



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
11.05.2022 Bulletin 2022/19

(51) Classification Internationale des Brevets (IPC):
E01B 35/00 (2006.01) **E01B 35/02** (2006.01)
E01B 1/00 (2006.01) **E01B 29/32** (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **21207231.8**

(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):
E01B 35/00; E01B 1/004; E01B 29/32; E01B 35/02

(22) Date de dépôt: **09.11.2021**

(84) Etats contractants désignés:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Etats d'extension désignés:
BA ME
Etats de validation désignés:
KH MA MD TN

(72) Inventeurs:
• **MEDINA-PINEDA, David**
92600 ASNIERES SUR SEINE (FR)
• **LAHRECH, Mounira**
93400 SAINT OUEN SUR SEINE (FR)
• **HERMOSILLA, Fabian**
93100 MONTREUIL (FR)
• **PREVOST, Gérard**
59320 HAUBOURDIN (FR)

(30) Priorité: **10.11.2020 FR 2011518**

(74) Mandataire: **Lavoix**
2, place d'Estienne d'Orves
75441 Paris Cedex 09 (FR)

(71) Demandeur: **ALSTOM Transport Technologies**
93400 Saint-Ouen-sur Seine (FR)

(54) **ENSEMBLE D'AJUSTEMENT DES RAILS D'UNE VOIE FERRÉE À RÉALISER ET PROCÉDÉ ASSOCIÉ**

(57) Cet ensemble comporte au moins un chariot (1) de détermination d'un plan de calage, qui est mobile le long d'une section de la voie ferrée munie d'une pluralité d'embases (8a, 8b) de réception des rails, et comporte : un châssis (25) automobile ; des moyens de positionnement (31, 32, 33) de mesure d'une position absolue du châssis (25) ; et des moyens de détection (41a, 41b) de détermination d'une position relative, par rapport au

châssis (25), de chaque embase de la section de voie, l'ensemble comportant, en outre, des moyens de calcul (35) programmés pour établir un plan de calage de la section de voie à partir d'un plan de voie de la voie ferrée à réaliser et des positions absolues de chaque embase, la position absolue d'une embase étant déterminée à partir de la position relative de ladite embase et de la position absolue du châssis.

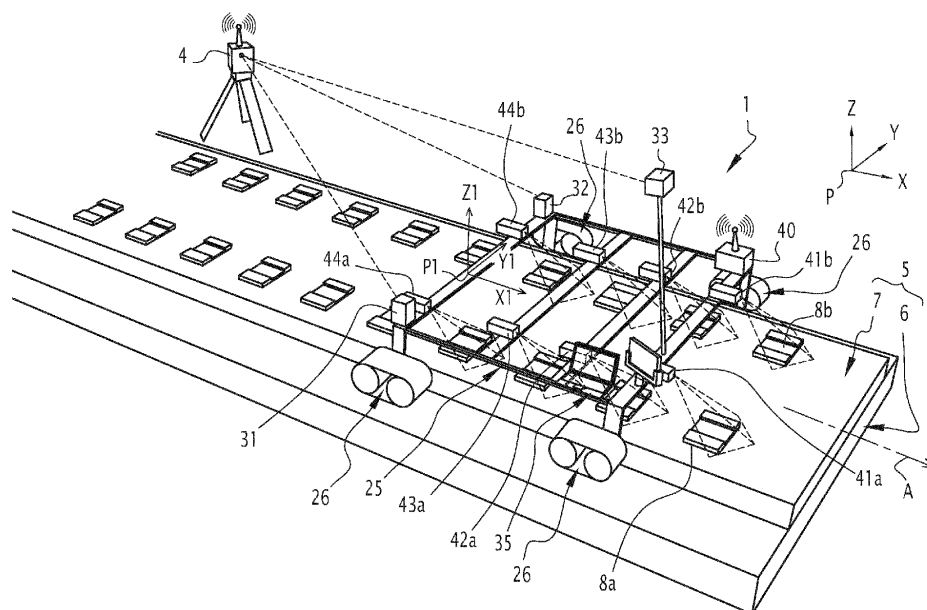


FIG.3

Description

[0001] L'invention a pour domaine celui des procédés d'ajustement de la position des rails lors de la réalisation d'une voie ferrée.

[0002] De manière générale, la réalisation d'une voie ferrée, par exemple pour une ligne de métro, consiste, dans un premier temps, à établir un plan de voie de la voie à réaliser. Ce plan de voie est réalisé en bureau d'études. Il comporte notamment le tracé de la voie, c'est-à-dire le profil vertical et horizontal des bandes de roulement de chacune des files de rails constitutives de la voie ferrée.

[0003] Dans un second temps, sur site, par exemple pour une voie ferrée du type sans ballast, une dalle de support de voie est d'abord coulée. Par exemple, une dalle de fondation, de préférence ferraillée, est coulée dans une tranchée préparée à cet effet, puis, sur cette dalle de fondation, est coulé un radier en béton, qui constitue le support proprement dit de la voie.

[0004] Différentes manières de fixer les rails sur le radier sont envisageables. Dans un mode de réalisation préféré, les rails sont fixés sur le radier au moyen de systèmes de fixation comportant une semelle et une paire d'attaches. Le procédé de réalisation de la voie comporte alors une étape consistant à implanter ces semelles. Avantageusement, cette étape est réalisée automatiquement au moyen d'une machine dédiée, telle que celle décrite dans le brevet EP 1 178 153 B1, permettant le placement en position des semelles dans le béton encore frais du radier.

[0005] Les rails sont ensuite placés sur les semelles en les calant au moyen de cales adaptées pour que la bande de roulement du rail corresponde à ce qui est indiqué par le plan de voie (à une tolérance près). La bande de roulement correspond à la ligne de contact entre la roue métallique d'un véhicule ferroviaire (par exemple un métro) et la partie supérieure du rail, aussi dénommée champignon.

[0006] Finalement, les rails sont solidarisés aux semelles par les attaches des systèmes de fixation. Une attache vient prendre appui sur une face supérieure de la partie inférieure du rail, aussi dénommée patin du rail, et est solidarisé à la semelle par des tirants, avantageusement pris dans le béton.

[0007] Une semelle constitue ainsi un moyen de réception du rail. Elle comporte une rainure sensiblement rectangulaire sur le fond de laquelle vient prendre appui le patin du rail (éventuellement indirectement en cas d'interposition d'une cale).

[0008] Plus spécifiquement, la procédure de calage consiste à interposer des cales entre le patin du rail et la semelle. On utilise des cales verticales, qui sont interposées entre le fond de la rainure de la semelle et la surface inférieure du patin afin de régler la position verticale de la bande de roulement du rail. On utilise des cales horizontales, qui sont disposées de part et d'autre du patin du rail, entre les faces latérales de la rainure de la semelle

et le patin afin de régler la position horizontale de la bande de roulement du rail.

[0009] On utilise une cale horizontale intérieure entre le patin et la face de la rainure du côté intérieur de la voie et une cale horizontale extérieure entre le patin et la face de la rainure du côté extérieur de la voie. Il est à noter que la somme des largeurs des cales horizontales intérieure et extérieure est constante et correspond à la différence entre la largeur de la rainure de la semelle et la largeur du patin du rail. Ainsi, connaître la largeur d'une des cales horizontales permet de connaître la largeur de l'autre cale horizontale.

[0010] Une cale est réalisée en un matériau polymère, légèrement déformable pour pouvoir absorber une différence d'alignement entre le rail et la semelle. Si autrefois les cales étaient colorées en fonction de leur épaisseur pour aider l'opérateur au cours de leur positionnement sur les semelles, ceci a été abandonné pour des raisons de coût. Les cales sont noires quelle que soit leur épaisseur.

[0011] Selon l'état de la technique, la procédure de calage du rail consiste d'abord à relever la position réelle de chacune des semelles. Pour ce faire, un dioptré réflecteur monté sur une base complémentaire de la rainure des semelles est placé avec précision sur une semelle dont on cherche à mesurer la position. Cette position est alors mesurée au moyen d'une station totale, qui est positionnée le long de la voie. La position mesurée est stockée dans une base de données de position des semelles.

[0012] Une fois que les positions des semelles ont été mesurées, de retour en bureau d'études, un plan de calage est élaboré à partir du plan de voie et des positions réelles des semelles. Le plan de calage indique, pour chaque semelle, l'épaisseur de la cale verticale et la largeur de chacune des cales horizontales qui doivent être utilisées pour ajuster la position du rail.

[0013] Enfin, de retour sur site, un opérateur parcourt la voie et, pour chaque semelle, identifie la semelle considérée, lit le plan de calage pour connaître les caractéristiques des cales horizontales et verticale à placer sur cette semelle, sélectionne les cales appropriées dans un bac, et finalement pré-positionne les cales sélectionnées sur la semelle avant de passer à la semelle suivante le long de la voie.

