(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 4 382 392 A1**

(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
12.06.2024 Bulletin 2024/24

(21) Numéro de dépôt: **23214605.0**

(22) Date de dépôt: **06.12.2023**

(51) Classification Internationale des Brevets (IPC):
B61L 25/02 *(2006.01)* ***B61L 23/04*** *(2006.01)*

(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):
B61L 25/025; B61L 23/04; B61L 25/026

(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 ME MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Etats d'extension désignés:
BA
Etats de validation désignés:
KH MA MD TN

(30) Priorité: **08.12.2022 FR 2213011**

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

(72) Inventeurs:
- **COLLOT, Yannick**
  69100 Villeurbanne (FR)
- **BONNEVAY, Vincent**
  69008 Lyon (FR)
- **ANDRE, Hubert**
  86916 Kaufering (DE)

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

(54) **PROCÉDÉ POUR DÉTERMINER LA POSITION D'UN VÉHICULE FERROVIAIRE**

(57) L'invention concerne un procédé pour déterminer la position d'un véhicule ferroviaire (6), le procédé comprenant les étapes suivantes : acquérir les données d'une position mesurée (11) d'un système de positionnement par satellite (12a) et/ou une centrale inertielle (12b) ; obtenir une carte numérique comprenant une pluralité de noeuds de référence; déterminer, à partir de la pluralité de noeuds de référence et des contraintes de l'infrastructure ferroviaire, une trajectoire (9) d'un segment d'une voie ferré ; déterminer à partir de la trajectoire déterminée (9) et les données de la position mesurée (11) une position réelle (13) du véhicule ferroviaire (6).

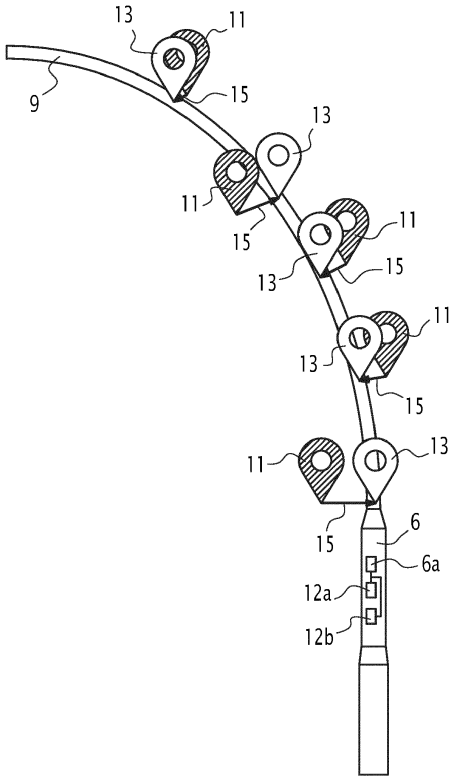

FIG.3

EP 4 382 392 A1

Description

[0001] La présente invention concerne un procédé pour déterminer la position d'un véhicule ferroviaire.

[0002] En outre, la présente invention concerne un contrôleur pour un véhicule ferroviaire.

[0003] Pour les véhicules ferroviaires autonomes il est important à déterminer de manière précise la position du véhicule respectif. Or, les capteurs existants par exemple des capteurs d'un système de positionnement par satellite ou d'une centrale inertielle n'ont pas une précision suffisante pour déterminer la position et/ou le cap de la voiture de l'extrémité avant. Par exemple EP3147884 A1 ou US 2013/0101174 A1 concernent respectivement un dispositif de reconnaissance de feux de circulation. Par contre ces systèmes ne sont pas très exacts pour l'utilisation dans le domaine ferroviaire. Par exemple, lors des entrées ou sorties de tunnels, des zones vallonnées ou des canyons le signal GPS est perturbé.

[0004] Le but de la demande est de proposer un procédé amélioré pour déterminer la position réelle d'un véhicule ferroviaire, en particulier pour déterminer une position d'un objet à observer par rapport au véhicule ferroviaire.

[0005] Ce but est atteint, conformément à l'invention, par un procédé pour déterminer la position d'un véhicule ferroviaire, le procédé comprenant les étapes suivantes :

acquérir les données d'une position mesurée d'un système de positionnement par satellite et/ou une centrale inertielle ;
obtenir une carte numérique comprenant une pluralité de noeuds de référence;
déterminer, à partir de la pluralité de noeuds de référence et une ou plusieurs contraintes de l'infrastructure ferroviaire, une trajectoire d'un segment d'une voie ferré ;
déterminer à partir de la trajectoire déterminée et les données de la position mesurée une position réelle du véhicule ferroviaire.

[0006] Suivant d'autres aspects avantageux de l'invention, le procédé comprend une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prises isolément ou suivant toutes les combinaisons techniquement possibles :

- les données d'une position mesurée comprennent la latitude, la longitude, l'altitude, le roulis, le tangage et/ou le lacet ;
- la ou les contraintes de l'infrastructure ferroviaire sont au moins une vitesse maximale autorisée du véhicule ferroviaire sur la voie ferrée, en particulier sur le segment de la voie ferrée, le rayon minimal de la voie ferrée, une variation maximale de courbure du rail, une variation maximale de torsion du rail une accélération maximale radiale autorisée et/ou une secousse maximale latérale autorisée ;
- déterminer à partir de la trajectoire déterminée et les données de la position mesurée au moins une position réelle du véhicule ferroviaire comprends projeter au moins une coordonnée des données de la position mesurée sur la trajectoire déterminée ;
- le procédé comprend en outre l'étape à déterminer à partir de la position réelle du véhicule ferroviaire, la trajectoire déterminée et les dimensions du véhicule ferroviaire un vecteur normal de la face avant du véhicule ferroviaire, en particulier le lacet de l'extrémité avant du véhicule ferroviaire, et/ou l'orientation du véhicule ferroviaire ;
- les noeuds de référence ont entre eux une distance, suivant la direction de la voie ferrée, entre 20m et 100m, en particulier entre 40m et 80m.
- les noeuds ont une distance égale entre eux suivant la direction de la voie ferrée.

[0007] L'invention a également pour objet un procédé de contrôle d'un véhicule ferroviaire,
le procédé comprenant les étapes suivantes :

déterminer la position réelle du véhicule ferroviaire selon un procédé tel que défini ci-dessus ; et
déterminer une direction et/ou un positionnement d'au moins une zone d'observation par rapport au véhicule ferroviaire,
effectuer une reconnaissance d'image de la ou les zones d'observation ;
contrôler la vitesse du véhicule ferroviaire en fonction d'un objet reconnu dans la ou les zones d'observation et, en particulier, en fonction de la position réelle déterminée.

[0008] Suivant d'autres aspects avantageux de l'invention, le procédé comprend une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :

- un objet à observer est une signalisation ferroviaire, en particulier une pancarte, un tableau, un signal lumineux et/ou un signal mécanique.

