



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
25.07.2018 Bulletin 2018/30

(51) Int Cl.:
B61L 23/04 ^(2006.01) **B61L 27/00** ^(2006.01)
B61K 9/08 ^(2006.01) **B61L 3/00** ^(2006.01)
B61L 25/02 ^(2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **18152813.4**

(22) Date de dépôt: **22.01.2018**

(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:
MA MD TN

(72) Inventeurs:
 • **BONGINI, Estelle**
75020 PARIS (FR)
 • **FUNFSCHILLING, Christine**
75013 PARIS (FR)

(74) Mandataire: **Delaveau, Sophie**
Lexando & Caracteq
14, rue Rodier
75009 Paris (FR)

(30) Priorité: **23.01.2017 FR 1750518**

(71) Demandeur: **SNCF RESEAU**
93418 La Plaine Saint-Denis CEDEX (FR)

(54) **PROCÉDÉ ET INSTALLATION D'ANALYSE AUTOMATIQUE DE L'ÉVOLUTION DE LA GÉOMÉTRIE DE VOIES DE CIRCULATION**

(57) L'invention porte principalement sur un procédé d'analyse de la géométrie d'au moins une voie de circulation (2) comprenant deux files de rails propres à permettre la circulation de matériels roulants (3), qui est essentiellement caractérisé en ce qu'il comprend :

i) une première étape dans laquelle on acquiert deux accélérations verticales, et une position géographique dudit matériel roulant (3), puis on réalise un filtrage spatial, propre au réseau, de chaque accélération verticale associée à un instant donné, et on détermine une flèche verticale à partir de chaque accélération verticale filtrée

et associée à un instant donné, et on associe ces deux flèches verticales à cet instant donné et à la position géographique associée, et

ii) une seconde étape dans laquelle on compare les deux positions verticales filtrées, à au moins deux autres positions verticales filtrées, afin d'obtenir des informations relatives à une évolution de la géométrie de ladite voie de circulation (2) à cette position géographique choisie.

L'invention porte également sur une installation associée.

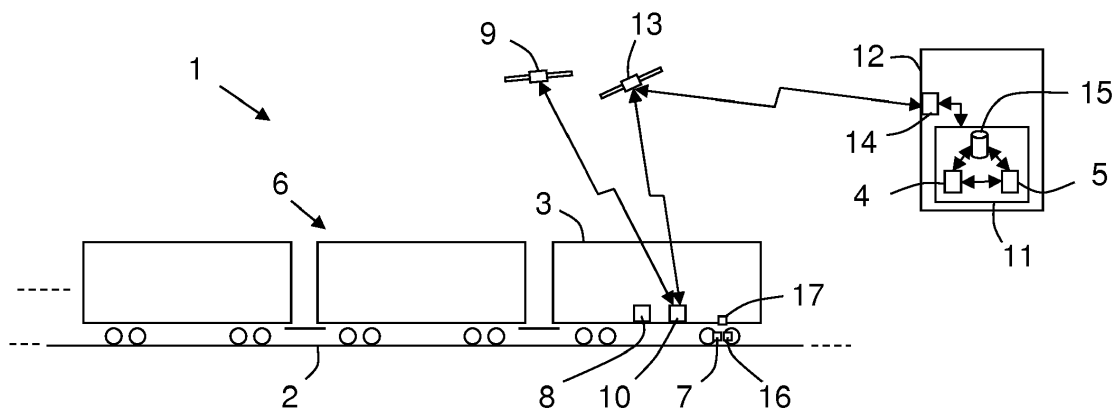


FIG.1

Description

[0001] La présente invention concerne les voies de circulation ferroviaires, et plus précisément le suivi de l'évolution de la géométrie de telles voies.

[0002] De façon connue, les voies de circulation ferroviaires peuvent faire l'objet localement de dégradations résultant principalement de la densité de circulation des trains et du comportement dynamique de ceux-ci dans leur interaction avec la voie et/ou du climat et/ou du type de sol sur lequel elles reposent et/ou des opérations de maintenance qu'elles ont subies. Certaines de ces dégradations se traduisent par une modification locale de la géométrie de la voie, caractérisée par sa partie verticale principalement par un défaut de nivellement vertical et/ou un défaut de gauche ou écart de dévers, et pour sa partie horizontale par un défaut de nivellement transversal et/ou un défaut d'écartement.

[0003] Les conséquences de ces dégradations pouvant être graves, les voies de circulation ferroviaires font l'objet d'un suivi réalisé soit au moyen d'engins mesurant une flèche, par exemple de type Mauzin, soit au moyen de systèmes dit inertiels, par exemple une centrale inertielle et des caméras acquérant des images vidéos, comme par exemple le système GEOV / GEOV2 de la société MERMEC (installé sur la rame IRIS dédiée à la surveillance des lignes grandes vitesses en France). Dans les deux cas, la détection des dégradations nécessite l'utilisation d'engins spécifiques dont la circulation est coûteuse et impose généralement des sillons de circulation dédiés (notamment dans le cas d'IRIS), voire l'interruption de la circulation des trains. On parle pour ce protocole de suivi de tournées par engins de mesure mécanisés.

[0004] Lorsqu'une dégradation détectée dépasse un seuil prédéfini en un endroit déterminé, une alerte est émise. Il existe plusieurs degrés / seuils d'alerte. Si le dernier seuil d'alerte (ou valeur de ralentissement) est atteint, une opération de maintenance est immédiatement décidée. Cette opération nécessite la fermeture temporaire de la voie concernée et l'utilisation d'engins de maintenance et de personnel. Cependant, si ces engins de maintenance et/ou ce personnel ne sont pas disponibles, ou encore s'il n'est pas possible d'interdire momentanément la circulation sur la voie concernée, un ralentissement de la circulation est imposé.