[0014] Lors de la phase de fixation du rail sur les semelles, pour chaque semelle, les cales sont proprement disposées sous le patin et de part et d'autre de celui-ci par un opérateur. Puis, les attaches sont fixées aux semelles, pour maintenir le rail en position.

[0015] Le procédé de calage selon l'état de la technique passe par la réalisation de tâches manifestement fastidieuses pour un opérateur, notamment celles consistant, sur le site et dans des conditions parfois difficiles, à identifier une semelle, lire le plan de calage pour la semelle identifiée, sélectionner le bon ensemble de cales et les pré-positionner correctement sur cette semelle.

[0016] La difficulté de ces tâches est à l'origine de nom-

breuses erreurs de calage et par conséquent à la réalisation d'une voie ferrée qui ne respecte pas les spécifications du plan de voie, à moins que des tolérances élevées n'aient été permises dès l'établissement de ce plan de voie pour prévenir les conséquences de telles erreurs.

[0017] De la même manière, la tâche de mesurer la position d'implantation de chaque semelle est difficile. Elle est la source de nombreuses erreurs de mesure. Celles-ci sont particulièrement préjudiciables puisqu'elles conduisent à un plan de calage erroné.

[0018] Le but de la présente invention est de résoudre ce problème.

[0019] Pour cela l'invention a pour objet en ensemble d'ajustement des rails d'une voie ferrée à réaliser, caractérisé en ce qu'il comporte un premier chariot de détermination d'un plan de calage, le premier chariot étant mobile le long d'une section de la voie ferrée, ladite section étant munie d'une pluralité d'embases de réception des patins des rails, le premier chariot comportant : un premier châssis, qui est automobile ; des premiers moyens de positionnement du premier chariot, qui permettent de mesurer une position absolue du premier châssis ; et, des moyens de détection des embases, qui permettent de déterminer une position relative, par rapport au premier châssis, de chaque embase de la section de voie, l'ensemble comportant, en outre, des premiers moyens de calcul programmés pour établir un plan de calage de la section de voie à partir d'un plan de voie de la voie ferrée à réaliser et des positions absolues de chaque embase de la section de voie, la position absolue d'une embase étant déterminée à partir de la position relative de ladite embase et de la position absolue du châssis.

[0020] Suivant des modes particuliers de réalisation, l'ensemble comporte une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prises isolément ou suivant toutes les combinaisons techniquement possibles :

- les moyens de détection du premier chariot comportent au moins un scanner, ledit scanner étant conçu pour effectuer un relevé tridimensionnel d'une embase observée, et les premiers moyens de calculs étant propres à comparer le relevé tridimensionnel réalisé avec un modèle tridimensionnel d'une embase, de manière à déterminer la position relative de l'embase par rapport au châssis du premier chariot.
- le premier chariot comporte un plateau mobile, propre à être déplacé par rapport au châssis, les moyens de détection étant fixés sur le plateau mobile, et la détermination de la position absolue d'une embase étant effectuée en tenant compte de la position relative du plateau mobile par rapport au châssis du premier chariot.
- les moyens de positionnement du premier chariot sont constitués par une pluralité de dioptries positionnés sur le châssis du premier chariot, de manière à ce qu'une station totale positionnée le long de la

section de voie puisse mesurer une position absolue du châssis du premier chariot et transmettre la position absolue ainsi mesurée aux premiers moyens de calcul.

- 5 - la mesure de la position relative d'une embase consiste à mesurer six coordonnées correspondant à la localisation relative d'un point de référence de l'embase et à l'orientation relative d'un trièdre de référence associé à l'embase, le plan de calage étant déterminé en tenant compte des six coordonnées de la position relative de chaque embase.
- 10 - L'ensemble comporte un deuxième chariot de prépositionnement de cales sur les embases de réception des rails d'une section de voie, en fonction d'un plan de calage pour ladite section de voie déterminé au moyen des premiers moyens de calcul, le deuxième chariot comportant : un second châssis, qui est automobile ; des seconds moyens de positionnement du deuxième chariot, qui permettent de mesurer une position absolue du second châssis ; un réservoir, qui contient une pluralité de cales, horizontales et/ou verticales, d'épaisseurs différentes ; et, des moyens d'amenée, propres à sélectionner une cale adaptée dans le réservoir et à la déposer sur l'embase au-dessus de laquelle se trouve le deuxième chariot, l'ensemble comportant, en outre, des deuxièmes moyens de calcul propres à lire le plan de calage en tenant compte de la position absolue du second châssis et à commander les moyens d'amenée en indiquant la cale à sélectionner.
- 20 - le réservoir est constitué d'une pluralité de compartiments et le moyen d'amenée est constitué par : une pluralité de dispositifs de distribution automatique, chaque dispositif de distribution étant associé à un compartiment, un tapis roulant et un toboggan pour déposer une cale délivrée par un distributeur automatique sur l'embase au-dessus de laquelle circule le deuxième chariot (2).
- 25 - les premiers moyens de calculs sont soit embarqués à bord du premier chariot, soit déportés dans une station au sol.
- 30 - les deuxièmes moyens de calculs sont soit embarqués à bord du deuxième chariot, soit déportés dans une station au sol.
- 35
- 40
- 45

[0021] L'invention a également pour objet un procédé d'ajustement des rails d'une voie ferrée à réaliser, caractérisé en ce qu'il consiste à mettre en œuvre un ensemble conforme à l'ensemble précédent.

50 **[0022]** L'invention et ses avantages seront mieux compris à la lecture de la description détaillée qui va suivre d'un mode de réalisation particulier, donné uniquement à titre d'exemple illustratif et non imitatif, cette description étant faite en se référant aux dessins annexés sur lesquels :

- La figure 1 est une représentation générale, en perspective, de l'ensemble selon l'invention, constitué

d'un convoi comportant avantageusement un premier chariot, un deuxième chariot et un troisième chariot, propres à circuler le long de la voie à réaliser ;

- La figure 2 est une représentation, en coupe, d'un système de fixation d'un rail, qui comporte une semelle interposée entre le patin du rail et le radier ;
- La figure 3 est une représentation en perspective d'un premier mode de réalisation du premier chariot ;
- La figure 4 est une représentation schématique d'un second mode de réalisation dans un premier état ;
- La figure 5 est une représentation schématique du second mode de réalisation dans un second état ;
- La figure 6 est une représentation en perspective d'un mode de réalisation du deuxième chariot ; et,
- La figure 7 est une représentation sous forme de blocs du procédé selon l'invention.

[0023] La figure 1 est une vue d'ensemble représentant le site de réalisation d'une voie ferrée.

[0024] La voie ferrée à réaliser doit suivre un tracé A d'après un plan de voie initial, qui a préalablement été établi en bureau d'étude.

[0025] Sur la figure 1, une dalle en béton 5 a déjà été réalisée. Elle est constituée d'une dalle de fondation 6 et d'un radier 7.

[0026] Une pluralité de semelles d'un système de fixation des rails ont également déjà été implantées dans le radier 7. Les semelles de fixation d'une première file de rails 9a sont référencées 8a et les semelles de fixation d'une seconde file de rails 9b sont référencées 8b sur cette figure.

[0027] Des stations totales 4 ont été positionnées le long de la voie pour permettre la mesure de la position absolue d'un dispositif quelconque par rapport à un repère absolu d'origine P et d'axe X, Y et Z. Il s'agit d'un système de référence cartésien dans lequel la direction Z correspond à la direction verticale, la direction X correspond à la direction du Nord, et Y correspond à la direction de l'Est.

[0028] L'axe A de la section de voie considérée est défini par un ensemble de points caractéristiques, chaque point caractéristique étant défini par une paire de coordonnées (x, y) selon les directions X et Y respectivement, et éventuellement une coordonnée z selon la direction Z.

[0029] Le pré-positionnement des cales permettant le calage des rails 9a et 9b est réalisé au moyen d'un ensemble constitué d'au moins un premier chariot 1, et, de préférence, d'un deuxième chariot 2, et, de préférence encore, d'un troisième chariot 3.

[0030] Le premier chariot 1 a pour fonction de mesurer automatiquement la position des semelles. Le premier chariot 1 est ainsi propre à circuler le long de la dalle en béton 5 et à relever la position de chaque semelle 8a, 8b, implantée dans le radier 7. Le premier chariot 1 est associé à des moyens de calcul qui permettent, à partir de la position absolue de chaque semelle, de déterminer

un plan de calage. Dans le mode de réalisation envisagé, ces moyens de calcul sont embarqués à bord du premier chariot 1 au lieu d'être déportés au sol.