[0009] L'invention a également pour objet un contrôleur pour un véhicule ferroviaire, le contrôleur comprenant un ou plusieurs processeurs configurés pour mettre en oeuvre les étapes du procédé tel que défini ci-dessus.

[0010] L'invention a également pour objet un produit programme d'ordinateur comprenant des instructions qui, lorsque le programme est exécuté par un ordinateur, conduisent celui-ci à mettre en oeuvre les étapes du procédé tel que défini ci-dessus.

[0011] D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention ressortiront de la description faite ci-dessous, en référence aux dessins, qui illustrent un exemple de réalisation dépourvu de tout caractère limitatif et dans lesquels :

[Fig 1] Fig. 1 montre schématiquement une voie ferrée avec une signalisation ferroviaire ;

[Fig 2] Fig. 2 montre schématiquement une trajectoire d'une voie ferrée calculée ;

[Fig 3] Fig. 3 montre schématiquement des positions mesurées d'un système de positionnement par satellite et/ou une centrale inertielle superposées à la trajectoire de la voie ferrée calculée ;

[Fig 4] Fig. 4 montre schématiquement une trajectoire d'une voie ferrée calculée avec un signal ferroviaire et différentes positions réelles déterminées d'un véhicule ferroviaire ;

[Fig 5] Fig. 5 montre une image d'une caméra montée à l'extrémité avant du véhicule ferroviaire ; et

[Fig 6] Fig. 6 montre schématiquement un ordinogramme d'un procédé selon un mode de réalisation.

[0012] Fig. 1 montre schématiquement une voie ferrée 1 avec une signalisation ferroviaire 3. La signalisation ferroviaire 3 est un objet à observer par un véhicule ferroviaire, par exemple lorsque le véhicule ferroviaire fonctionne de manière automatique.

[0013] Une ou des cartes numériques utilisées pour décrire les infrastructures ferroviaires comprennent une pluralité de points de référence 5. Les points de référence sont aussi appelés noeuds 5. Ces points de référence ou noeuds 5 permettent de déterminer et de décrire au moins une trajectoire d'un segment d'une voie ferrée 1. Chaque noeud 5 est alors agencé sur la voie ferrée 1 comprenant des rails.

[0014] La voie ferrée 1 est formée ainsi par un ou plusieurs arcs de clothoïde qui passent par les noeuds 5 et/ou sont joints au noeuds 5. Une clothoïde est une courbe plane.

[0015] La ou les cartes numériques comprennent également au moins l'objet 3 à observer. Par exemple l'objet à observer est la signalisation ferroviaire 3, comme une pancarte, un tableau, un signal lumineux et/ou un signal mécanique. Dans un exemple, la signalisation ferroviaire 3 forme également un noeud de la clothoïde.

[0016] Dans un mode de réalisation, l'espacement des noeuds 5 est supérieure par rapport à la cartographie des routes automobiles.

[0017] Selon un mode de réalisation, l'espacement des noeuds 5 est déterminé suivant la direction de la voie ferrée 1, par exemple lors de la création de la ou des cartes numériques.

[0018] Par exemple, les noeuds 5 ont entre eux une distance entre 20m et 100m, de préférence environ 60m, en particulier avant la signalisation ferroviaire 3. Dans un mode de réalisation, les noeuds 5 ont une distance égale entre eux suivant la direction de la voie ferrée 1. Dans un autre mode de réalisation, les noeuds 5 sont plus proches les uns des autres dans des courbes par rapport au lignes droites.

[0019] Le nombre et la distance de noeuds sont optimisés pour permettre à un véhicule ferroviaire 6 (montré sur les Figures 2 et 3) d'en déduire le positionnement de la voie ferrée avec une marge d'erreur minimisée. Dans un mode de réalisation, au moins 5 noeuds sont utilisés avant un objet à observer, par exemple avant la signalisation ferroviaire 3.

[0020] Le nombre minimal de noeuds et leur distance entre eux pour un segment de la voie ferrée 1 sont déterminés de manière à minimiser l'erreur, notamment l'erreur de l'angle maximale de sortie et l'erreur maximal entre les deux trajectoires 7a, 7b extrêmes calculées ou déterminées à partir des noeuds 5. Dans un mode de réalisation, l'erreur maximale entre deux trajectoires est inférieure à la distance entre deux voies ferrées parallèles, par exemple inférieure à 1.5m, en particulier inférieure à 1.25m. Dans un exemple, l'erreur de l'angle maximale de sortie est inférieure à 2.5 degrés, en particulier inférieure à 1.94 degrés.

[0021] Par exemple, un algorithme pour calculer le nombre minimal de noeuds 5 et leur distance entre eux prend en compte une ou plusieurs des contraintes suivantes : une longueur de la voie ferrée, en particulier du segment de la voie ferrée à décrire par la ou les cartes, une accélération radiale, au moins une vitesse maximale autorisée du véhicule ferroviaire 6 sur la voie ferrée, en particulier sur le segment de la voie ferrée, le rayon minimal de la voie ferrée, une accélération maximale radiale autorisée, la variation maximale de courbure du rail, la variation maximale de torsion du rail et/ou une secousse maximale latérale autorisée.

[0022] Au moins une partie des contraintes sont définies par les règlementations ferroviaires. Par exemple, la secousse maximale latérale autorisée est inférieure à 0.5 m/s^3, en particulier inférieure à 0.2 m/s^3, l'accélération maximale radiale autorisée est inférieure à 1.5 m/s^2, en particulier inférieure à 1.25 m/s^2. De plus, la voie ferrée, en particulier le segment de la voie ferrée, peut avoir d'autres contraintes, par exemple une vitesse maximale autorisée inférieure à 50 km/h pour un rayon minimal de la voie ferrée supérieure à 125m, en particulier supérieure à 150m.

[0023] Dans un mode de réalisation, le nombre de noeuds et leur distance entre eux sont déterminés de manière itératif. Par exemple, lors du calcul itératif, l'algorithme commence avec un nombre minimal de noeuds, par exemple 2. Ensuite une courbe est créée en prenant en compte une ou plusieurs contraintes. Dans la suite l'erreur est calculée, notamment l'erreur de l'angle maximal de sortie, une erreur maximale latérale et/ou l'erreur maximale entre les deux trajectoires 7a, 7b extrêmes calculées ou déterminées à partir des noeuds 5. Si l'erreur est supérieure à une valeur maximale, le nombre de noeuds est augmenté est le calcul est répété. Le calcul itératif est arrêté lorsque l'erreur, notamment l'erreur de l'angle maximal de sortie et l'erreur maximale entre les deux trajectoires 7a, 7b est inférieure à un seuil prédéfini, par exemple la ou les erreurs maximales décrites ci-dessus. Lors du calcul des noeuds, des équations mathématiques et géométriques standards sont utilisées.