[0005] Lorsqu'une dégradation est détectée dans les premiers seuils d'alerte, elle fait l'objet d'un suivi spécifique lors de tournées de surveillance à pied réalisées par des agents de maintenance de la voie. Ces tournées permettent de vérifier l'évolution de ces dégradations entre deux tournées d'engins de mesure mécanisés, et de s'assurer qu'une dégradation ne dérive pas très rapidement vers des seuils d'alerte qui imposent une intervention de maintenance.

[0006] Par ailleurs, lorsqu'une zone de voie présente des dégradations récurrentes malgré une maintenance régulière, des agents se rendent sur place afin d'effectuer une inspection visuelle. S'ils l'estiment nécessaire, ils

installent des poteaux afin de réaliser des relevés topographiques à des instants réguliers pour quantifier la déformation des couches de sol (par exemple d'un glissement de terrain). Les glissements sont donc détectés tardivement, après un nombre important de maintenances (par bourrages qui endommagent la forme des grains de ballast et donc dégradent la tenue de ce dernier, et par conséquent s'avèrent non seulement inutiles mais également contre-productifs), puis après un suivi très onéreux.

[0007] Il est connu de faire un suivi régulier de la géométrie verticale des voies par une détermination de la position verticale des roues d'une rame y circulant : celle-ci est en général déterminée au moyen d'une double intégration de l'accélération mesurée au niveau de la boîte d'essieu et de l'application d'un filtre numérique fréquentiel paramétré par la vitesse de la rame en question au moment de la mesure. Mais cette solution mathématique ne concerne que des tronçons de voie sur lesquels la circulation se fait à des vitesses très stables, c'est-à-dire faisant l'objet de très faibles variations, et les solutions technologiques employées pour mesurer l'accélération des boîtes d'essieu limitent la validité de cette procédure à des prises de mesure effectuées à des vitesses élevées (amplitudes des accélérations verticales trop faibles à basse vitesse par rapport à la sensibilité des capteurs classiques). On comprendra en effet que le filtre numérique fréquentiel étant paramétré pour une vitesse donnée constante, il n'est utilisable que dans les zones où règne cette vitesse donnée constante.

[0008] L'invention vise un procédé d'analyse de la géométrie d'au moins une voie de circulation d'un réseau notamment ferré, permettant de pallier les inconvénients précités.

[0009] À cet effet, le procédé d'analyse de l'invention comprend :

- une première étape dans laquelle on acquiert, à des instants choisis, deux accélérations verticales subies sur deux côtés opposés et à un même niveau par un matériel roulant circulant sur une voie de circulation, et une position géographique de ce matériel roulant, et on associe à chaque instant ces deux accélérations verticales et position géographique correspondantes, puis on réalise un filtrage spatial (permettant de calculer une flèche verticale), propre au réseau, de chaque accélération verticale associée à un instant donné, et on détermine une flèche verticale (ou nivellement) à partir de chaque accélération verticale filtrée et associée à un instant donné, et on associe ces deux flèches verticales à cet instant donné et à la position géographique associée, et
- une seconde étape dans laquelle on compare les deux flèches verticales déterminées à une position géographique choisie de cette voie de circulation, à au moins deux autres flèches verticales, déterminées à une position géographique sensiblement égale à cette position géographique choisie à au

moins un instant précédent, afin d'obtenir des informations relatives à une évolution de la géométrie de cette voie de circulation à cette position géographique choisie.

[0010] Grâce à ce suivi automatisé de la géométrie d'une voie de circulation au moyen de systèmes embarqués dans des matériels roulants pouvant faire partie de n'importe quel train, y compris des trains de transport de voyageurs, on peut optimiser les opérations de maintenance, et notamment les déclencher lorsque cela est vraiment utile compte tenu du contexte.

[0011] Le procédé selon l'invention peut également comporter les caractéristiques optionnelles suivantes considérées isolément ou selon toutes les combinaisons techniques possibles :