[0031] Le deuxième chariot 2 a pour fonction de pré-positionner des cales sur chaque semelle en fonction d'un plan de calage. Avantageusement, le plan de calage utilisé par le deuxième chariot 2 est celui résultant de la mise en œuvre du premier chariot 1. Le deuxième chariot 2 est destiné à circuler le long de la dalle en béton 5 avec un lot de diverses cales et à pré-positionner sur chaque semelle rencontrée des cales conformément au plan de calage. Ce second chariot 2 est associé à des moyens de calcul qui permettent, à partir du plan de calage, de sélectionner et de déposer des cales adaptées sur les semelles. Dans le mode de réalisation envisagé, ces moyens de calcul sont embarqués à bord du deuxième chariot 2 au lieu d'être déportés au sol.

[0032] Enfin, le troisième chariot 3 a pour fonction, une fois les rails calés et fixés sur les semelles, d'établir un relevé de la voie ferrée réalisée en vue d'une vérification par rapport au plan de voie initial. Ce troisième chariot 3 est associé à des moyens de calcul. Dans le mode de réalisation envisagé, ces moyens de calcul sont embarqués à bord du troisième chariot 3 au lieu d'être déportés au sol.

[0033] Dans la présente description, la voie ferrée à réaliser est du type sans ballast, les rails étant supportés par des selles noyées dans une dalle en béton continue et non pas par un ensemble de traverses tenues dans le ballast.

[0034] De plus, comme représenté sur la figure 2, les rails sont fixés sur cette dalle en béton au moyen de systèmes de fixation spécifiques dites « selles », comportant une semelle ancrée dans le béton.

[0035] Un rail, tel que le rail 9a, est constitué d'une partie supérieure ou champignon 13, d'une partie inférieure ou patin 15, et d'une portion intermédiaire entre le patin et le champignon ou âme 14.

[0036] La semelle 8a comporte une rainure 19 de réception du patin 15 du rail 9a.

[0037] Pour positionner correctement la bande de roulement Aa du rail 9a conformément au plan de voie, des cales sont placées dans la rainure 19 autour du patin 15 : une cale verticale 10 interposée entre le fond de la rainure 19 et la face inférieure 16 du patin 15 pour ajuster la position de la bande de roulement verticalement ; des cales horizontales, respectivement extérieure 11 et intérieure 12, interposées entre les faces latérales, respectivement extérieure 17 et intérieure 18, du patin 15 et les faces en vis-à-vis de la rainure 19, pour ajuster la position de la bande de roulement dans un plan horizontal.

[0038] Le rail 9a est maintenu en position dans la rainure 19 par une paire d'attaches 21, qui prennent appui sur une face supérieure du patin 15, de part et d'autre de l'âme 14 de celui-ci, et sont solidarisées à la semelle 8a par des tirants 20 (sur la figure 2, seule une attache de la paire d'attache du système de fixation est représentée).

[0039] Un repère d'origine P8 et d'axes X8, Y8 et Z8 est associé à chaque semelle, telle que la semelle 8a de la figure 2. Le plan Y8Z8 définit un plan transversal médian de la semelle 8a. L'axe X8 correspond par exemple à une arrête entre le fond et une face latérale (par exemple la face latérale extérieure) de la rainure 19.

[0040] Par position relative ou absolue d'une semelle, on entend avantageusement à la fois la localisation relative ou absolue de l'origine P8, mais également l'orientation relative ou absolue du trièdre X8Y8Z8. Ainsi, la position de la semelle 8a est donnée par six coordonnées, trois coordonnées de localisation et trois coordonnées d'orientation.

[0041] En se référant à la figure 3, le premier chariot 1 va être présenté.

[0042] Le premier chariot 1 comporte un premier châssis automobile et embarque des premiers moyens de calcul, des premiers moyens de radiocommunication, des premiers moyens de positionnement et des moyens de détection des semelles.

[0043] Le châssis 25 est un cadre rigide sensiblement rectangulaire.

[0044] Le châssis 25 est automobile. Il est monté sur quatre roues 26, qui, de préférence, intègrent des moyens de propulsion, tels que des moteurs électriques. Dans ce cas, le premier chariot 1 embarque des batteries (non représentées sur la figure 3).

[0045] Les roues 26 sont des roues à pneu ou à chenille permettant un roulement sur le béton de la dalle de support de la voie 5. L'écartement entre les roues 26 est par exemple supérieur à la largeur du radier 7 pour permettre une circulation du premier chariot 1 sur la dalle de fondation 6.

[0046] Les premiers moyens de calcul 35 permettent de piloter le déplacement du premier chariot 1, de préférence automatiquement à partir de la connaissance du plan de voie.

[0047] Un repère d'origine P1 et d'axes X1, Y1 et Z1 est associé au châssis 25 : l'axe X1 correspond à un axe longitudinal du premier chariot 1, l'axe Y1 à un axe transversal, et l'axe Z1 à un axe orthogonal aux axes X1 et Y1.

[0048] Pour déterminer la position absolue du premier chariot 1, le châssis 25 porte des moyens de positionnement, qui sont par exemple constitués de trois dioptries 31, 32, et 33. Une station totale 4 mesure, de préférence à chaque instant (mode de fonctionnement en suivi ou « tracking ») la localisation absolue du point P1 et l'orientation absolue des axes X1, Y1 et Z1, c'est-à-dire la position du châssis 25 dans le repère absolu P, X, Y, Z.

[0049] Les mesures déterminées par la station totale 4 sont retransmises aux moyens de calcul 35, via des premiers moyens de radiocommunication 40. Les moyens de calcul 35 connaissent donc la position absolue instantanée du châssis 25.

[0050] Le premier chariot 1 embarque des moyens de détection permettant de déterminer la position relative de chaque semelle rencontrée au cours du déplacement du premier chariot 1 le long de la voie.

[0051] De préférence, ces moyens de détection comportent une paire de scanners, cette paire étant formée d'un scanner droit 41a permettant de scanner les semelles 8a de fixation des rails droits 9a et un scanner gauche 41b permettant de scanner les semelles 8b de fixation des rails gauches 9b. Les adjectifs droit et gauche sont relatifs au sens de circulation le long de la voie, qui est donné par l'orientation de l'axe A.

[0052] Pour accélérer le processus de relevé de la position relative des semelles, le premier chariot 1 comporte avantageusement une pluralité de paires de scanners. Sur la figure 3, le premier chariot 1 comporte ainsi quatre paires de scanners respectivement 41a, 41b, 42a, 42b, 43a, 43b et 44a, 44b.

[0053] Un scanner est constitué d'un laser et d'une caméra. Le laser émet un faisceau qui balaie une zone à l'avant du scanner. La caméra détecte le signal lumineux réfléchi par tout obstacle. Par exemple, le scanner fonctionne dans le domaine infrarouge.

[0054] Un scanner permet ainsi de réaliser un relevé en trois dimensions, ou relevé 3D, de chaque semelle observée. Ce relevé 3D est établi dans un repère associé au scanner.

[0055] Un tel relevé 3D présente une très grande précision, de l'ordre du dixième de millimètre. Le maximum de précision est obtenu lorsque le scanner est déplacé sensiblement à un mètre au-dessus de la semelle et l'observe sous un angle faible mais non nul.

[0056] Les différents scanners sont connectés aux moyens de calcul 35.

[0057] Les moyens de calcul 35 sont propres à comparer le relevé 3D réalisé par un scanner à un modèle en trois dimensions, ou modèle 3D, de la semelle. Ce modèle 3D est par exemple fourni par le fabricant de la semelle.

[0058] Le résultat de cette opération de comparaison permet de déterminer la position relative de la semelle observée par rapport au scanner d'observation.

[0059] Dans ce premier mode de réalisation du premier chariot, les scanners sont fixés directement sur le châssis 25. Connaissant la position de chaque scanner sur le châssis 25, la position relative de la semelle observée par rapport au châssis 25 du premier chariot 1 peut être déterminée.

[0060] Enfin, puisque la position absolue du châssis 25 du premier chariot 1 au moment où la semelle a été observée est également connue, les premiers moyens de calcul 35 sont propres à déterminer la position absolue de chaque semelle observée.

[0061] L'information de position absolue d'une semelle est sauvegardée dans une base de données des moyens de calcul 35. Dans cette base de données, chaque semelle est identifiée par un identifiant unique (par exemple le point kilométrique de son implantation le long de la voie).

[0062] En complément, chaque semelle porte avantageusement une étiquette d'identification, pouvant être lue à distance par des moyens de lecture adaptés à bord

des chariots. Il s'agit par exemple d'un QR Code ou d'une puce RFID.

[0063] Selon le premier mode de réalisation de la figure 3, le premier chariot 1 est propre à se déplacer de manière continue (par exemple à 5 km/h) le long de la voie et les scanners détectent les semelles au fur et à mesure de ce déplacement.

[0064] Ce mode de réalisation nécessite cependant que les composants qui interviennent dans la mesure de la position absolue des semelles soient de qualité, pour obtenir une précision suffisante. Il s'agit donc d'une solution mettant en œuvre des composants plus complexes et par conséquent plus coûteux.