[0024] En autre mots, les contraintes de l'infrastructure ferroviaire, en particulier d'un segment de la voie ferrée,

permettent de réduire le nombre de noeuds 5. Ces contraintes sont par exemple liées à la topologie, les courbes, et/ou les exigences de l'infrastructure ferroviaire, en particulier de la voie ferrée 1 ou du segment de la voie ferrée 1.

[0025] Les noeuds et/ou la position de la signalisation ferroviaire sont alors stockés dans la ou les cartes numériques utilisées pour décrire les infrastructures ferroviaires.

[0026] Dans un mode de réalisation, la ou les cartes numériques comprennent également une ou plusieurs contraintes, notamment l'accélération radiale, au moins une vitesse maximale autorisée du véhicule ferroviaire 6, en particulier sur le segment de la voie ferrée, le rayon minimal de la voie ferrée, la variation maximale de courbure du rail, la variation maximale de torsion du rail, une accélération maximale radiale autorisée et/ou une secousse maximale latérale autorisée. Notamment la carte numérique comprend la ou les contraintes utilisées pour le calcul de nombre des noeuds et/ou nécessaires pour déterminer une trajectoire.

[0027] Le véhicule ferroviaire 6, en particulier un contrôleur 6a pour un véhicule ferroviaire 6 est propre à calculer la trajectoire du segment de la voie ferrée à partir des noeuds 5 stockés dans la ou les cartes numériques et les contraintes de l'infrastructure ferroviaire.

[0028] Dans un mode de réalisation, le contrôleur comprend un ou plusieurs processeurs. Le contrôleur est placé dans le véhicule ferroviaire 6 ou en dehors du véhicule ferroviaire 6, par exemple sur un serveur.

[0029] La ou les contraintes de l'infrastructure ferroviaire sont soit stockées dans la ou les cartes numériques ou soit connues en avance par le contrôleur 6a ou soit partiellement stockées dans la ou les cartes numériques et partiellement connues en avance par le contrôleur 6a.

[0030] Dans un mode de réalisation, la ou les contraintes de l'infrastructure ferroviaire sont notamment au moins une vitesse maximale autorisée du véhicule ferroviaire 6, en particulier sur le segment de la voie ferrée 1, le rayon minimal de la voie ferrée, la variation maximale de courbure du rail, la variation maximale de torsion du rail, une accélération maximale radiale autorisée et/ou une secousse maximale latérale autorisée.

[0031] La Figure 1 montre en outre deux autres trajectoires possibles 7a, 7b de la voie ferrée qui peuvent former une ou plusieurs clothoïdes. Chaque trajectoire 7a, 7b possède des paramètres différents l'une par rapport à l'autre.

[0032] La Figure 2 montre schématiquement une trajectoire 9 d'une voie ferrée calculée à partir des noeuds 5 et les contraintes de l'infrastructure ferroviaire comme décrites ci-dessus. Les noeuds 5 désignent respectivement un point géographique. La trajectoire 9 correspond à la meilleure estimation d'une trajectoire.

[0033] Par exemple un repère de Serret-Frenet, en particulier avec un développement de Taylor, peut être utilisé à cette fin pour construire la trajectoire, en particulier une trajectoire polyligne.

[0034] La repère de Serret-Frenet, en particulier son développement de Taylor, comprends trois vecteurs décrivant la courbe, notamment le vecteurs T, N, B, aussi appelés ensemble en anglais « TNB frame ». Les trois vecteurs T, N, B sont unitaires et forment une base orthonormale directe. T est le vecteur tangent unitaire, N et le vecteur normale et B est le vecteur binormal. Les vecteurs ont les relations suivantes entre eux :

$$\frac{dT}{ds} = \kappa N, \qquad \text{équation (1)}$$

$$\frac{dN}{ds} = -\kappa T + \tau B, \qquad \text{équation (2)}$$

$$\frac{dB}{ds} = -\tau N, \qquad \text{équation (3)}$$

avec d/ds étant la dérivée par rapport à l'abscisse curviligne s, κ étant la courbure de la courbe et τ étant la torsion de la courbe.

[0035] Pour déterminer les paramètres, notamment κ et τ, du repère de Serret-Frenet pour déterminer la trajectoire de la voie ferrée la plus probable, une ou plusieurs contraintes de l'infrastructure sont utilisées, par exemple le rayon minimal, la variation maximale de courbure du rail et/ou la variation maximale de torsion du rail, et la distance respective de la trajectoire aux noeuds est minimisé, les variations de la courbure de rail sont minimisées et/ou les variations de la torsion de rail sont minimisées. Dans un mode de réalisation l'erreur maximale latérale est prise également en compte pour déterminer la trajectoire la plus probable.

[0036] Figure 3 montre schématiquement des coordonnées mesurées 11 d'un système de positionnement par satellite 12a et/ou d'une centrale inertielle 12b superposées à la trajectoire 9 d'une voie ferrée calculée. Les coordonnées 11 mesurées sont obtenues par des données de position du système de positionnement par satellite et/ou de la centrale inertielle.

[0037] Une centrale inertielle 12b est un instrument propre à mesurer le mouvement d'un véhicule dans laquelle la centrale inertielle est montée. Par exemple, la centrale inertielle est propre à estimer une orientation, une vitesse et une position du véhicule, en particulier à partir d'une mesure de l'accélération et de la vitesse angulaire. Une centrale inertielle est dénommée « Inertial Measurement Unit (IMU) » en anglais.

[0038] Un système de positionnement par satellite 12a, également connu sous le nom anglais « Global navigation satellite system (GNSS) » est un système propre à déterminer sa position et sa vitesse à partir des signaux reçus des satellites. Par exemple, un système de positionnement par satellite est le GPS (Global Positioning System), Glonass ou Galileo.

[0039] Dans un mode de réalisation, le système de positionnement par satellite 12a à une précision de 5 mètres.

[0040] La centrale inertielle 12b et/ou le système de positionnement par satellite 12a sont propres à fournir des données d'une position du véhicule ferroviaire 6, en particulier les coordonnées (la latitude, la longitude, l'altitude), le roulis, le tangage et/ou le lacet,. Par exemple, la centrale inertielle 12b et/ou le système de positionnement par satellite 12a fournissent les données d'une position du véhicule ferroviaire 6 au contrôleur 6a.

[0041] Dans un mode de réalisation, le contrôleur 6a pour le véhicule ferroviaire 6 est propre à calculer à partir des données de la position mesurée, en particulier les coordonnées mesurées 11, et la trajectoire 9 la ou les positions réelles 13 du véhicule ferroviaire 6.

[0042] Dans un mode de réalisation, les coordonnées 11 obtenues à partir des données d'une position 11 sont projetées sur la trajectoire 9 de la voie ferrée.