- dans ladite première étape on réalise le filtrage spatial en convoluant chaque accélération verticale à un filtre impulsionnel spatial ; par exemple, ce filtre impulsionnel spatial peut être défini par la relation $H(s) = \sum_n \lambda_n \delta(s + a_n)$, où s représente la position géographique, les λ_n et les a_n sont représentatifs du matériel roulant, et δ est la fonction dirac ;
- dans la première étape on détermine pour chaque instant une vitesse du matériel roulant à partir d'une première mesure de vitesse délivrée sensiblement pour cet instant par un tachymètre embarqué dans ce matériel roulant ou dans un véhicule moteur déplaçant ce matériel roulant, et/ou d'une seconde mesure de vitesse déduite d'informations transmises sensiblement pour cet instant par un système de géolocalisation, et/ou d'une estimation de la vitesse calculée par comparaison de mesures d'accélération verticales sur deux essieux différents, puis on détermine la position géographique associée à chaque instant en fonction soit de la vitesse déterminée pour cet instant (par exemple par tachymétrie), soit d'une position géographique déterminée pour l'instant précédant immédiatement ce dernier instant, soit de la vitesse estimée par deux capteurs accélérométriques sur deux essieux différents, soit d'une combinaison de la vitesse déterminée et de la position géographique déterminée ;
- dans la première étape on estime pour chaque instant la vitesse du matériel roulant au moyen d'une méthode de modélisation par processus gaussien contraint (comme par exemple celle dite de Krieger) à partir de différentes informations de vitesse disponibles (tachymétrie, géolocalisation, comparaison des flèches de deux essieux différents sur le même train, par exemple) ;
- dans la première étape on acquiert à chaque instant choisi deux premières accélérations verticales sensibles au moyen de deux premiers capteurs d'accélération verticale et deux secondes accélérations verticales très sensibles au moyen de deux seconds capteurs d'accélération verticale, et on peut utiliser soit ces deux premières accélérations verticales lorsque la vitesse est supérieure à un seuil prédéfini, soit ces deux secondes accélérations verticales lorsque la vitesse est inférieure à ce seuil prédéfini ;
- dans la seconde étape, lorsqu'une flèche verticale, déterminée pour un instant donné, diffère notablement d'au moins une flèche verticale précédente déterminée pour au moins un instant précédant cet instant donné, et d'au moins une flèche verticale suivante, déterminée pour au moins un instant suivant cet instant donné, on ne prend pas en compte cette flèche verticale (car on considère qu'elle n'est pas représentative de l'évolution de la flèche verticale à la position géographique considérée). Pour plus de robustesse, l'analyse de l'évolution de la flèche verticale pour une position géographique donnée pourra se faire à partir des médianes calculées des différentes flèches verticales à une position géographique donnée pour plusieurs instants ;
- dans la première étape on acquiert à chaque instant au moins une accélération transversale et une accélération verticale en caisse du matériel roulant afin de déterminer un éventuel dévers local et/ou un éventuel rayon de courbure local et/ou une éventuelle déclivité locale de la voie de circulation ;
- dans la seconde étape, lorsqu'un dévers local et/ou un rayon de courbure local et/ou une déclivité locale déterminé(e)(s) à partir d'une accélération latérale et d'une accélération verticale mesurées par un capteur d'accélération latérale en caisse et un capteur d'accélération verticale en caisse pour un instant donné, diffère(nt) notablement d'au moins un dévers local et/ou un rayon de courbure local et/ou une déclivité locale précédent(e)(s), déterminé(s) pour au moins un instant précédant cet instant donné, et d'au moins un dévers local et/ou un rayon de courbure local suivant(s), déterminé(s) pour au moins un instant suivant cet instant donné, on remplace ce dévers local et/ou ce rayon de courbure local, déterminé(s) pour cet instant donné, par la médiane de ces dévers local et/ou rayon de courbure local et/ou déclivité locale précédent(e)(s) et suivant(e)(s). Ces changements sur des grandes longueurs d'ondes peuvent être souvent synonymes de glissements de terrain ;
- dans la seconde étape les évolutions à grande longueur d'onde (comme par exemple la courbure locale, le dévers local, la déclivité locale) peuvent être estimées à chaque instant à l'aide d'une modélisation mécanique (comme par exemple celle dite de Kalman), ou par l'utilisation d'une modélisation par corps rigides, par exemple ;
- dans la seconde étape, lorsque les informations sont représentatives d'une évolution importante et soudaine de la géométrie de la voie de circulation, on détermine si une évolution similaire a été déterminée dans le passé, et dans l'affirmative on détermine quelle décision avait été prise en réaction à cette

évolution similaire et quelle fût la conséquence de cette décision sur cette évolution similaire, afin de déterminer une décision adaptée à cette évolution importante et soudaine ;

- dans la seconde étape on peut déterminer si une évolution similaire à l'évolution importante et soudaine a abouti dans le passé à un glissement de terrain, et dans l'affirmative on peut générer une alarme signalant un risque de glissement de terrain ;
- dans la première étape on transmet par voie d'ondes à destination d'un serveur les deux accélérations verticales et position géographique associées à chaque instant, et/ou chaque flèche verticale et les instants et position géographique associés.

[0012] L'invention porte également sur une installation destinée à analyser la géométrie d'au moins une voie de circulation d'un réseau notamment ferré, comprenant deux files de rails propres à permettre la circulation de matériels roulants, laquelle installation est essentiellement caractérisée en ce qu'elle comprend :

- des matériels roulants propres chacun à obtenir, à des instants choisis lorsqu'ils circulent sur une voie de circulation, deux accélérations verticales subies sur deux côtés opposés et à un même niveau et une position géographique, puis à associer à chaque instant ces deux accélérations verticales et position géographique correspondantes,
- des moyens de traitement propres à réaliser un filtrage spatial, propre au réseau ferré, de chaque accélération verticale associée à un instant donné, et à déterminer une flèche verticale à partir de chaque accélération verticale filtrée et associée à un instant donné, et à associer ces deux flèches verticales à cet instant donné et à la position géographique associée, et
- des moyens d'analyse propres à comparer les deux flèches verticales, déterminées à une position géographique choisie de la voie de circulation, à au moins deux autres flèches verticales, déterminées à une position géographique sensiblement égale à cette position géographique choisie à au moins un instant précédent, afin d'obtenir des informations relatives à une évolution de la géométrie de cette voie de circulation à cette position géographique choisie.

[0013] Par exemple, cette installation peut également comprendre des accéléromètres installés dans une caisse du matériel roulant.

[0014] Egalement par exemple, le matériel roulant peut être choisi dans un groupe comprenant au moins une locomotive, un véhicule automoteur, une voiture de chemin de fer, et un wagon.

[0015] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront clairement de la description qui en est donnée ci-dessous, à titre indicatif et nullement limitatif, en référence aux figures annexées parmi

lesquelles :

- la figure 1 illustre de façon schématique et fonctionnelle un exemple de réalisation d'une installation d'analyse de la géométrie de voies de circulation ferroviaires selon l'invention, et
- la figure 2 illustre de façon schématique un exemple d'algorithme mettant en oeuvre un procédé d'analyse de la géométrie de voies de circulation ferroviaires selon l'invention.