[0065] Pour atteindre à moindre coûts la même précision, un second mode de réalisation est envisagé, qui est illustré sur les figures 4 et 5. Dans ce second mode de réalisation, les scanners ne sont plus fixés directement sur le châssis 25, mais sont montés sur un plateau 27, qui est mobile par rapport au châssis 25.

[0066] Le plateau 27 est actionné par un moteur 28 du type pas à pas, pour un déplacement du plateau 27 le long de glissières disposées selon l'axe longitudinal X1 du châssis 25, c'est-à-dire sensiblement selon l'axe A de la voie.

[0067] Dans ce second mode de réalisation, le premier chariot 1 est arrêté en un point kilométrique. La position absolue du châssis 25 est mesurée au moyen de la station totale 4. Puis, le plateau 27 est déplacé par rapport au châssis 25 entre une position avant (figure 4) et une position arrière (figure 5) de manière à scanner l'ensemble des semelles d'une portion de la voie, qui sont essentiellement situées au-dessous du premier chariot 1. Pour obtenir la position absolue des semelles, il suffit de tenir compte de la position relative du plateau 27 par rapport au châssis au moment où cette semelle est observée par un scanner. Puis, le procédé est itéré en déplaçant le chariot pour l'arrêter en un point kilométrique permettant de scanner les semelles de la portion suivante de la voie. Le procédé est itéré avec ou sans recouvrement des portions de voie scannées entre elles, en fonction de la fiabilité des mesures effectuées par le premier chariot. Ce second mode de réalisation permet d'atteindre une certaine précision, puisqu'un moteur pas à pas permet de déterminer suffisamment précisément la position relative instantanée du plateau 27 par rapport au châssis 25.

[0068] Les moyens de calcul 35 sont propres à exécuter un algorithme de détermination d'un plan de calage à partir du plan de voie initial et des informations présentes dans la base de données de position des semelles.

[0069] De préférence, les positions des semelles implantées sur une section de voie de l'ordre de 200 mètres sont d'abord mesurées, puis l'algorithme de détermination du plan de calage est exécuté pour établir un plan de calage pour cette section de voie. Cela permet de réduire l'impact d'une erreur de placement d'une semelle sur le profil de la voie réalisée en lissant les effets de cette erreur sur l'ensemble de la section considérée.

[0070] Avantagusement, si l'implantation d'une semelle est hors des tolérances absolues d'installation telles qu'indiquées par le plan de voie, une alerte est générée. Eventuellement, une opération de repositionnement de cette semelle est envisagée, consistant à dessceller la semelle défectueuse et à replacer correctement une nouvelle semelle en faisant une reprise du béton du radier 7.

[0071] L'algorithme mis en œuvre pour déterminer le plan de calage est du même type que les algorithmes utilisés dans l'état de la technique. Il peut cependant être amélioré pour prendre en compte les six coordonnées de position des semelles.

[0072] Il permet non seulement de déterminer le plan de calage, mais éventuellement de mettre à jour le plan de voie. Ainsi, les tolérances de réalisation de la voie par la mise en œuvre du présent convoi peuvent être considérablement réduites dès l'établissement du plan de voie.

[0073] La mise en œuvre de l'algorithme comporte par exemple deux étapes.

[0074] Dans une première étape, est calculée la différence entre le profil altimétrique absolu de la bande de roulement des rails donné par le plan de voie initial et le profil altimétrique absolu des semelles donné par les positions absolues des semelles mesurées avec le premier chariot 1.

[0075] A partir de cette information, un plan de calage est calculé en déterminant l'épaisseur de chacune des cales verticales qui conduisent au meilleur compromis sur la section de voie considérée, c'est-à-dire qui minimisent ladite différence entre profils altimétriques sur la section de voie considérée. Il s'agit d'un calcul qui est effectué sur une file de rails puis l'autre.

[0076] Dans une seconde étape, est calculée la différence entre un profil horizontal absolu de la bande de roulement des rails donné par le plan de voie initial et le profil horizontal absolu des semelles donné par les positions absolues des semelles mesurées avec le premier chariot 1.

[0077] A partir de cette information, le plan de calage est mis à jour en déterminant l'épaisseur de chacune des cales horizontales qui conduisent au meilleur compromis sur la section de voie considérée, c'est-à-dire qui minimisent ladite différence entre profils horizontaux sur la section de voie considérée. Il s'agit d'un calcul qui est d'abord réalisé pour une file de rails à la fois, puis qui est corrigé en tenant compte des deux files de rails à la fois de manière à maintenir l'écartement de la voie.

[0078] Enfin, une troisième étape peut avantagusement être mise en œuvre en mettant à jour le plan de calage afin de minimiser les déformations que l'on rencontre d'habitude entre deux files de rails : différence de rayons de courbure entre les rails, alignements vertical et horizontal, rotation autour de la direction transversale à la voie d'un rail par rapport à l'autre (ou « twist »), et surélévation d'un rail par rapport à l'autre (ou « cant »).

[0079] Ainsi, le premier chariot 1 permet d'obtenir auto-

matiquement un plan de calage. Le premier chariot 1 peut opérer quelles que soient les conditions sur site, notamment les conditions météorologiques. Les sources d'erreurs dans l'établissement du plan de calage sont éliminées.

[0080] Avantageusement, ce premier chariot 1 est suivi d'un second chariot 2 pour le pré-positionnement automatique des cales verticales et horizontales conformément au plan de calage obtenu par la mise en œuvre du premier chariot 1.

[0081] En se référant à la figure 6, le deuxième chariot 2 comporte un deuxième châssis 55 automobile et embarque des deuxième moyens de calcul 65, des deuxième moyens de radiocommunication 60, des deuxième moyens de positionnement, un réservoir de cales et des moyens d'amenée des cales.

[0082] Le châssis 55 est de forme sensiblement rectangulaire. Le châssis 55 est mobile pour pouvoir circuler le long de la voie en construction. Il est muni de quatre roues 56, similaires à celles équipant le premier chariot 1.

[0083] Un repère d'origine P2 et d'axe X2, Y2 et Z2 est associé au châssis 55 : l'axe X2 correspond à un axe longitudinal du deuxième chariot 2, l'axe Y2 à un axe transversal, et l'axe Z2 à un axe orthogonal aux axes X2 et Y2.

[0084] Le châssis 55 porte des dioptrés 51, 52 en tant que deuxième moyens de positionnement, qui permettent à une station totale 4 de déterminer, de préférence à chaque instant, la position absolue du châssis 55.

[0085] Cette position absolue mesurée par une station totale est transmise aux moyens de calcul 65 du deuxième chariot 2, via les moyens de radiocommunication 60.

[0086] En variante, la position absolue du deuxième chariot 2 est simplement obtenue par un système odométrique permettant de mesurer la distance parcourue par le deuxième chariot 2 le long de la voie, depuis un point kilométrique de référence.

[0087] Les moyens de calcul 65 mémorisent un plan de calage. Le plan de calage est avantagement transmis aux moyens de calcul 65 par les moyens de calcul 35 du premier chariot 1, via une liaison de communication établie entre les moyens de radiocommunication 40 du premier chariot 1 et les moyens de radiocommunication 60 du deuxième chariot 2.

[0088] Le second chariot 2 comporte un réservoir 57 de stockage de cales, verticales 10, horizontales extérieures 11 et horizontales intérieures 12, de toutes les épaisseurs possibles.

[0089] Le deuxième chariot 2 comporte des moyens d'amenée permettant de sélectionner des cales dans le réservoir 57, et de les déposer sur une semelle au-dessus de laquelle circule le deuxième chariot 2.

[0090] Par exemple, dans un mode de réalisation préféré, les moyens d'amenée sont constitués de deux bras robotisés, respectivement droit 61a et gauche 61b, pour pré-positionner des cales, respectivement sur une semelle droite 8a et sur une semelle gauche 8b.

[0091] Un bras robotisé est commandé par les moyens

de calcul 65, qui, à partir de la position absolue du deuxième chariot 2 et l'identifiant de la semelle au-dessus de laquelle le deuxième chariot 2 se trouve, lit le plan de calage pour déterminer les caractéristiques des cales adaptées à cette semelle. Lorsque l'identifiant d'une semelle est donné par un point kilométrique, il est déterminé à partir de la position absolue du deuxième chariot 2.

[0092] Les moyens de calcul 65 commandent alors un bras robotisé pour qu'il aille chercher dans le réservoir 57 les cales adaptées et les dépose sur la semelle considérée.

[0093] En variante, le réservoir est subdivisé en compartiments, chaque compartiment recevant des cales d'un type verticale ou horizontale particulier et d'une épaisseur particulière. Les moyens d'amenée comporte alors, sur chaque compartiment, un dispositif de distribution automatique qui, lorsqu'il est commandé par le moyen de calcul 65, dépose une cale sur un tapis roulant, propre à déplacer la cale déposée vers un toboggan, qui permet de déposer la cale sur la semelle considérée.