[0043] La projection est faite, par exemple, par une droite traversant les coordonnées mesurées 11 qui est orthogonale à une tangente de la trajectoire 9 à la position réelle 13. Dans un autre mode de réalisation, la projection 15 sur la trajectoire 9 est faite de manière orthogonal à un vecteur de vitesse du véhicule calculé à partir des données de la position 11 de la centrale inertielle et/ou le système de positionnement par satellite. La position réelle 13 est alors le point sur la trajectoire 9 où la projection 15 croise la trajectoire 9. Dans un autre mode de réalisation, les coordonnées 13 sont déterminées à partir du point le plus probable sur la trajectoire 9, en particulier un optimum de probabilités de position sur la trajectoire 9.

[0044] La position réelle 13 est un point de référence sur le véhicule qui peut être définit arbitrairement, par exemple l'avant le nez du véhicule ou la position de la caméra dans le véhicule, notamment pour simplifier les calculs.

[0045] Dans un mode de réalisation, le contrôleur 6a pour le véhicule ferroviaire 6 est propre à calculer un vecteur normal de la face avant du véhicule ferroviaire 6 (« heading vector » en anglais), en particulier le lacet de l'extrémité avant du véhicule ferroviaire 6, et/ou l'orientation du véhicule ferroviaire 6. Par exemple, les dimensions du véhicule ferroviaire 6, la trajectoire calculée 9 et la position réelle 13 sont prises en compte pour ce calcul. Le contrôleur est alors propre à obtenir les dimensions du véhicule ferroviaire 6 d'une ou plusieurs mémoires ou d'un autre contrôleur.

[0046] Les dimensions du véhicule ferroviaire 6 comprennent par exemple la longueur du véhicule ferroviaire 6, la longueur des caisses du véhicule ferroviaire 6, le largueur du véhicule ferroviaire 6, la distance entre deux bogies, en particulier des caisses du véhicule ferroviaire 6, et/ou la hauteur du véhicule ferroviaire 6, en particulier des caisses du véhicule ferroviaire 6. Les caisses du véhicule ferroviaire 6 comprennent des caisses motorisées et sans moteur, les caisses des extrémités et/ou les caisses intermédiaires. Les caisses des extrémités sont par exemples les caisses des extrémités avant et/ou arrière. Les caisses intermédiaires sont entre les caisses des extrémités. Les dimensions du véhicule comprennent également le positionnement de la centrale inertielle 12b et/ou le système de positionnement par satellite 12a dans le véhicule ferroviaire.

[0047] Dans un exemple, le contrôleur 6a pour le véhicule ferroviaire 6 est propre à déterminer la direction d'une ou plusieurs zones d'observation par rapport au véhicule ferroviaire 6. Par exemple, chaque zone d'observation contient un objet à observer, en particulier une signalisation ferroviaire et/ou un possible obstacle à observer.

[0048] Dans un mode de réalisation, l'objet est un obstacle s'étendant dans le gabarit ferroviaire sur la voie ferrée, par exemple une personne traversant la voie ferrée ou un arbre bloquant la voie ferrée. Dans ce cas, la ou les zones d'observation comprennent au moins le gabarit du train.

[0049] Chaque zone d'observation est capturée par une ou plusieurs caméras et/ou détecteurs dans le véhicule ferroviaire 6. Par exemple, la ou les caméras et/ou détecteurs sont agencé dans la face avant du véhicule ferroviaire 6.

[0050] Dans un mode de réalisation, la direction de chaque zone d'observation est déterminée à partir de la position réelle 13 du véhicule ferroviaire 6 d'une part et l'orientation du véhicule ferroviaire 6, le lacet de l'extrémité avant du véhicule ferroviaire 6 et/ou le vecteur normal de la face avant du véhicule ferroviaire 6 d'autre part.

[0051] Par exemple, la direction de chaque zone d'observation est un azimut respectif et/ou une élévation respective par rapport au lacet de l'extrémité avant du véhicule ferroviaire 6. Dans d'autres modes de réalisation, la trajectoire déterminée 9 de la voie ferrée est prise également en compte pour déterminer la direction ou le positionnement d'une zone d'observation par rapport au véhicule ferroviaire 6. Alternativement ou additionnellement, des coordonnées de la zone d'observation sont prises également en compte pour déterminer la direction ou le positionnement d'une zone d'observation par rapport au véhicule ferroviaire 6.

[0052] Figure 4 montre schématiquement un véhicule ferroviaire 6 circulant sur la trajectoire 9 de la voie ferrée. Les croix 13a, 13b, 13c montrent respectivement une position réelle déterminée. L'angle α_a, α_b, α_c entre le lacet 17a, 17b, 17c ou le vecteur normal de la face avant du véhicule ferroviaire 6 d'une part et un vecteur 19a, 19b, 19c entre la position réelle déterminée 13a, 13b, 13c et la zone d'observation, ici avec la signalisation ferroviaire 3 d'autre part est différent pour chaque position réelle 13a, 13b, 13c déterminée sur la trajectoire 9. Chaque angle forme respectivement un azimut α_a, α_b, α_c. Dans un autre mode de réalisation alternativement et additionnellement une élévation est prise en compte pour calculer la direction ou le positionnement d'une zone d'observation par rapport au véhicule ferroviaire 6.

[0053] Figure 5 montre schématiquement la vue d'une

caméra montée à la face avant du véhicule ferroviaire 6. Le champ de vue comprend une pluralité des signalisations ferroviaires 3a, 3b, 3c, 3d. Par contre, seulement une d'entre elles sont à prendre en compte par le véhicule ferroviaire 6. Les autres signalisations, ici les signalisations ferroviaires 3a, 3b, 3c, concernent d'autres voies ferrées adjacentes.

[0054] Selon un mode de réalisation, il est possible de déterminer exactement la direction ou le positionnement de la zone d'observation 19 comprenant la signalisation ferroviaire 3d par rapport au véhicule ferroviaire 6, par exemple un azimut et/ou une élévation qui désigne le centre de la zone d'observation 19. Dans un autre mode de réalisation un coin de la zone d'observation 19 est désigné par l'azimut et/ou l'élévation. Comme décrit ci-dessus, l'azimut et/ou l'élévation est déterminé à partir de la position réelle déterminée du véhicule ferroviaire 6 d'une part et l'orientation du véhicule ferroviaire 6, le lacet de l'extrémité avant du véhicule ferroviaire 6 et/ou le un vecteur normal de la face avant du véhicule ferroviaire 6 d'autre part.

[0055] Dans la suite, le contrôleur 6a fait une reconnaissance d'image dans la zone d'observation. De cette façon, il est possible de trouver et reconnaitre la signalisation ferroviaire 3d concernant le véhicule ferroviaire 6.

