositif au sol 87 dans le cas où plusieurs véhicules ferroviaires 16 se déplacent sur la voie ferrée 11 ou dans le cas où un même véhicule ferroviaire 16 effectue le même trajet plusieurs fois de suite.

La représentation spatiale R est ensuite analysée (étape 206) de manière à détecter les défauts de la (des) surface(s) supérieure(s) 13. Cette étape d'analyse est effectuée par le programme 91 du ou de chaque dispositif embarqué 86 et/ou par le programme 96 du dispositif au sol 87.

5 A titre d'exemple, l'étape d'analyse 206 comporte les opérations suivantes :

- pour chaque ensemble 18, 118 de capteurs, calculer un profil transversal de référence P_r de la surface supérieure 13. Le profil P_r est calculé en effectuant la moyenne des distances $d_{n,i}$ mesurées par les capteurs C_n sur une plage d'instant t_i successifs. Cette opération permet de définir, pour chaque capteur d'un ensemble 18, 118, un niveau
10 de référence relatif à la section de rail en cours de parcours et donne également une indication sur l'usure de la (des) surface(s) supérieure(s) 13 du rail ;

- pour chaque ensemble 18, 118, mémoriser des fenêtres de signal correspondant chacune à une distance d'examen différente, en vue d'identifier des défauts différents. Par exemple, une fenêtre « longue » de 5 m de longueur contiendra suffisamment
15 d'informations pour identifier des défauts longs de type usure ondulatoire. Une fenêtre « moyenne » de 0,5 m de longueur contiendra suffisamment d'informations pour identifier des défauts de congé de type délaminage. Une fenêtre « courte » de 0,1 à 0,2m de longueur contiendra suffisamment d'informations pour identifier des défauts locaux tels que les squats et les shellings ;

- pour chaque fenêtre, calculer une somme quadratique des écarts au profil de référence P_r et comparer ces sommes à des valeurs témoin représentatives du bruit qui peut être rencontré sur les rails. Tout résultat supérieur à une valeur témoin déclenchera
20 une analyse de défaut ;

- pour la fenêtre à analyser, extraire des mesures les paramètres pertinents pour
25 la fenêtre en question. Pour la fenêtre longue, il peut s'agir des fréquences spatiales des mesures pour lesquelles un maximum local est trouvé dans le spectre de puissance spectrale du signal du capteur le plus proche du centre de la file de rail. Pour la fenêtre moyenne et la fenêtre courte, il peut s'agir du contour de la zone pour laquelle l'écart au profil de référence dépasse deux ou trois écarts-types ;

- comparer les paramètres ainsi extraits à des données de référence, mémorisées
30 préférentiellement dans le calculateur central 92, afin de déterminer le type de défaut. Ladite opération de comparaison est de préférence assortie d'une probabilité exprimant la confiance à placer dans l'identification du défaut. Les paramètres ainsi extraits permettent en outre de déterminer l'extension, la profondeur et d'autres caractéristiques dudit défaut.

35 Dans le cas où le dispositif comporte une mémoire de données 97, lors d'une étape optionnelle 209, les nouvelles données relatives aux défauts détectés font l'objet

d'une analyse de comparaison par rapport aux données précédemment stockées dans la mémoire de données 97. Cette comparaison aboutit à un suivi de l'évolution du défaut concerné.

5 Pour chaque défaut détecté, une alerte est ensuite générée (étape 208), cette dernière se traduisant par un message textuel et/ou graphique sur l'unité d'affichage 95 du calculateur central 92. Par exemple, l'unité d'affichage affiche une carte du réseau ferroviaire en signalant en temps réel, par un code couleur, les différents défauts et leurs emplacements sur le réseau. Une équipe de maintenance peut ainsi être envoyée rapidement aux endroits concernés.

10 Les différents niveaux de redondance permettent de confirmer la détection de défauts afin de limiter le nombre de faux positifs. Cela permet de déployer de manière optimale les équipes de maintenance sur le réseau.