[0094] Après le passage du deuxième chariot 2 et une fois que les cales ont été pré-positionnées sur les semelles d'une section de voie, les rails 9a, 9b sont installés. Plus précisément, un opérateur place correctement les cales 10, 11 et 12 dans la rainure 19 de la semelle 8a ou 8b, et le patin 15 du rail 9a ou 9b est logé entre les cales. Des attaches 21 sont placées de part et d'autre du rail et fixées à la semelle.

[0095] Avantagement, après avoir fixé le rail, un troisième chariot 3 circule sur la voie ferrée réalisée pour effectuer un relevé de la topologie de la voie. Ce troisième chariot 3 est conforme aux chariots de l'état de la technique pour réaliser un tel relevé.

[0096] La figure 7 est une représentation sous forme de blocs du procédé d'ajustement automatique des rails selon l'invention.

[0097] Pour une section de voie, par exemple de 200 mètres, ce procédé est mis en œuvre à l'issue d'une phase 100 d'implantation des semelles dans le béton du radier de support de la voie.

[0098] Le procédé d'ajustement comporte une première phase 100 correspondant à l'utilisation du premier chariot 1.

[0099] Au cours de cette première phase, le premier chariot 1 est arrêté dans une position prédéfinie le long de la voie.

[0100] A l'étape 212, les scanners élaborent des relevés 3D des semelles observables.

[0101] A l'étape 214, chaque relevé 3D est comparé à un modèle 3D de référence, pour obtenir une position relative de la semelle observée par rapport au premier chariot 1.

[0102] A l'étape 216, la position absolue de chaque semelle est calculée à partir du résultat de l'étape de comparaison et de la position absolue du premier chariot 1 communiquée par la station totale 4.

[0103] Enfin, à l'étape 218, la position absolue et l'identifiant de la semelle sont mémorisés dans une base de

données.

[0104] Cet ensemble 210 d'étapes est itéré, après avoir déplacé le premier chariot 1 d'une distance prédéfinie.

[0105] Après avoir scanné les semelles de la section de voie, le plan de calage est déterminé au cours de l'étape 220.

[0106] A l'étape 230, le plan de calage est avantageusement transmis vers le deuxième chariot 2.

[0107] Le procédé d'ajustement se poursuit par une seconde phase 300 correspondant à l'utilisation du deuxième chariot 2.

[0108] A l'étape 310, le deuxième chariot 2 reçoit le plan calage établi pour la section de voie.

[0109] Le deuxième chariot 2 est déplacé le long de cette section de voie (étape 311).

[0110] A l'étape 322, le deuxième chariot 2 identifie la semelle au-dessus de laquelle il passe.

[0111] A l'étape 324, le plan de calage est lu pour la semelle identifiée afin de connaître les cales adaptées.

[0112] A l'étape 326, les cales adaptées sont pré-positionnées sur la semelle.

[0113] Par déplacement successif 311, le second chariot 2 parcourt l'ensemble de la section de voie correspondant au plan de calage.

[0114] Dans une phase 400, qui suit le procédé d'ajustement 200, 300, des rails sont fixés sur les semelles en interposant les cales pré-positionnées.

[0115] Enfin, dans une phase 500 finale, le passage du troisième chariot 3 permet de relever le tracé de la voie réalisée à des fins de vérification.

[0116] De nombreuses variantes sont envisageables. En particulier les moyens de calcul, au lieu d'être embarqués à bord de chacun des chariots, pourraient être déportés au sol, chaque chariot étant en radiocommunication avec une station au sol. Avantageusement, la station au sol regroupe les différents logiciels nécessaires au déplacement des différents chariots et aux opérations que chacun de ces chariots effectue.

[0117] Si, dans le mode de réalisation présenté en détail ci-dessus, le système de fixation du rail comporte une semelle fixée sur un radier, la présente invention peut être mise en œuvre pour d'autres façons de fixer un rail. Par exemple, pour la réalisation d'une voie avec des traverses en béton, les extrémités d'une traverse sont généralement conformées pour présenter une rainure de réception du patin du rail. Dans ce cas, des cales peuvent être interposées directement entre le béton de la traverse et le patin du rail. Des agrafes sont par exemple utilisées pour finaliser la fixation du rail. Le terme d'embase est le terme générique désignant tout moyen de réception du rail pouvant accueillir des cales.

[0118] Bien évidemment, l'invention peut être mise en œuvre pour le cas où la fixation du rail ne permet un ajustement de ce dernier que par l'utilisation de cales verticales ou l'utilisation de cales horizontales.

Revendications

1. Ensemble d'ajustement des rails (9a, 9b) d'une voie ferrée à réaliser, comportant un premier chariot (1) de détermination d'un plan de calage, le premier chariot (1) étant mobile le long d'une section de la voie ferrée, ladite section étant munie d'une pluralité d'embases (8a, 8b) de réception de rails de la section de voie, le premier chariot (1) comportant :

- un premier châssis (25), qui est automobile ;
- des premiers moyens de positionnement (31, 32, 33) du premier chariot (1), qui permettent de mesurer une position absolue du premier châssis (25) ; et,
- des moyens de détection (41a, 41b) des embases, qui permettent de déterminer une position relative, par rapport au premier châssis (25), de chaque embase de la section de voie,

l'ensemble comportant, en outre, des premiers moyens de calcul (35) programmés pour établir un plan de calage de la section de voie à partir d'un plan de voie de la voie ferrée à réaliser et des positions absolues de chaque embase de la section de voie, la position absolue d'une embase étant déterminée à partir de la position relative de ladite embase et de la position absolue du châssis,

caractérisé en ce qu'il comporte un deuxième chariot (2) de pré-positionnement de cales sur les embases de réception des rails de la section de voie, en fonction d'un plan de calage pour ladite section de voie déterminé au moyen des premiers moyens de calcul (35), le deuxième chariot (2) comportant :

- un second châssis (55), qui est automobile ;
- des seconds moyens de positionnement (51, 52) du deuxième chariot (2), qui permettent de mesurer une position absolue du second châssis (55) ;
- un réservoir (57), qui contient une pluralité de cales, horizontales et/ou verticales, d'épaisseurs différentes ; et,
- des moyens d'amenée (61a, 61b), propres à sélectionner une cale adaptée dans le réservoir (57) et à la déposer sur l'embase au-dessus de laquelle se trouve le deuxième chariot (2),

l'ensemble comportant, en outre, des deuxième moyens de calcul (65) propres à lire le plan de calage en tenant compte de la position absolue du second châssis (55) et à commander les moyens d'amenée en indiquant la cale à sélectionner.

2. Ensemble selon la revendication 1, dans lequel les moyens de détection du premier chariot (1) comportent au moins un scanner (41a, 41b), ledit scanner étant conçu pour effectuer un relevé tridimensionnel

- d'une embase observée, et les premiers moyens de calculs (35) étant propres à comparer le relevé tridimensionnel réalisé avec un modèle tridimensionnel d'une embase, de manière à déterminer la position relative de l'embase par rapport au châssis (25) du premier chariot (1).
3. Ensemble selon la revendication 1 ou la revendication 2, dans lequel le premier chariot (1) comporte un plateau mobile (27), propre à être déplacé par rapport au châssis (25), les moyens de détection (41a, 41b) étant fixés sur le plateau mobile (27), et la détermination de la position absolue d'une embase étant effectuée en tenant compte de la position relative du plateau mobile (27) par rapport au châssis (25) du premier chariot (1).
 4. Ensemble selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel les moyens de positionnement du premier chariot (1) sont constitués par une pluralité de dioptries (31, 32, 33) positionnés sur le châssis (25) du premier chariot (1), de manière à ce qu'une station totale (4) positionnée le long de la section de voie puisse mesurer une position absolue du châssis (25) du premier chariot et transmettre la position absolue ainsi mesurée aux premiers moyens de calcul (35).
 5. Ensemble selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel la mesure de la position relative d'une embase consiste à mesurer six coordonnées correspondant à la localisation relative d'un point de référence de l'embase et à l'orientation relative d'un trièdre de référence associé à l'embase, le plan de calage étant déterminé en tenant compte des six coordonnées de la position relative de chaque embase.
 6. Ensemble selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel le réservoir est constitué d'une pluralité de compartiments et le moyen d'amenée est constitué par :
 - une pluralité de dispositifs de distribution automatique, chaque dispositif de distribution étant associé à un compartiment,
 - un tapis roulant et un toboggan pour déposer une cale délivrée par un distributeur automatique sur l'embase au-dessus de laquelle circule le deuxième chariot (2).
 7. Ensemble selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les premiers moyens de calculs sont soit embarqués à bord du premier chariot, soit déportés dans une station au sol.
 8. Ensemble selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les deuxièmes
- moyens de calculs sont soit embarqués à bord du deuxième chariot, soit déportés dans une station au sol.
9. Procédé d'ajustement des rails (9a, 9b) d'une voie ferrée à réaliser, **caractérisé en ce qu'il** consiste à mettre en œuvre un ensemble selon l'une quelconque des revendications 1 à 8 pour caler les rails en position.