[0056] De la même façon, il est possible de déterminer un obstacle s'étendant dans le gabarit ferroviaire, par exemple une personne traversant la voie ferrée, devant le véhicule ferroviaire 6. Dans ce cas, l'objet à reconnaitre est l'obstacle et/ou la ou les zones d'observation correspond au gabarit ferroviaire à une ou plusieurs positions données le long de la voie ferrée ou de la trajectoire 9 de la voie ferrée.

[0057] Dans un mode de réalisation, le contrôleur 6a est propre à contrôler la vitesse du véhicule ferroviaire 6 en fonction de la position réelle déterminée 13, 13a, 13b, 13c et de l'objet reconnu. Par exemple, lorsqu'un signal rouge et/ou un obstacle sur la voie ferrée est détecté, le contrôleur 6a est propre à arrêter ou à freiner le véhicule ferroviaire 6.

[0058] Fig. 6 montre schématiquement un ordinogramme d'un procédé selon un mode de réalisation.

[0059] Dans une première étape 1000 les données d'une position mesurée d'un système de positionnement par satellite 12a et/ou une centrale inertielle 12b sont acquis. Par exemples les données de la position contiennent au moins une coordonnée mesurée 11.

[0060] Dans la suite, ou préalablement, à l'étape 1010 au moins une carte numérique comprenant une pluralité de noeuds 5 de référence sont obtenus. Les noeuds 5 de référence décrivent au moins un segment d'une voie ferrée d'une infrastructure ferroviaire. Par exemple la ou les cartes numériques est/sont chargées d'une ou plusieurs mémoires du véhicule ferroviaire. Alternativement, la ou les cartes sont reçues d'un autre contrôleur, par exemple par une transmission électronique. Les contraintes de l'infrastructure ferroviaire sont également chargées ou obtenues par le contrôleur 6a.

[0061] A partir de la pluralité de noeuds de référence 5 et les contraintes de l'infrastructure ferroviaire, à l'étape 1020, une trajectoire d'une voie ferrée 9 est déterminée. Par exemple, comme décrit ci-dessus, la ou les contraintes de l'infrastructure ferroviaire sont une vitesse maximale autorisée du véhicule ferroviaire 6, en particulier sur le segment de la voie ferrée, le rayon minimal de la voie ferrée, la variation maximale de courbure du rail, la variation maximale de torsion du rail, une accélération maximale radiale autorisée et/ou une secousse maximale latérale autorisée. Par exemple un repère de Serret-Frenet peut être utilisé à cette fin.

[0062] La trajectoire déterminée 9 et les données de la position mesurée, par exemples les coordonnées mesurées 11, sont utilisées pour déterminer, à l'étape 1030, au moins une position réelle 13 du véhicule ferroviaire 6. Par exemple, à cet effet une position mesurée ou des coordonnées mesurées obtenu par les données d'une position est projetée sur la trajectoire déterminée 9.

[0063] Optionnellement, à l'étape 1040, la direction ou le positionnement d'une ou plusieurs zones d'observation 19 par rapport au véhicule ferroviaire 6 est déterminé(e) et une reconnaissance d'image de chaque zone d'observation 19 est effectuée. Par exemple, préalablement un vecteur normal de la face avant du véhicule ferroviaire 6, en particulier le lacet de l'extrémité avant du véhicule ferroviaire 6, et/ou l'orientation du véhicule ferroviaire 6 est/sont déterminés ou calculés, par exemple à partir de la position réelle 13 du véhicule ferroviaire 6, la trajectoire déterminée 9 et les dimensions du véhicule ferroviaire 6.

[0064] Dans un mode de réalisation, la direction ou le positionnement de chaque zone d'observation par rapport au véhicule ferroviaire 6 est déterminé(e) à partir de la position réelle 13 du véhicule ferroviaire 6 d'une part et l'orientation du véhicule ferroviaire 6, le lacet de l'extrémité avant du véhicule ferroviaire 6 et/ou le un vecteur normal de la face avant du véhicule ferroviaire 6 d'autre part.

[0065] Dans d'autres modes de réalisation, la trajectoire 9 déterminée de la voie ferrée est prise également en compte pour déterminer la direction ou le positionnement de chaque zone d'observation 19 par rapport au véhicule ferroviaire 6. Alternativement ou additionnellement, des coordonnées de chaque zone d'observation sont prises également en compte pour déterminer la direction ou le positionnement d'une zone d'observation 19 par rapport au véhicule ferroviaire 6, par exemple pour déterminer l'azimut et/ou l'élévation de chaque zone d'observation.

[0066] Finalement, à l'étape 1050 la vitesse du véhicule ferroviaire 6 est contrôlée en fonction d'un objet reconnu dans la ou les zones d'observation 19 et en particulier de la position réelle 13 déterminée. Par exemple le contrôleur 6a commande un freinage, arrêt ou une accélération du véhicule ferroviaire 6.

[0067] Selon l'invention, le recalage sur une trajectoire prédéfinie repose sur les contraintes fortes. Les positions

imposées par la trajectoire de la voie ferrée permettent d'obtenir une reconnaissance des objets plus fiable et/ou un stockage de données réduites pour une cartographie de voie ferrée.

Revendications

1. Procédé pour déterminer la position d'un véhicule ferroviaire (6), le procédé comprenant les étapes suivantes :

   acquérir (1000) les données d'une position mesurée (11) d'un système de positionnement par satellite (12a) et/ou une centrale inertielle (12b) ;
   obtenir (1010) une carte numérique comprenant une pluralité de noeuds (5) de référence;
   déterminer (1020), à partir de la pluralité de noeuds (5) de référence et une ou plusieurs contraintes de l'infrastructure ferroviaire, une trajectoire (9) d'un segment d'une voie ferrée ;
   déterminer (1030) à partir de la trajectoire déterminée (9) et les données de la position mesurée (11) une position réelle (13) du véhicule ferroviaire (6).

2. Procédé selon la revendication précédente, dans lequel les données d'une position mesurée (11) comprennent la latitude, la longitude, l'altitude, le roulis, le tangage et/ou le lacet.

3. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la ou les contraintes de l'infrastructure ferroviaire sont au moins une vitesse maximale autorisée du véhicule ferroviaire (6) sur la voie ferrée, en particulier sur le segment de la voie ferrée, le rayon minimal de la voie ferrée, une variation maximale de courbure du rail, une variation maximale de torsion du rail une accélération maximale radiale autorisée et/ou une secousse maximale latérale autorisée.

4. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel déterminer à partir de la trajectoire déterminée (9) et les données de la position mesurée (11) une position réelle (13) du véhicule ferroviaire (6) comprend projeter au moins une coordonnée des données de la position mesurée sur la trajectoire déterminée (9).