REVENDICATIONS

1.- Dispositif (10, 110) de détection de défauts d'un rail (12), comprenant :

5 - au moins un ensemble (18, 118) de capteurs (62, 64), chacun desdits capteurs étant apte à générer un signal électrique représentatif d'une distance ($d_{n,i}$) séparant ledit capteur et le rail,

- au moins un véhicule ferroviaire (16) apte à se déplacer le long du rail ;

10 l'ensemble de capteurs étant assemblé au véhicule ferroviaire ; le véhicule ferroviaire étant configuré pour reposer sur le rail de sorte que lesdits capteurs soient disposés en regard et à distance dudit rail ;

le dispositif étant caractérisé en ce qu'il comporte un patin de frottement (40) comprenant une surface inférieure (42) sensiblement plane,

15 ledit patin de frottement étant assemblé (44, 144) au véhicule ferroviaire de manière à ce que le déplacement dudit véhicule le long du rail entraîne un glissement sur ledit rail de ladite surface inférieure, selon une direction longitudinale (X) dudit patin de frottement ;

le patin de frottement comprenant en outre au moins une cavité (54) ménagée dans la surface inférieure, l'au moins un ensemble (18, 118) de capteurs étant logé dans ladite cavité.

20 2.- Dispositif de détection selon la revendication 1, dans lequel l'au moins un ensemble de capteurs comporte au moins un rang (70) de capteurs alignés selon une direction transversale (Y), perpendiculaire à la direction longitudinale du patin de frottement (40).

25 3.- Dispositif de détection selon la revendication 1 ou la revendication 2, dans lequel l'au moins un ensemble de capteurs comporte plusieurs rangs (70), chaque rang étant formé de capteurs (62, 64) alignés selon une direction transversale (Y) perpendiculaire à la direction longitudinale du patin de frottement (40).

30 4.- Dispositif de détection selon la revendication 3, dans lequel les capteurs (62, 64) de l'au moins un ensemble (18, 118) sont disposés selon un maillage régulier (72), formé de droites s'étendant selon la direction transversale (Y) et de droites s'étendant selon une direction (74) inclinée d'un angle (β) par rapport à ladite direction transversale, ledit angle (β) étant préférentiellement compris entre 45° et 90°.

35

5.- Dispositif de détection selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le patin de frottement comprend en outre au moins une rainure (78) ménagée dans la surface inférieure (42) selon la direction longitudinale (X), l'au moins une rainure débouchant sur l'au moins une cavité (54).

5

6.- Dispositif de détection (110) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le patin de frottement est assemblé au véhicule ferroviaire par une suspension (44) munie de moyens de maintien fixes d'une position transversale constante d'au moins un ensemble (18, 118) de capteurs par rapport au chariot (30).

10

7.- Dispositif de détection (110) selon l'une des revendications 1 à 5, dans lequel le patin de frottement est assemblé au véhicule ferroviaire par une suspension (144) munie de moyens de maintien par asservissement (80) d'une position transversale constante de l'au moins un ensemble (18, 118) de capteurs par rapport à un bord (14, 15) du rail.

15

8.- Dispositif de détection selon l'une des revendications précédentes, comprenant en outre un dispositif (20) de traitement électronique d'informations fournies par les capteurs (62, 64), ledit dispositif comprenant au moins un détecteur électronique (88) de coordonnées spatiales et au moins un contrôleur embarqué (89), ledit détecteur électronique et ledit contrôleur embarqué étant solidaires du véhicule ferroviaire (16), ledit contrôleur embarqué (89) étant connecté au détecteur électronique (88) et à l'ensemble (18, 118) de capteurs.

20

9.- Dispositif de détection selon la revendication 7, dans lequel le dispositif de traitement (20) comporte plusieurs contrôleurs embarqués (89) solidaires d'un même véhicule ferroviaire (16) ou de plusieurs véhicules ferroviaires différents, chaque contrôleur embarqué (89) étant connecté à un ensemble (18, 118) de capteurs, le dispositif de traitement (20) comprenant en outre un calculateur centralisé (92) muni de moyens de communication avec chacun des calculateurs embarqués.