[0016] Il est bien entendu que les modes de réalisation qui seront décrits par la suite ne sont nullement limitatifs.

On pourra notamment imaginer des variantes de l'invention ne comprenant qu'une sélection de caractéristiques décrites par la suite isolées des autres caractéristiques décrites, si cette sélection de caractéristiques est suffisante pour conférer un avantage technique ou pour différencier l'invention par rapport à l'état de la technique antérieur. Cette sélection comprend au moins une caractéristique de préférence fonctionnelle sans détails structurels, ou avec seulement une partie des détails structurels, si cette partie est uniquement suffisante pour conférer un avantage technique ou pour différencier l'invention par rapport à l'état de la technique antérieur.

[0017] L'invention a notamment pour but de proposer un procédé, et une installation 1 associée, destinés à permettre l'analyse automatique de la géométrie de voies de circulation 2 appartenant à un réseau ferré et comprenant chacune deux files de rails.

[0018] On a schématiquement et fonctionnellement illustré sur la figure 1 un exemple de réalisation non limitatif d'une installation d'analyse 1 selon l'invention.

[0019] Comme illustré, une installation d'analyse 1, selon l'invention, comprend au moins des matériels roulants 3 équipés de capteurs, au moins d'accélération, et propres à rouler sur des voies de circulation ferroviaires 2 comprenant chacune deux files de rails, des moyens de traitement 4, et des moyens d'analyse 5.

[0020] On notera que l'invention concerne aussi bien les voies de circulation ferroviaires classiques que les voies de circulation ferroviaires à grande vitesse également dénommées « lignes à grande vitesse ».

[0021] Les matériels roulants 3 peuvent être de n'importe quel type dès lors qu'ils peuvent rouler sur une voie de circulation ferroviaire, y compris une ligne à grande vitesse. Par conséquent, il pourra s'agir par exemple d'une locomotive, d'un véhicule automoteur, d'une voiture de chemin de fer, ou encore d'un wagon.

[0022] Dans l'exemple illustré non limitativement sur la figure 1, le matériel roulant 3 est une locomotive faisant partie d'un train de voyageurs ou de fret 6.

[0023] Il est à noter que, pour que l'invention puisse être mise en oeuvre, il faut que le matériel roulant 3 comprenne au moins deux capteurs d'accélération verticale 7 installés sur deux côtés latéraux opposés et à un même niveau en altitude comme longitudinalement. Ils peuvent

par exemple être installés respectivement dans ou sur les boîtes d'essieux droite et gauche. En variante, ils pourraient être installés respectivement dans ou sur deux côtés latéraux d'un châssis de bogie ou encore en caisse.

[0024] Ces capteurs d'accélération verticale 7 sont propres à acquérir, à des instants choisis, par exemple lorsque le matériel roulant 3, sur lequel ils sont installés, circule sur une voie de circulation 2, deux accélérations verticales respectivement droite et gauche.

[0025] En outre, pour que l'invention puisse être mise en oeuvre, il est nécessaire que le matériel roulant 3 puisse également obtenir à ces mêmes instants choisis sa position géographique en cours. Pour ce faire, le matériel roulant 3 peut comporter un dispositif de géolocalisation 8 propre à déterminer sa position géographique en fonction d'informations transmises par un système de géolocalisation 9 et reçues par un module de communication 10 embarqué. A titre d'exemple non limitatif, et comme illustré, ce système de géolocalisation 9 peut être satellitaire. Ainsi, il pourra, par exemple, s'agir d'un système de type GPS (« Global Positioning System »). Mais les informations de géolocalisation pourraient être transmises par des antennes terrestres.

[0026] On notera que le dispositif de géolocalisation 8 et le module de communication 10 ne font pas forcément partie du matériel roulant 3, bien que cela soit préférable pour une question de précision. En effet, ils pourraient être installés dans un autre matériel roulant de son train 6, comme par exemple dans la cabine du conducteur, éventuellement sur le tableau de bord, ou derrière le pare-brise, lorsque le matériel roulant 3 n'est pas la locomotive ou le véhicule automoteur.

[0027] Le procédé d'analyse, selon l'invention, est destiné à être mis en oeuvre par l'installation d'analyse 1 présentée partiellement ci-avant. Il comprend des première et seconde étapes.

[0028] Dans la première étape du procédé, on commence par acquérir, à des instants t_j choisis, deux accélérations verticales $av_k(t_j)$ subies sur deux côtés opposés (droit ($k = 1$) et gauche ($k = 2$)) et à un même niveau par un matériel roulant 3 circulant sur une voie de circulation 2 et une position géographique $pg(t_j)$ de ce matériel roulant 3, et on associe à chaque instant t_j ces deux accélérations verticales $av_k(t_j)$ et position géographique $pg(t_j)$ correspondantes. On comprendra que les deux accélérations verticales $av_k(t_j)$ sont déterminées par les deux capteurs d'accélération verticale 7 droit et gauche du matériel roulant 3 et la position géographique $pg(t_j)$ est déterminée par le dispositif de géolocalisation 8 du matériel roulant 3 ou d'un autre matériel roulant du train 6.

[0029] Les acquisitions peuvent se faire périodiquement. Dans ce cas, l'écart temporel entre deux instants successifs t_j et t_{j+1} est égale à une période. Cette dernière peut, par exemple, être comprise entre 1 ms et 5 ms.

[0030] Puis, toujours dans cette première étape, on réalise un filtrage spatial, propre au réseau ferré, de chaque accélération verticale $av_k(t_j)$ associée à un instant t_j , et on détermine une flèche verticale (ou nivellement)

$pvc_k(t_j)$ à partir de chaque accélération verticale $av_k(t_j)$ filtrée et associée à un instant t_j , et on associe ces deux flèches verticales $pvc_k(t_j)$ à cet instant t_j et à la position géographique $pg(t_j)$ associée.