5. Procédé selon l'une des revendications précédentes comprenant en outre l'étape à déterminer à partir de de la position réelle (13) du véhicule ferroviaire (6), la trajectoire déterminée (9) et les dimensions du véhicule ferroviaire un vecteur normal de la face avant du véhicule ferroviaire (6), en particulier le lacet (17a, 17b, 17c) de l'extrémité avant du véhicule ferroviaire (6), et/ou l'orientation du véhicule ferroviaire (6).

6. Procédé selon l'une des revendications précédentes dans lequel les noeuds de référence ont entre eux une distance, suivant la direction de la voie ferrée, entre 20m et 100m, en particulier entre 40m et 80m.

7. Procédé selon l'une des revendications précédentes dans lequel les noeuds (5) ont une distance égale entre eux suivant la direction de la voie ferrée (1).

8. Procédé de contrôle d'un véhicule ferroviaire, le procédé comprenant les étapes suivantes :

   déterminer la position réelle (13) du véhicule ferroviaire (6) selon l'une des revendications précédentes ; et
   déterminer (1040) une direction et/ou un positionnement d'au moins une zone d'observation (19) par rapport au véhicule ferroviaire (6),
   effectuer une reconnaissance d'image de la ou les zones d'observation (19) ;
   contrôler (1050) la vitesse du véhicule ferroviaire (6) en fonction d'un objet à observer reconnu dans la ou les zones d'observation et, en particulier, en fonction de la position réelle (13) déterminée.

9. Procédé selon la revendication 8, dans lequel un objet à observer est une signalisation ferroviaire (3, 3a, 3b, 3c, 3d), en particulier une pancarte, un tableau, un signal lumineux et/ou un signal mécanique.

10. Contrôleur pour un véhicule ferroviaire, comprenant un ou plusieurs processeurs configurés pour mettre en oeuvre les étapes du procédé pour déterminer la position d'un véhicule ferroviaire selon l'une des revendications 1 à 7.

11. Contrôleur pour un véhicule ferroviaire, comprenant un ou plusieurs processeurs configurés pour mettre en oeuvre les étapes du procédé de contrôle d'un véhicule ferroviaire selon l'une des revendications 8 ou 9.