25

30

10.- Procédé de fonctionnement d'un dispositif de détection selon l'une des revendications précédentes, ledit procédé comportant les étapes suivantes :

- déplacement du véhicule ferroviaire (16) le long du rail ;
- au cours dudit déplacement, mesure (200) d'une distance entre les capteurs (62, 64) de l'au moins un ensemble (18, 118) et une surface supérieure (13) du

35

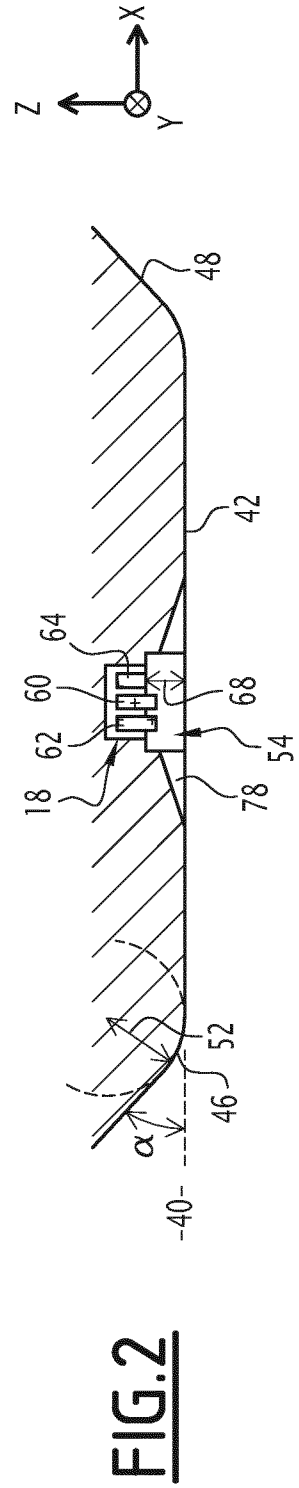
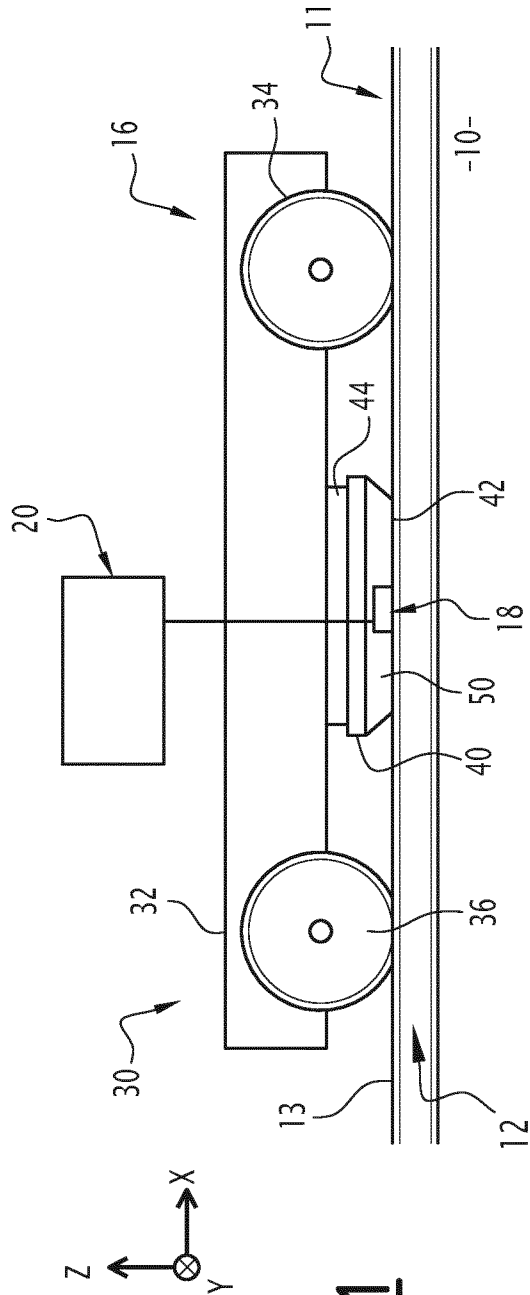
rail ; et détection simultanée (202) des coordonnées spatiales et de la vitesse du véhicule ; puis

- élaboration (204) d'une première représentation spatiale (R) de la surface supérieure (13) du rail ; puis
- 5 - comparaison (206) de ladite première représentation spatiale avec des représentations de référence afin d'identifier des défauts de la surface supérieure (13) ; puis
- génération d'une alerte (208) en cas de défaut identifié.