[0031] Ce sont les moyens de traitement 4 de l'installation d'analyse 1 qui réalisent pour chaque instant t_j le filtrage spatial, au moyen de la fonction de transfert d'une voiture d'auscultation de référence qui est utilisée sur le réseau ferré, de chaque accélération verticale $av_k(t_j)$ associée à l'instant t_j considéré. Ce sont également les moyens de traitement 4 de l'installation d'analyse 1 qui déterminent les deux flèches verticales (ou nivellements) $pvc_k(t_j)$ et associent ces dernières ($pvc_k(t_j)$) à cet instant t_j et à la position géographique $pg(t_j)$ associée.

[0032] Ces moyens de traitement 4 peuvent, par exemple, être agencés sous la forme de modules logiciels ou informatiques ou encore « software ». Mais dans une variante de réalisation ils pourraient être réalisés sous la forme d'une combinaison de modules logiciels et de circuits électroniques ou « hardware ».

[0033] Dans l'exemple illustré sur la figure 1, les moyens de traitement 4 font partie d'un calculateur 11 qui est installé dans un serveur 12. Dans ce cas, dans la première étape on transmet par voie d'ondes à destination du serveur 12 les deux accélérations verticales $av_k(t_j)$ et la position géographique $pg(t_j)$ qui sont associées à chaque instant t_j . Cette transmission est réalisée au moyen du module de communication 10 qui est embarqué dans le train 6, ici dans le matériel roulant 3, et qui est connecté à au moins un réseau de communication non filaire 13 pouvant transmettre des données au serveur 12 de façon directe ou indirecte. Ce réseau de communication non filaire 13 peut être de type terrestre et/ou satellitaire, comme illustré sur la figure 1. La réception des données transmises est réalisée au moyen d'un module de communication 14 qui est installé dans le serveur 12, connecté à au moins un réseau de communication filaire ou non filaire et qui est couplé au calculateur 11. Les transmissions de données peuvent être éventuellement cryptées.

[0034] Dans une variante de réalisation non illustrée, les moyens de traitement 4 peuvent faire partie d'un calculateur installé dans le matériel roulant 3.

[0035] Il est à noter que dans la première étape on peut, par exemple, réaliser chaque filtrage spatial en convoluant chaque accélération verticale $av_k(t_j)$ à un filtre impulsionnel spatial qui est spécifique au matériel roulant 3.

[0036] À titre d'exemple illustratif non limitatif, ce filtre impulsionnel spatial peut être défini par la relation $H(s) = \sum_n \lambda_n \cdot \delta(s + a_n)$, où s représente la position géographique, les λ_n et les a_n sont représentatifs de la voiture d'auscultation de référence qui est utilisée sur le réseau ferré, et δ est la fonction dirac. Dans ce cas, chaque flèche verticale $pvc_k(t_j)$ est donnée par la relation : $pvc_k(s_j) = \sum_n av_k(s) \cdot \lambda_n \cdot \delta(s + a_n)$. On notera que pour ce dernier calcul on peut, par exemple, effectuer une interpolation des accélérations verticales $av_k(t_j)$ pour les « abscisses » (s

+ a_n).

[0037] Cette convolution par un filtre spatial (et non pas fréquentiel) est aussi utilisée ici pour stabiliser les accélérations, c'est-à-dire enlever notamment les contributions hautes fréquences qui viennent polluer l'étape d'intégration.

[0038] Dans la seconde étape du procédé, on compare les deux flèches verticales $pvc_k(tj)$, déterminées pour le matériel roulant 3 à une position géographique $pg(tj)$ choisie de la voie de circulation 2, à au moins deux autres flèches verticales $pvc_k(tp)$, déterminées à une position géographique $pg(tp)$ sensiblement égale à cette position géographique $pg(tj)$ choisie à au moins un instant précédent tp . Ces comparaisons sont destinées à obtenir des informations relatives à une évolution de la géométrie de la voie de circulation 2 à cette position géographique $pg(tj)$ choisie.

[0039] La connaissance de la flèche verticale est utilisée pour décider si des opérations de maintenance doivent être déclenchées. Par exemple, lorsque cette flèche est supérieure à un seuil prédéfini, on peut décider de déclencher des opérations de maintenance. Mais on peut également tenir compte de l'évolution temporelle de cette flèche et/ou du contexte météorologique et/ou topographique et/ou géologique, afin de décider de la pertinence du déclenchement d'opérations de maintenance, éventuellement de façon préventive lorsque la flèche est légèrement inférieure au seuil prédéfini mais qu'elle croît rapidement. A contrario, lorsque la flèche est légèrement inférieure au seuil prédéfini mais qu'elle n'évolue pas de façon significative, on peut décider de ne rien faire et donc de ne pas déclencher d'opérations de maintenance préventives. On reviendra plus loin sur ce mode de prise de décision. L'analyse des formes des défauts, de leur évolution, du contexte environnemental et des circulations orientera aussi sur le type de maintenance à réaliser.

[0040] Les mesures régulières pourront par ailleurs être utilisées pour prédire l'évolution de la géométrie d'une voie, par exemple grâce à un modèle de type AR-MA instationnaire.

[0041] Ce sont les moyens d'analyse 5 de l'installation d'analyse 1 qui comparent les deux flèches verticales $pvc_k(tj)$, déterminées à une position géographique $pg(tj)$ choisie de la voie 2, à au moins deux autres flèches verticales $pvc_k(tp)$, déterminées à la position géographique $pg(tp)$ à au moins un instant précédent tp . Ce sont également les moyens d'analyse 5 de l'installation d'analyse 1 qui déterminent les informations relatives à l'évolution de la géométrie de la voie 2 à cette position géographique $pg(tp)$ choisie.