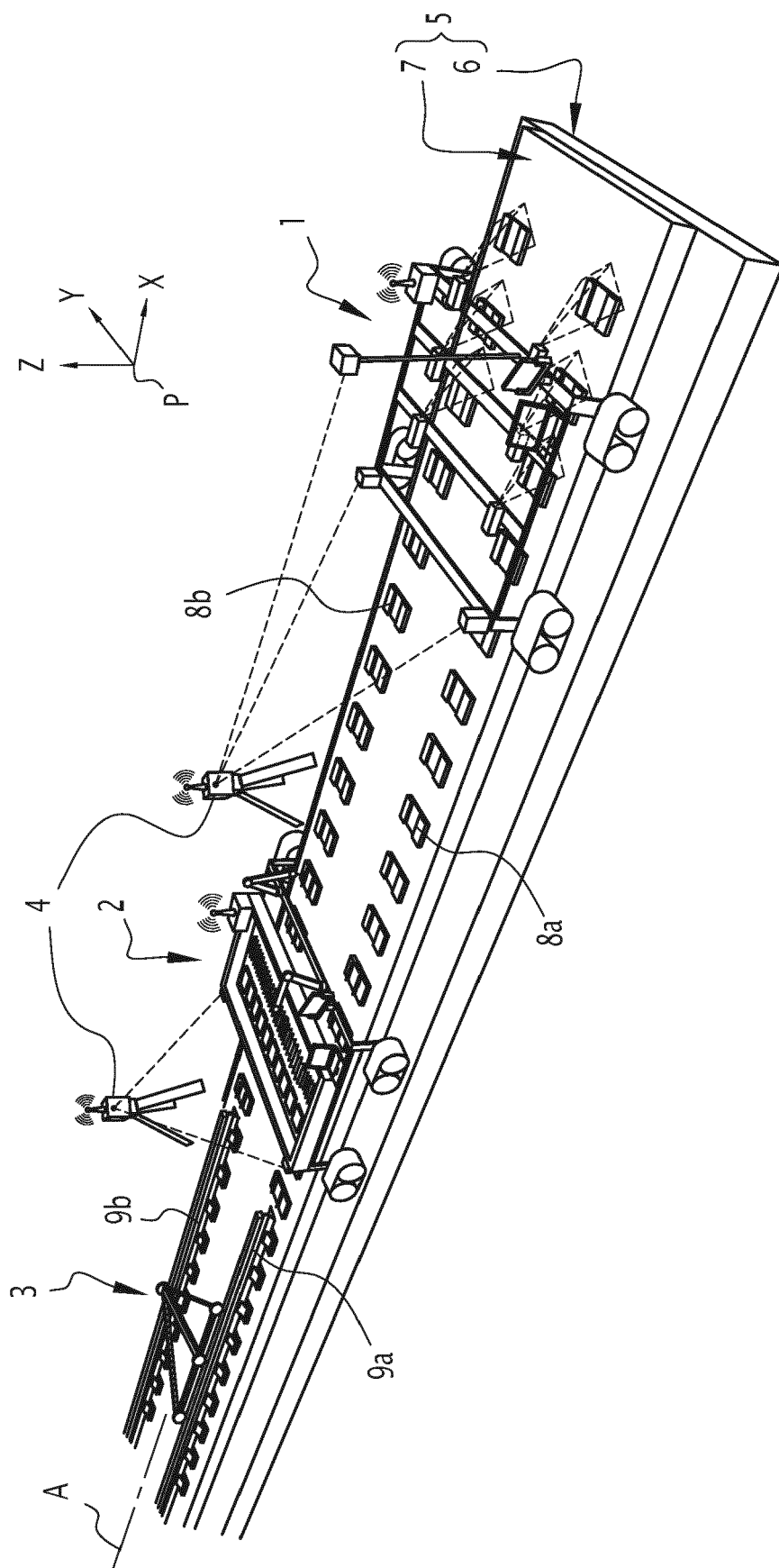


FIG.1

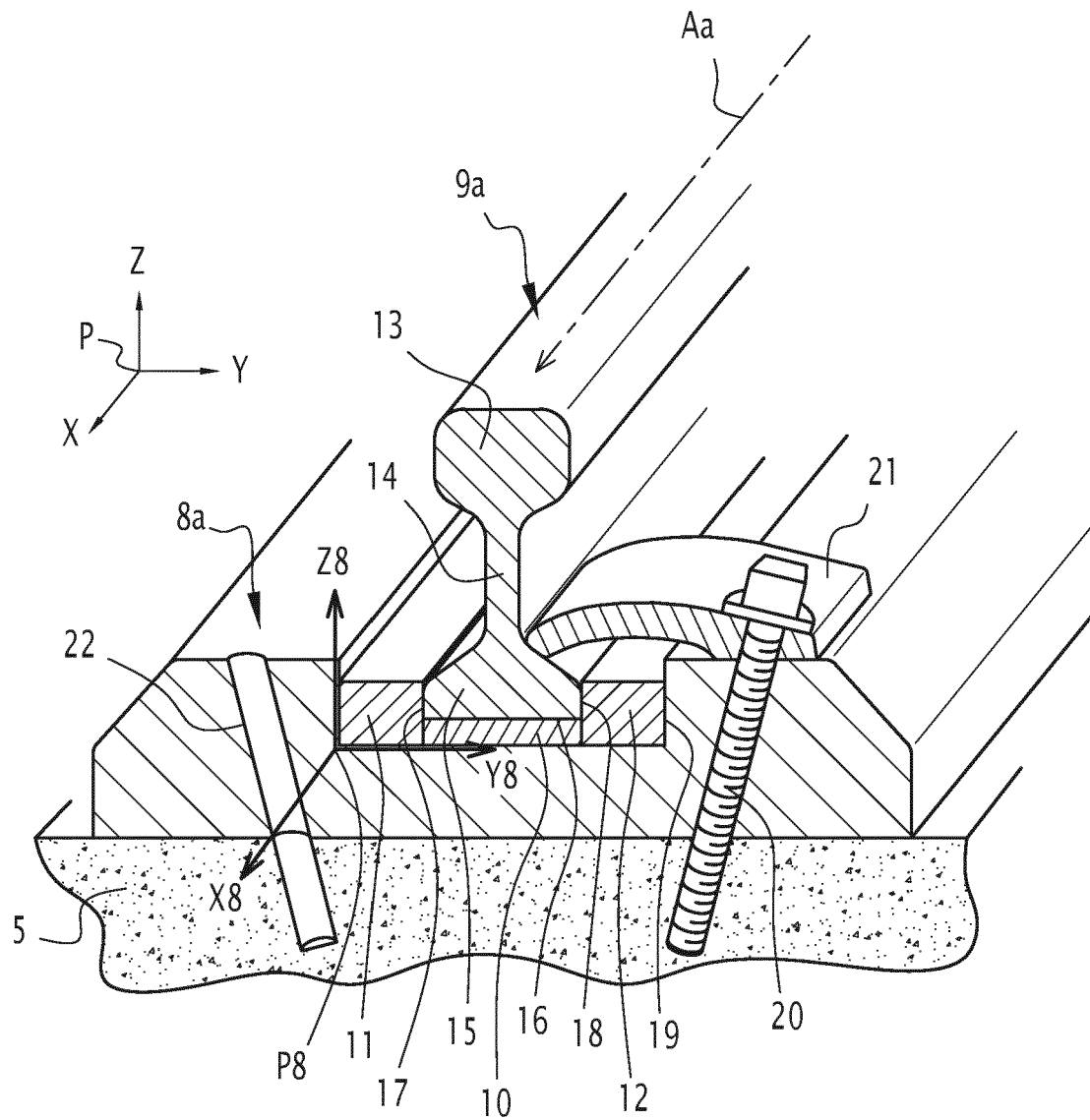


FIG.2

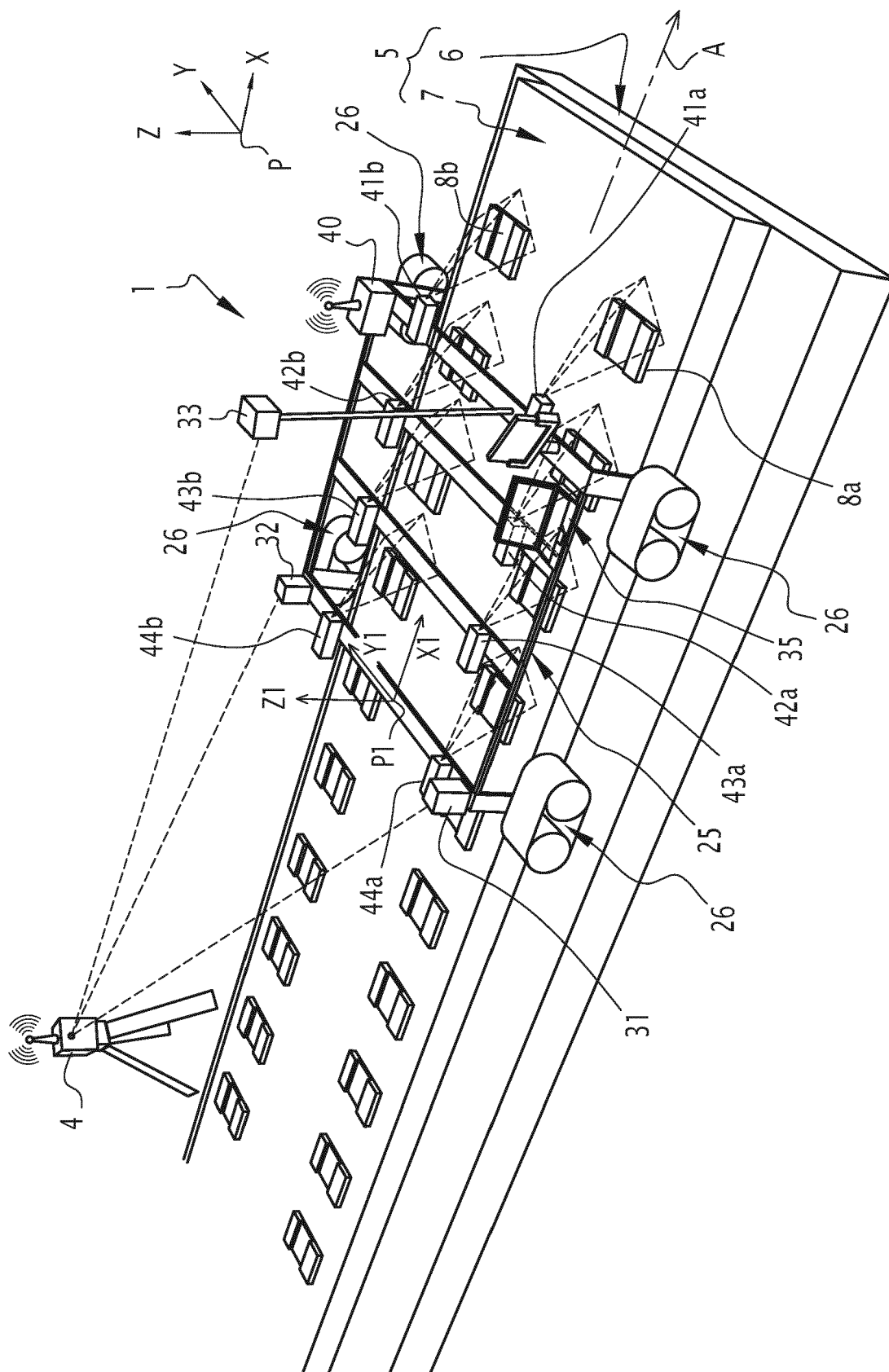


FIG. 3

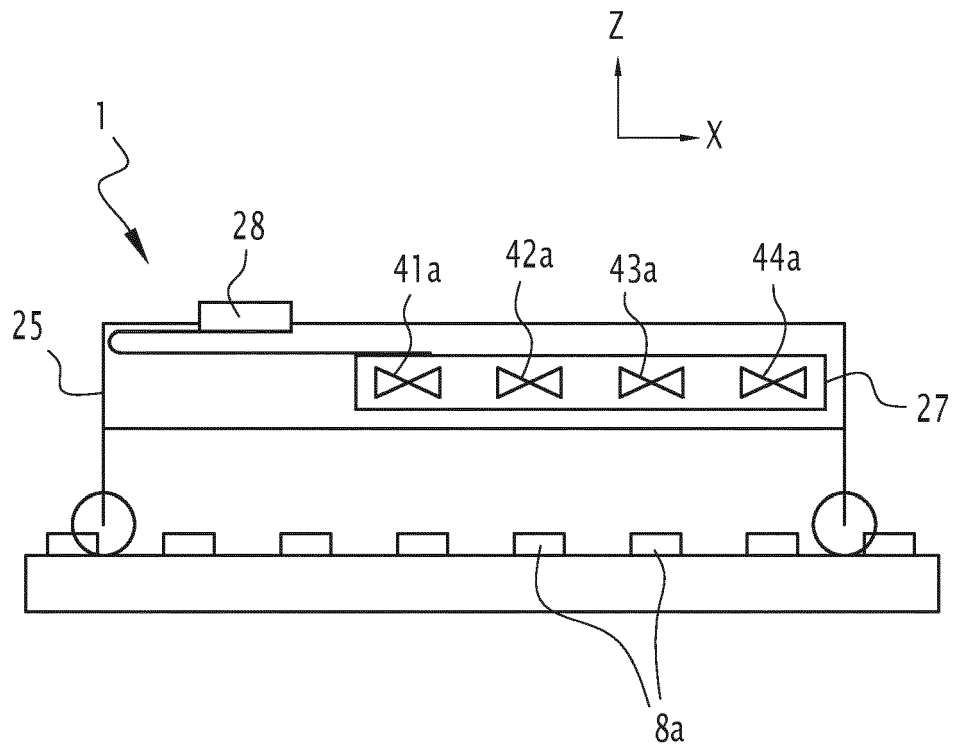


FIG.4

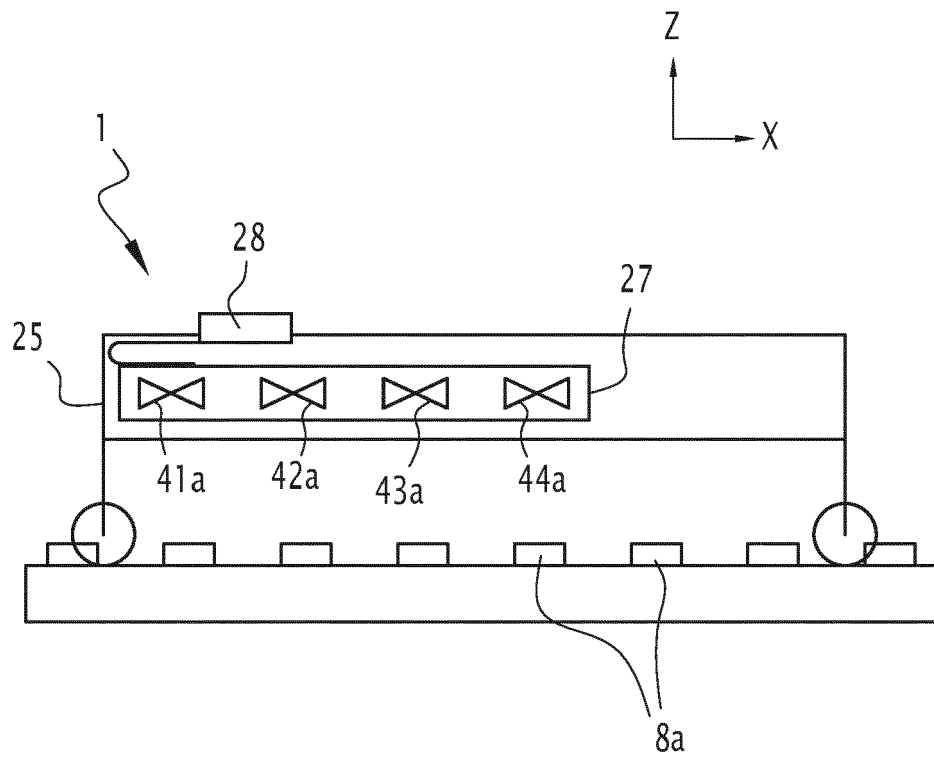


FIG.5

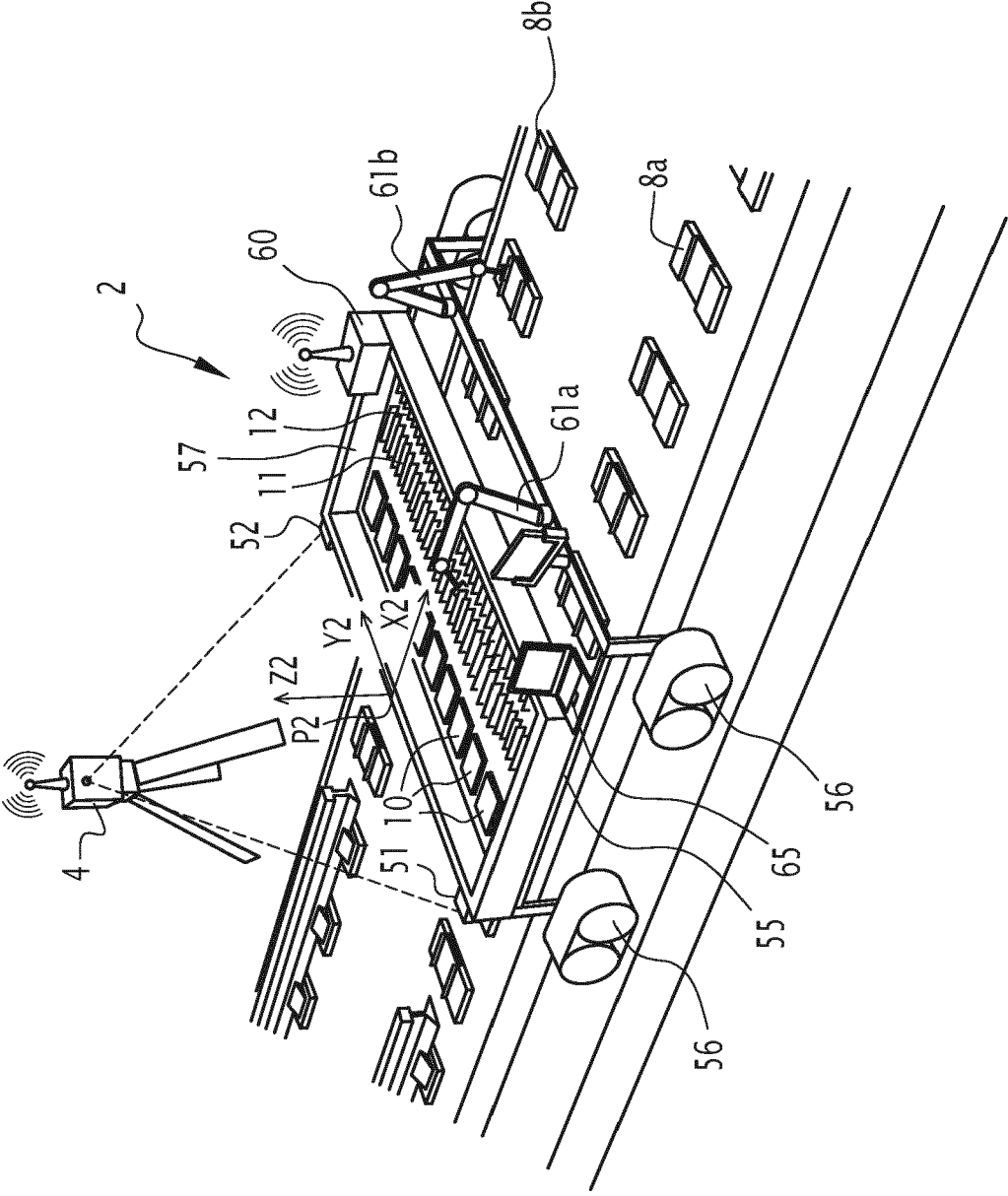
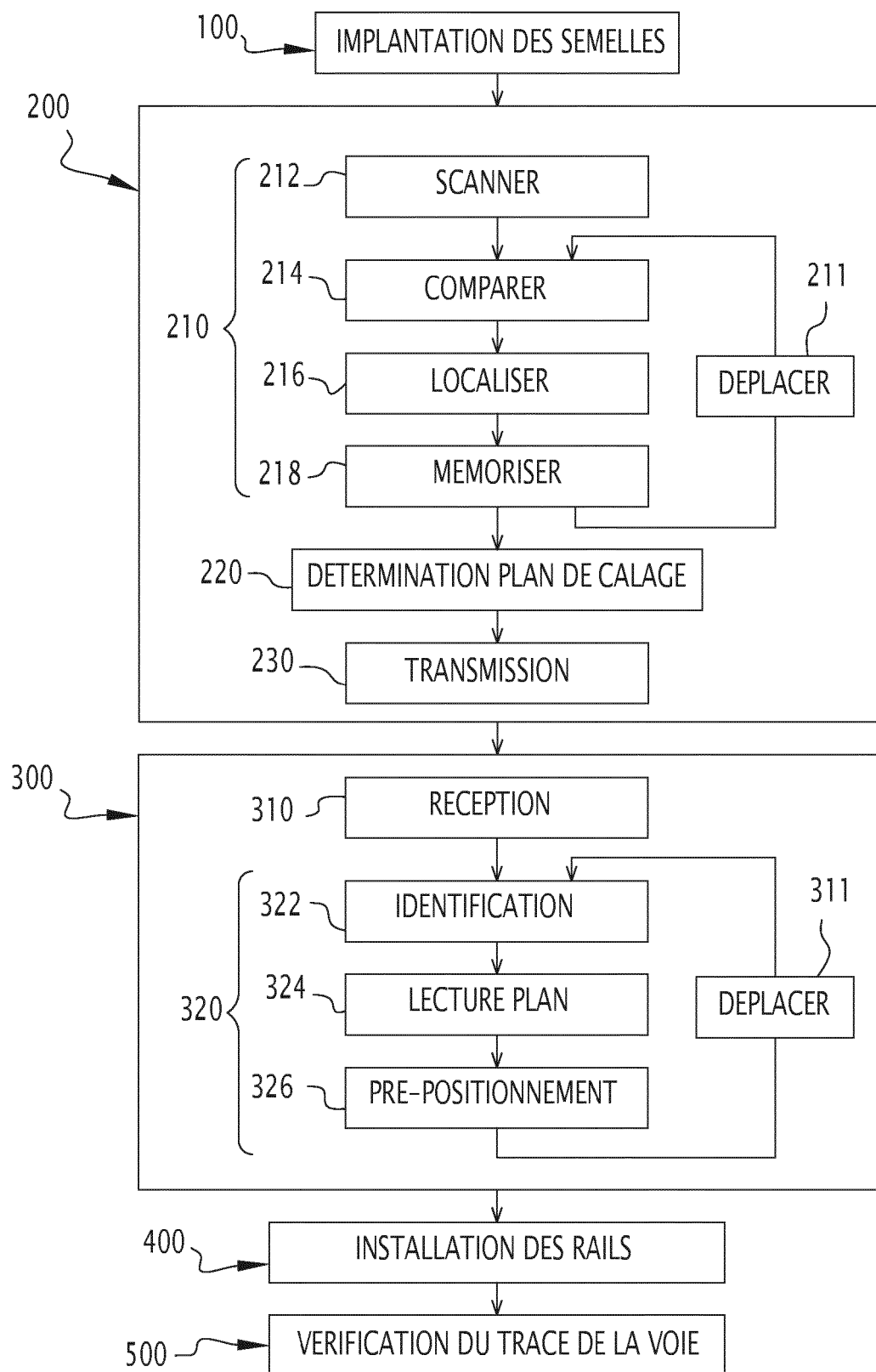


FIG. 6

**FIG. 7**



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 21 20 7231

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
A	CN 108 149 535 B (5TH CONSTR LTD CHINA TIESIJU CIVIL ENG GROUP ET AL.) 20 août 2019 (2019-08-20) * figures 2-6 * * le document en entier * -----	1-9	INV. E01B35/00 E01B35/02 E01B1/00 E01B29/32