10 11.- Procédé selon la revendication 10, comprenant en outre une étape (209) de comparaison de la première représentation spatiale (R) avec une seconde représentation spatiale précédemment mémorisée dans une mémoire de données (97), de sorte à conduire à un suivi de l'évolution des défauts de la surface supérieure (13).

15 12.- Procédé selon l'une des revendications 10 ou 11, dans lequel les représentations de référence comprennent plusieurs types de défauts associés à des caractéristiques spatiales et dans lequel l'étape (206) de comparaison comprend la détermination de fenêtres d'analyse correspondant auxdites caractéristiques spatiales.

20



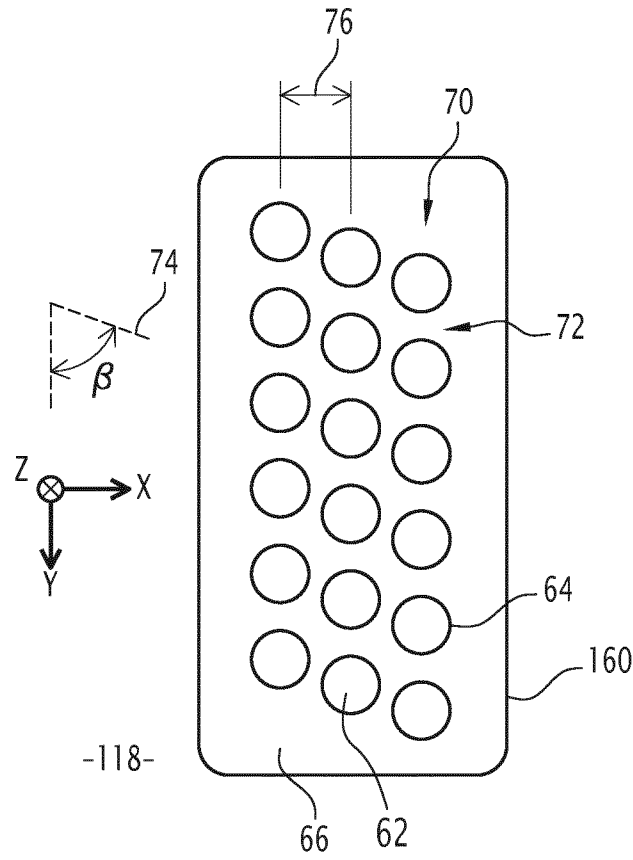


FIG. 3

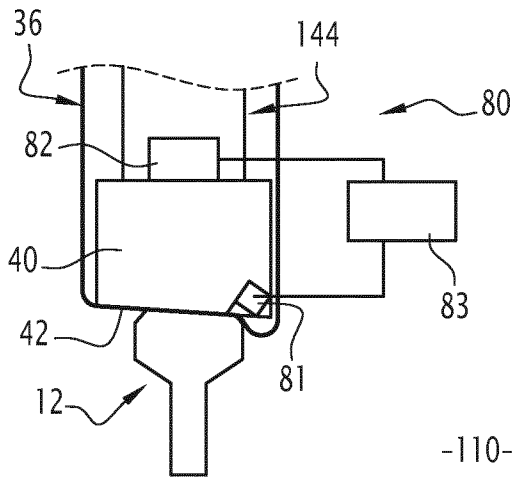


FIG. 4