[0042] Afin de traiter cette évolution, une très bonne synchronisation des différentes tournées est nécessaire. Cette synchronisation peut, par exemple, se faire au moyen d'une fonction d'inter-corrélation appliquée à la courbe construite à partir des dernières flèches verticales $pvc_k(tj)$ déterminées avec le matériel roulant 3 et à au moins une autre courbe construite à partir d'anciennes

flèches verticales $pvc_k(tp)$.

[0043] Ces moyens d'analyse 5 peuvent, par exemple, être agencés sous la forme de modules logiciels ou informatiques. Mais dans une variante de réalisation ils pourraient être réalisés sous la forme d'une combinaison de modules logiciels et de circuits électroniques.

[0044] De préférence et comme illustré sur la figure 1, les moyens d'analyse 5 peuvent faire partie du calculateur 11 du serveur 12. Cela permet en effet des échanges rapides avec les moyens de traitement MT. Mais ils pourraient faire partie d'un autre calculateur, éventuellement distant du serveur 12 et dédié aux analyses.

[0045] Il est à noter que dans la variante présentée plus haut, dans laquelle les moyens de traitement 4 font partie d'un calculateur installé dans le matériel roulant 3, on transmet par voie d'ondes à destination du serveur 12, au moyen du module de communication 10 et dans la première étape, les deux flèches verticales $pvc_k(tj)$ et les instant tj et position géographique $pg(tj)$ associés, afin qu'ils soient utilisés par les moyens d'analyse 5.

[0046] Le serveur 12 comprend, de préférence et comme illustré sur la figure 1, des moyens de stockage 15 dans lesquels il stocke l'historique des données reçues et des analyses des voies de circulation, et en particulier chaque multiplet de données comprenant un instant tj associé à deux flèches verticales $pvc_k(tj)$ et une position géographique $pg(tj)$. Ces moyens de stockage 15 peuvent, par exemple, se présenter sous la forme d'une mémoire, éventuellement de type logiciel. Le stockage peut éventuellement se faire sous la forme d'une base de données d'informations de géométrie.

[0047] Il est à noter que certains au moins des multiplets peuvent par exemple comprendre des informations définissant les conditions climatiques ou météorologiques à l'instant tj concerné ou dans des instants ou jours ayant précédés l'instant tj concerné. On dispose ainsi d'images de la voie de circulation 2 très régulièrement avec tous les changements climatiques et notamment hygrométriques, ce qui est particulièrement utile dans les zones à évolution rapide comme par exemple les zones boueuses.

[0048] On comprendra en effet qu'en cas de fortes pluies ou d'inondation il existe une probabilité accrue de glissement de terrain pouvant entraîner un défaut de nivellement, un défaut de dressage (défaut transversal par rapport à l'axe de la voie) ou un défaut de gauche, en particulier dans une zone boueuse ou friable. De même, en cas de fortes chaleurs ou de sécheresse il existe une probabilité accrue d'apparition de défauts de géométrie tels que ceux précités. Dans les zones à évolution rapide telles que les zones boueuses, il est ainsi possible d'avoir des images de la voie très régulièrement avec tous les changements hygrométriques.

[0049] En présence de telles conditions météorologiques et topographiques et/ou géologiques, il peut être pertinent de décider de déclencher des opérations de maintenance préventives permettant de corriger la source du problème et pas ses symptômes, alors même que

la flèche est légèrement inférieure au seuil prédéfini, et en particulier lorsqu'elle ne cesse de croître.

[0050] On notera également que certains au moins des multiplets peuvent, par exemple, comprendre des informations définissant des opérations de maintenance réalisées du fait des valeurs prises par leurs flèches verticales $pvc_k(tj)$ pour la position géographique $pg(tj)$ comparées aux valeurs précédentes prises pour la même position géographique.

[0051] On notera en outre que dans la première étape il est avantageux de déterminer pour chaque instant tj une vitesse $v(tj)$ du matériel roulant 3 à partir d'une première mesure de vitesse délivrée sensiblement pour cet instant tj par un tachymètre embarqué dans le matériel roulant 3 ou un véhicule moteur déplaçant le matériel roulant 3, et d'une seconde mesure de vitesse déduite d'informations transmises sensiblement pour cet instant par le système de géolocalisation 9. Cette détermination est réalisée par les moyens de traitement 4. Puis, on peut déterminer, par exemple par les moyens de traitement, la position géographique $pg(tj)$ associée à chaque instant tj en fonction soit de la vitesse $v(tj)$ déterminée pour cet instant tj , soit d'une position géographique $pg(tj-1)$ déterminée pour l'instant $tj-1$ précédant immédiatement ce dernier instant tj , soit encore d'une combinaison de la vitesse $v(tj)$ déterminée et de la position géographique $pg(tj-1)$ déterminée. La détermination de la vitesse $v(tj)$ peut, par exemple, se faire par interpolation linéaire.

[0052] On comprend que cette option permet de disposer à chaque instant tj d'une position en cours $pg(tj)$ du matériel roulant 3, en particulier lorsque l'on ne dispose pas ponctuellement des informations temporelles transmises par le système de géolocalisation 9. La position géographique $pg(tj)$ ainsi déterminée à partir des vitesses, remplace alors celle initialement associée aux accélérations verticales $av_k(tj)$, et est utilisée par les moyens de traitement 4 pour déterminer les flèches verticales $pvc_k(tj)$.