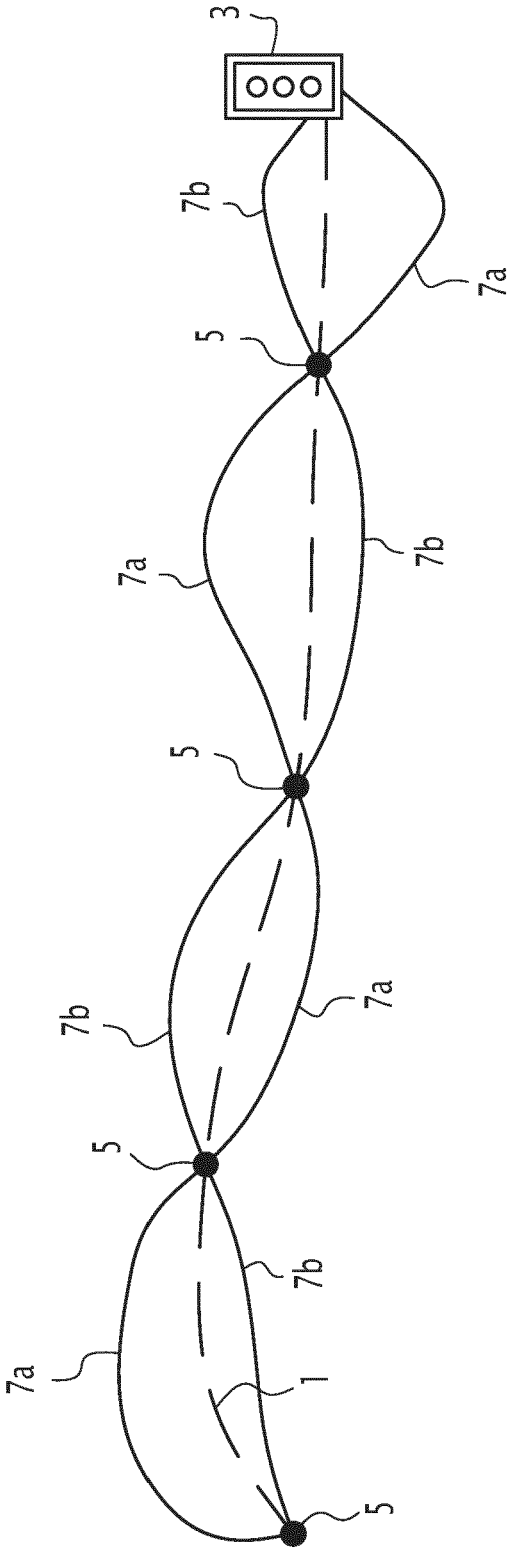

FIG.1

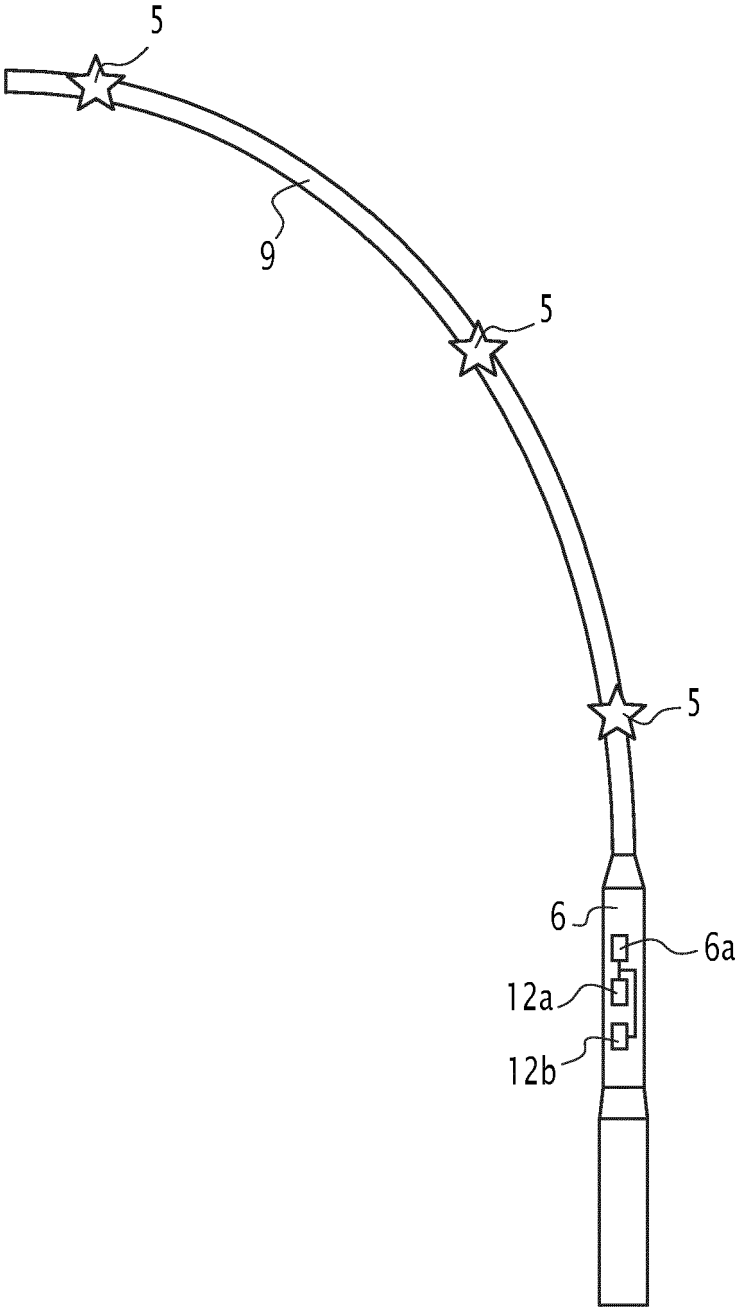

FIG.2

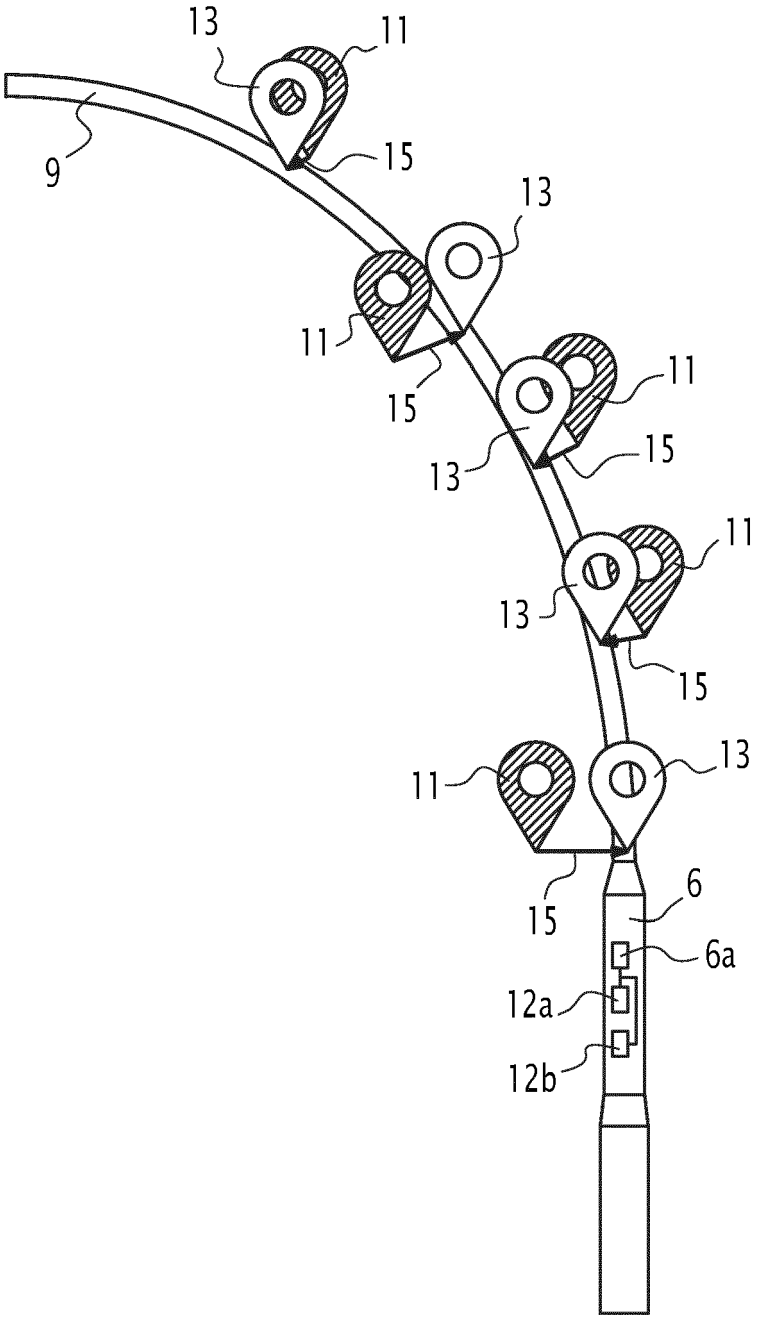

FIG.3

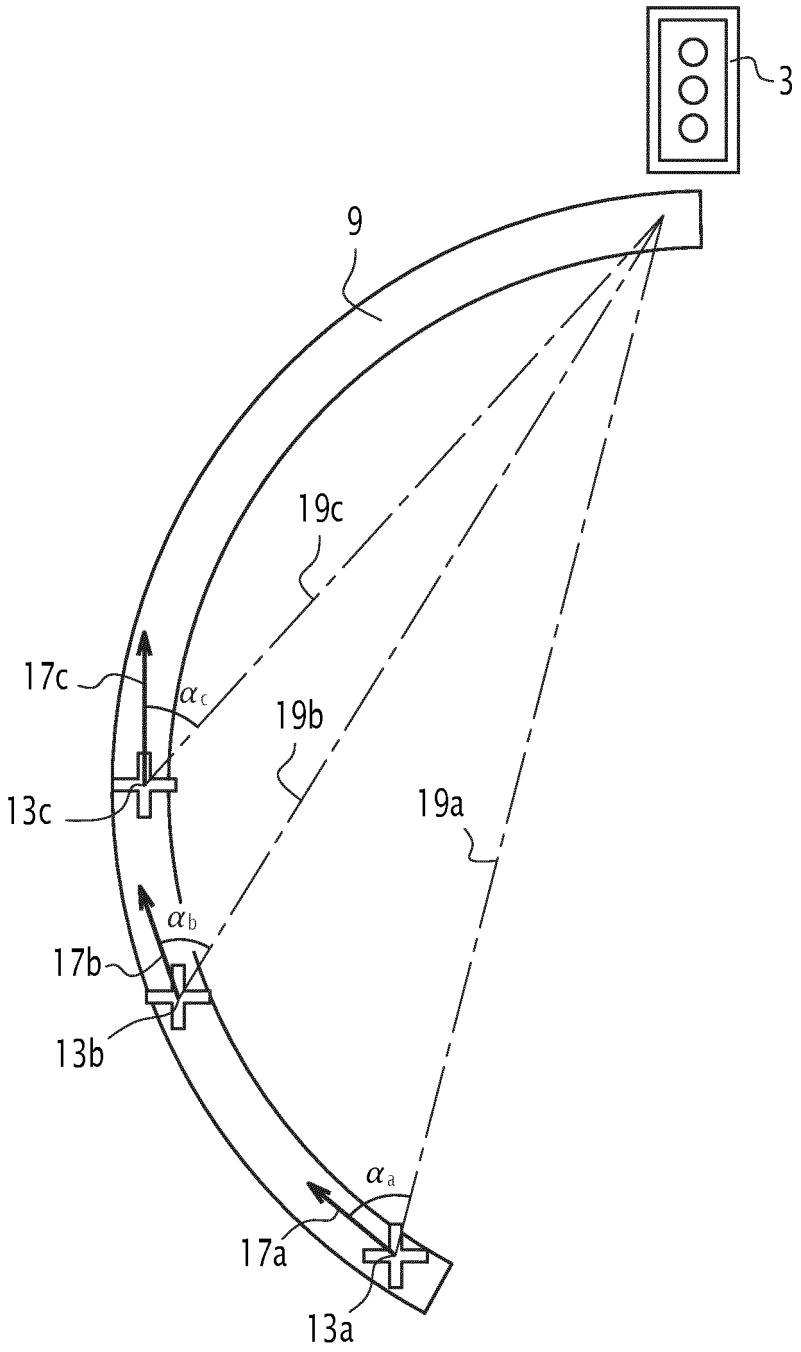

FIG.4

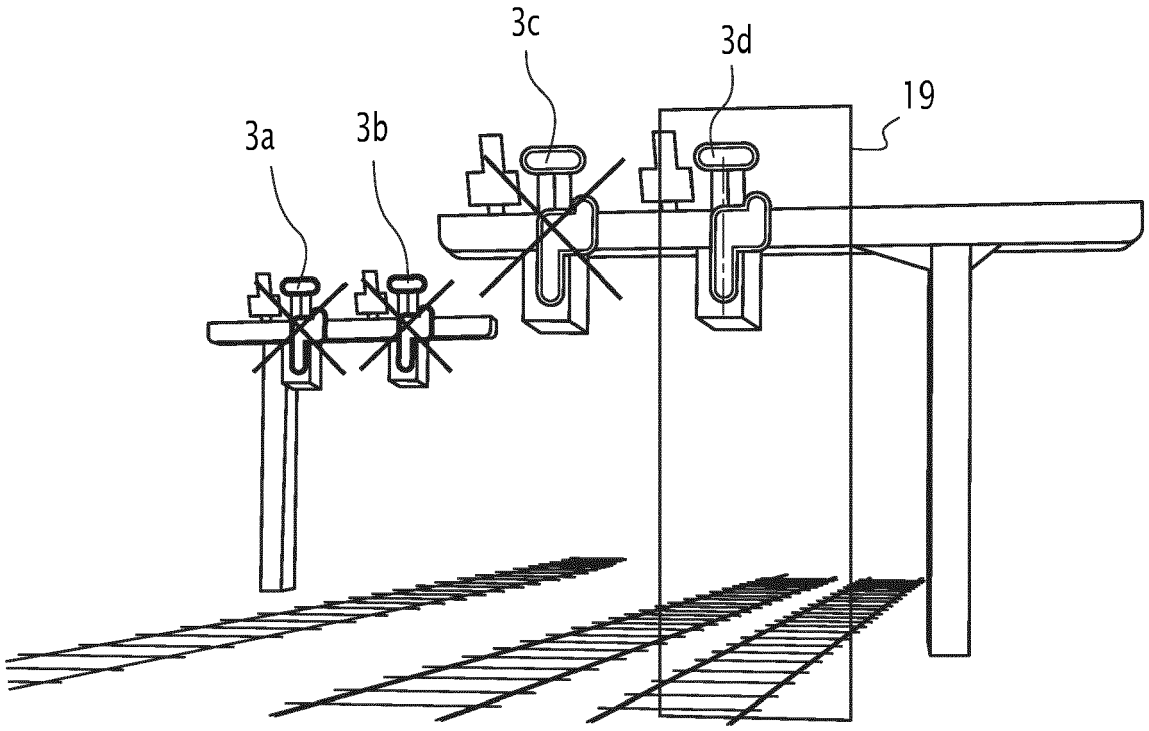

FIG.5

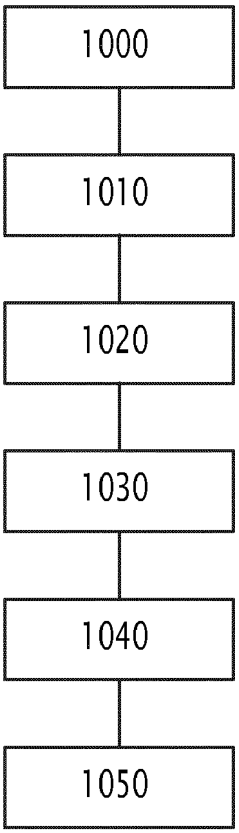

FIG.6

Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 23 21 4605

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
X	EP 3 722 182 A1 (THALES MAN & SERVICES DEUTSCHLAND GMBH [DE]) 14 octobre 2020 (2020-10-14) * alinéas [0008] - [0027], [0031] - [0102]; figures 1-7 *	1-11	INV. B61L25/02 B61L23/04
A	EP 3 750 776 A1 (MISSION EMBEDDED GMBH [AT]) 16 décembre 2020 (2020-12-16) * alinéas [0001], [0002], [0011] - [0017], [0020] - [0048]; figures 1-4 *	1-11	
A	WO 2021/048471 A1 (THALES SA [FR]) 18 mars 2021 (2021-03-18) * page 2, ligne 7 - ligne 21 * * page 3, ligne 16 - page 4, ligne 20 * * page 7, ligne 10 - page 8, ligne 7 * * page 9, ligne 7 - page 15, ligne 14 * * figures 1-9 *	1-11	

DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)

B61L

Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications

Lieu de la recherche	Date d'achèvement de la recherche	Examinateur
Munich	12 avril 2024	Massalski, Matthias

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 23 21 4605

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 members 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.

12-04-2024

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 3722182 A1	14-10-2020	AU 2020201541 A1	29-10-2020
		CA 3074977 A1	12-10-2020
		CN 111806520 A	23-10-2020
		EP 3722182 A1	14-10-2020
		US 2021094595 A1	01-04-2021
EP 3750776 A1	16-12-2020	EP 3750776 A1	16-12-2020
		ES 2930674 T3	20-12-2022
		IL 288651 A	01-02-2022
		WO 2020249558 A1	17-12-2020
WO 2021048471 A1	18-03-2021	CA 3154469 A1	18-03-2021
		CN 114631040 A	14-06-2022
		EP 4028795 A1	20-07-2022
		US 2022326395 A1	13-10-2022
		WO 2021048471 A1	18-03-2021

EPO FORM P0460

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 3147884 A1 **[0003]**
- US 20130101174 A1 **[0003]**