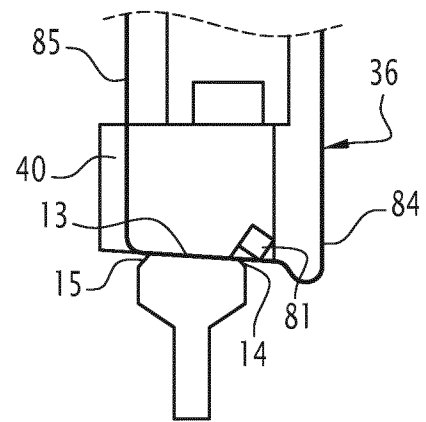


FIG. 5

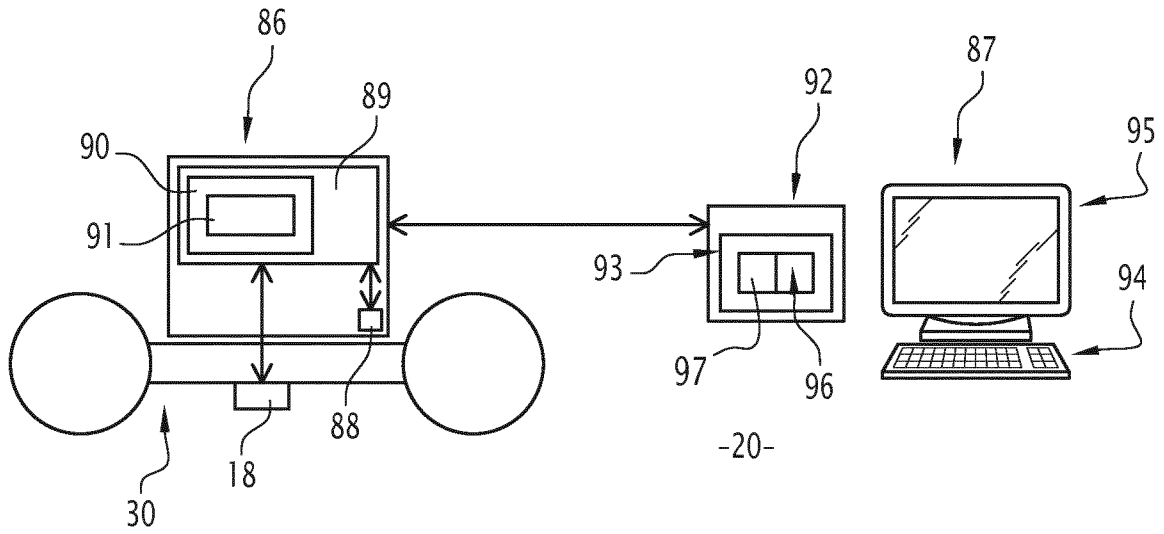


FIG. 6

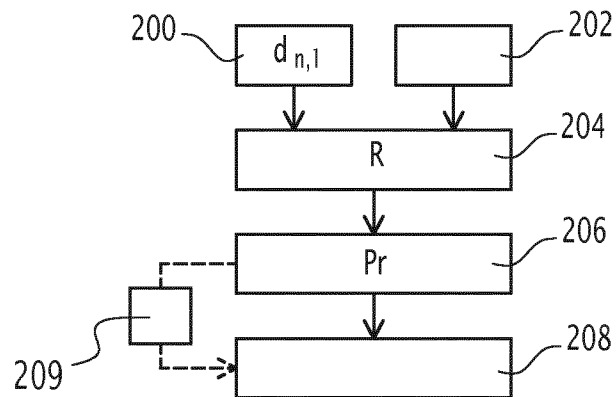


FIG. 7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2018/057815

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. B61K9/08
ADD.
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
B61K E01B
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 235 602 A2 (SCHEUCHZER FILS AUGUSTE [CH]) 9 September 1987 (1987-09-09) Column 4, lines 1-12; Column 4, lines 42-45; column 3, lines 1-8.; figures 1,3	1-12
A	FR 2 341 701 A1 (SPENO INTERNATIONAL [CH]) 16 September 1977 (1977-09-16) figure 1	1
A	DE 10 2012 106102 B3 (SCHERF WILFRIED [DE]; LUDDENEIT MICHAEL [DE]) 19 December 2013 (2013-12-19) figure 5	1,10