[0053] A titre d'exemple, dans la première étape les moyens de traitement 4 peuvent déterminer pour chaque instant tj la vitesse $v(tj)$ du matériel roulant 3 au moyen d'une méthode de modélisation par processus gaussien contraint. Cette méthode peut, par exemple, être celle dite de Kriegerage.

[0054] Il est également à noter que dans la première étape, lorsque l'on dispose de la vitesse en cours $v(tj)$ du matériel roulant 3, on peut acquérir dans ce dernier à chaque instant tj choisi deux premières accélérations verticales droite et gauche sensibles $av_{1k}(tj)$ au moyen de deux premiers capteurs d'accélération verticale 7 installés sur deux côtés latéraux opposés et à un même niveau en altitude comme longitudinalement, et deux secondes accélérations verticales droite et gauche $av_{2k}(tj)$ au moyen de deux seconds capteurs d'accélération verticale 16 plus sensibles et installés sur deux côtés latéraux opposés et à un même niveau en altitude comme longitudinalement. Dans ce cas, les moyens de traitement 4 peuvent utiliser soit les deux premières accélé-

rations verticales $av_{1k}(tj)$ lorsque la vitesse $v(tj)$ est supérieure à un seuil prédéfini, soit les deux secondes accélérations verticales $av_{2k}(tj)$ lorsque la vitesse $v(tj)$ est inférieure à ce seuil prédéfini.

5 **[0055]** Par exemple, ce seuil prédéfini peut être compris entre 20 km/h et 60 km/h. Il peut par exemple être égal à 40 km/h.

[0056] Les deux seconds capteurs d'accélération verticale 16 peuvent, par exemple, être installés respectivement dans ou sur les boîtes d'essieux droite et gauche, comme les premiers capteurs d'accélération verticale 7. En variante, ils pourraient être installés respectivement dans ou sur deux côtés latéraux d'un châssis de bogie.

10 **[0057]** A titre d'exemple, les deux premiers capteurs d'accélération verticale 7 peuvent être de type piézoélectrique, comme par exemple ceux qui sont commercialisés par la société PCB PIEZOTRONICS sous la référence PCB 3741 B12 ou PCB 3711-B12, et les deux seconds capteurs d'accélération verticale 16 peuvent être des inclinomètres gyroscopiques, comme par exemple ceux qui sont commercialisés par la société Columbia sous la référence SI-701 FND N°1738.

15 **[0058]** On notera également que dans la seconde étape, lorsqu'une flèche verticale $av_k(tj)$, déterminée pour un instant donné tj , diffère notablement d'au moins une flèche verticale précédente $pvc_k(tp)$, déterminée pour au moins un instant tp précédant cet instant donné tj , et d'au moins une flèche verticale suivante $pvc_k(ts)$, déterminée pour au moins un instant ts suivant cet instant donné tj , on peut conclure à une mauvaise mesure et supprimer les nivellement et gauche obtenus. Si celle-ci ne diffère pas de la flèche verticale suivante $pvc_k(ts)$, déterminée pour l'instant ts on pourra conclure qu'une maintenance a été réalisée. On comprendra que cela nécessite un accès à l'historique des données stockées dans les moyens de stockage 15, pour réaliser des comparaisons et pour procéder à d'éventuels remplacements. Cette option est donc préférentiellement réalisée par les moyens d'analyse 5.

20 **[0059]** On notera en outre que dans la première étape on peut également acquérir à chaque instant tj au moins une accélération transversale en caisse $atc(tj)$ et une accélération verticale en caisse $avc(tj)$ du matériel roulant 3 afin de déterminer un éventuel dévers local et/ou un éventuel rayon de courbure local et/ou une éventuelle déclivité locale de la voie de circulation 2. On comprendra que chaque éventuel dévers local, chaque éventuel rayon de courbure local, ou chaque déclivité locale est déterminé à partir des accélérations verticale $avc(tj)$ et transversale $atc(tj)$ en caisse déterminées pour l'instant tj . Les estimations peuvent être réalisées à chaque instant à l'aide d'une modélisation mécanique (filtrage de Kalman), ou par l'utilisation d'une modélisation par corps rigides.

25 **[0060]** Les accélérations transversale $atc(tj)$ et verticale $avc(tj)$ en caisse, déterminées pour l'instant tj , sont de préférence transmises avec les deux ou quatre accélérations verticales $av_k(tj)$, lorsque les moyens de traite-

ment 4 sont installés dans le serveur 12.

[0061] Ces accélérations transversale $atc(t_j)$ et verticale $avc(t_j)$ en caisse peuvent, par exemple, être stockées dans les moyens de stockage 15 au sein du multiplet associé à l'instant t_j .

[0062] Par ailleurs, les accélérations transversale $atc(t_j)$ et verticale $avc(t_j)$ en caisse sont acquises respectivement par un capteur d'accélération latérale et un capteur d'accélération verticale 17 qui est installé dans le matériel roulant 3, par exemple dans une position centrale avant de sa caisse (ici la cabine du conducteur (où il y a le moins de passage)).

[0063] En présence de cette dernière option, dans la seconde étape, lorsqu'un dévers local et/ou un rayon de courbure local et/ou une déclivité locale déterminé(e)(s) à partir des accélérations latérale et verticale mesurées par des capteurs d'accélération 17 en caisse pour un instant donné t_j , diffère(nt) notablement d'au moins un dévers local et/ou un rayon de courbure local et/ou une déclivité locale précédent(e)(s), déterminé(e)(s) pour au moins un instant t_p précédant cet instant donné t_j , et d'au moins un dévers local et/ou un rayon de courbure local et/ou une déclivité locale suivant(e)(s), déterminé(e)(s) pour au moins un instant t_s suivant cet instant donné t_j , on peut remplacer ce dévers local et/ou ce rayon de courbure local et/ou cette déclivité locale déterminé(e)(s) pour cet instant donné t_j par une valeur moyenne de ces dévers local et/ou rayon de courbure local et/ou une déclivité locale précédent(e)(s) et suivant(e)(s).