A,D	EP 1 178 153 A1 (ALSTOM [FR]) 6 février 2002 (2002-02-06) * figures 1-5 * * le document en entier * -----	1-9	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			E01B
1	Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications		
Lieu de la recherche Munich		Date d'achèvement de la recherche 2 mars 2022	Examineur Klein, A
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES 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		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	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

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

EP 21 20 7231

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

02-03-2022

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
CN 108149535 B	20-08-2019	AUCUN	
EP 1178153 A1	06-02-2002	AT 292210 T	15-04-2005
		AU 766187 B2	09-10-2003
		BR 0103164 A	02-04-2002
		CA 2354411 A1	01-02-2002
		CN 1336462 A	20-02-2002
		CZ 20012769 A3	13-03-2002
		DE 60109688 T2	23-03-2006
		DK 1178153 T3	08-08-2005
		EP 1178153 A1	06-02-2002
		ES 2237541 T3	01-08-2005
		FR 2812671 A1	08-02-2002
		HK 1043819 A1	27-09-2002
		HU 0103057 A2	29-05-2002
		JP 2002088702 A	27-03-2002
		KR 20020011334 A	08-02-2002
		MX PA01007738 A	11-08-2004
		NZ 513183 A	25-10-2002
		PL 348968 A1	11-02-2002
		PT 1178153 E	29-07-2005
		TW I228162 B	21-02-2005
		US 2002014015 A1	07-02-2002

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

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- EP 1178153 B1 [0004]