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

18 April 2018

Date of mailing of the international search report

05/07/2018

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Lorandi, Lorenzo

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No PCT/EP2018/057815

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0235602	A2	09-09-1987	AT 60383 T 15-02-1991
			CA 1268340 A 01-05-1990
			DD 254749 A5 09-03-1988
			DE 3767505 D1 28-02-1991
			EP 0235602 A2 09-09-1987
			JP S62211402 A 17-09-1987
			US 4785589 A 22-11-1988
			YU 11987 A 31-12-1990

FR 2341701	A1	16-09-1977	AR 222002 A1 15-04-1981
			AT 356164 B 10-04-1980
			AU 499975 B2 10-05-1979
			BE 846061 A 31-12-1976
			BR 7700824 A 18-10-1977
			CA 1039953 A 10-10-1978
			CH 606616 A5 15-11-1978
			DE 2701216 A1 25-08-1977
			DK 67877 A 19-08-1977
			ES 451779 A1 16-08-1977
			FI 763356 A 19-08-1977
			FR 2341701 A1 16-09-1977
			GB 1558843 A 09-01-1980
			IT 1117831 B 24-02-1986
			JP S6030802 B2 18-07-1985
			JP S52100693 A 23-08-1977
			NL 7700429 A 22-08-1977
			NO 770531 A 19-08-1977
			PT 65770 A 01-11-1976
			SE 432624 B 09-04-1984
			US 4115857 A 19-09-1978
YU 43677 A 21-01-1983			
ZA 7606277 B 28-09-1977			

DE 102012106102	B3	19-12-2013	DE 102012106102 B3 19-12-2013
			EP 2870429 A1 13-05-2015
			TW 201404639 A 01-02-2014
			WO 2014005582 A1 09-01-2014

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2018/057815

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. B61K9/08 ADD.		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE		
Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) B61K E01B		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	EP 0 235 602 A2 (SCHEUCHZER FILS AUGUSTE [CH]) 9 septembre 1987 (1987-09-09) Column 4, lines 1-12; Column 4, lines 42-45; column 3, lines 1-8.; figures 1,3 -----	1-12
A	FR 2 341 701 A1 (SPENO INTERNATIONAL [CH]) 16 septembre 1977 (1977-09-16) figure 1 -----	1
A	DE 10 2012 106102 B3 (SCHERF WILFRIED [DE]; LUDDENEIT MICHAEL [DE]) 19 décembre 2013 (2013-12-19) figure 5 -----	1,10
<input type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents <input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe		
* Catégories spéciales de documents cités:		
"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée	"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets	
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée 18 avril 2018		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 05/07/2018
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé Lorandi, Lorenzo

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2018/057815

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 0235602	A2	09-09-1987	AT 60383 T 15-02-1991
			CA 1268340 A 01-05-1990
			DD 254749 A5 09-03-1988
			DE 3767505 D1 28-02-1991
			EP 0235602 A2 09-09-1987
			JP S62211402 A 17-09-1987
			US 4785589 A 22-11-1988
			YU 11987 A 31-12-1990

FR 2341701	A1	16-09-1977	AR 222002 A1 15-04-1981
			AT 356164 B 10-04-1980
			AU 499975 B2 10-05-1979
			BE 846061 A 31-12-1976
			BR 7700824 A 18-10-1977
			CA 1039953 A 10-10-1978
			CH 606616 A5 15-11-1978
			DE 2701216 A1 25-08-1977
			DK 67877 A 19-08-1977
			ES 451779 A1 16-08-1977
			FI 763356 A 19-08-1977
			FR 2341701 A1 16-09-1977
			GB 1558843 A 09-01-1980
			IT 1117831 B 24-02-1986
			JP S6030802 B2 18-07-1985
			JP S52100693 A 23-08-1977
			NL 7700429 A 22-08-1977
			NO 770531 A 19-08-1977
			PT 65770 A 01-11-1976
			SE 432624 B 09-04-1984
			US 4115857 A 19-09-1978
YU 43677 A 21-01-1983			
ZA 7606277 B 28-09-1977			

DE 102012106102	B3	19-12-2013	DE 102012106102 B3 19-12-2013
			EP 2870429 A1 13-05-2015
			TW 201404639 A 01-02-2014
			WO 2014005582 A1 09-01-2014