[0064] De même, dans la seconde étape, lorsqu'une flèche verticale, déterminée pour un instant donné, diffère notablement d'au moins une flèche verticale précédente, déterminée pour au moins un instant précédant cet instant donné, et d'au moins une flèche verticale suivante, déterminée pour au moins un instant suivant cet instant donné on ne prend pas en compte cette flèche verticale. On considère en effet qu'elle n'est pas représentative de l'évolution de la flèche verticale à la position géographique considérée. Pour plus de robustesse, l'analyse de l'évolution de la flèche verticale pour une position géographique donnée peut alors se faire, par exemple, à partir des médianes calculées des différentes flèches verticales à une position géographique donnée pour plusieurs instants.

[0065] On comprendra que cela nécessite un accès à l'historique des données stockées dans les moyens de stockage 15, pour réaliser des comparaisons et pour procéder à d'éventuels remplacements. Cette option est donc préférentiellement réalisée par les moyens d'analyse 5.

[0066] On notera également que dans la seconde étape, lorsque les informations sont représentatives d'une évolution importante et soudaine de la géométrie de la voie de circulation 2, les moyens d'analyse 5 peuvent déterminer si une évolution similaire a été déterminée dans le passé. Par exemple, une évolution similaire a pu être déterminée en présence de conditions météorologiques similaires à celles présentes lors de cette évolution

importante et soudaine et/ou d'un désordre similaire à celui présent lors de cette évolution importante et soudaine (comme par exemple un glissement de terrain ou un défaut de surface du rail). L'objectif est ici de déterminer les facteurs/causes influant sur l'évolution d'une voie, ou en d'autres termes de définir le désordre/défaut de l'élément constitutif de la voie qui est à l'origine du défaut de la géométrie de la voie.

[0067] Dans ce cas, et dans l'affirmative, on les moyens d'analyse 5 peuvent déterminer, dans l'historique stocké dans les moyens de stockage 15, quelle décision avait été prise en réaction à cette évolution similaire et quelle fût la conséquence de cette décision sur cette évolution similaire, afin de déterminer une décision adaptée à cette évolution importante et soudaine.

[0068] Par exemple, dans la seconde étape on peut déterminer si une évolution similaire à l'évolution importante et soudaine a abouti dans le passé à un glissement de terrain, et dans l'affirmative on peut générer une alarme signalant un risque de glissement de terrain.

[0069] La figure 2 illustre schématiquement un exemple d'algorithme mettant en oeuvre un procédé d'analyse selon l'invention.

[0070] L'algorithme commence dans une sous-étape 100 durant laquelle on acquiert, à un instant t_j , deux accélérations verticales $av_k(t_j)$ subies sur deux côtés opposés d'un matériel roulant 3 circulant sur une voie de circulation 2 et une position géographique $pg(t_j)$ de ce matériel roulant 3.

[0071] Puis, dans une sous-étape 110 on associe à cet instant t_j ces deux accélérations verticales $av_k(t_j)$ et une position géographique en cours $pg(t_j)$ du matériel roulant 3. Cette association pourra être réalisée à l'aide d'une vitesse en cours du matériel roulant 3. On notera que l'on peut également et éventuellement associer à cet instant t_j une accélération transversale $at(t_j)$.

[0072] Puis, dans une sous-étape 120 on peut transmettre au serveur 12, via le réseau de communication 13, ces deux accélérations verticales $av_k(t_j)$ et la position géographique en cours $pg(t_j)$, ainsi qu'éventuellement la vitesse en cours et l'accélération transversale $at(t_j)$ associées à l'instant t_j .

[0073] Puis, dans une sous-étape 130 les moyens de traitement 4 réalisent un filtrage spatial, propre au réseau ferré, de chaque accélération verticale $av_k(t_j)$ associée à l'instant t_j . On peut également déterminer précisément la vitesse $v(t_j)$, et déduire notamment de cette dernière la position géographique $pg(t_j)$ précise du matériel roulant 3 à l'instant t_j . Elle remplace alors celle qui a été transmise par voie d'ondes. Puis, on (les moyens de traitement 4) déterminent une flèche verticale (ou nivellement) $pvc_k(t_j)$ à partir de chaque accélération verticale $av_k(t_j)$ filtrée et associée à l'instant t_j .

[0074] Puis, dans une sous-étape 140 les moyens de traitement 4 associent à l'instant t_j les deux flèches verticales $pvc_k(t_j)$ et la position géographique $pg(t_j)$ éventuellement remplacée.

[0075] Les sous-étapes 100 à 140 constituent ici la pre-

mière étape d'un exemple de réalisation du procédé d'analyse selon l'invention.

[0076] Puis, dans une sous-étape 150, on compare, par exemple via les moyens d'analyse 5 les deux flèches verticales $pvc_k(tj)$ pour la position géographique $pg(tj)$ à au moins deux autres flèches verticales $pvc_k(tp)$ déterminées pour une position géographique sensiblement égale à cette position géographique $pg(tj)$ à au moins un instant précédent tp , afin d'obtenir des informations relatives à une évolution de la géométrie de la voie de circulation 2 à cette position géographique $pg(tj)$.

[0077] Puis, dans une sous-étape 160 on décide s'il est opportun de déclencher des opérations de maintenance dans la zone comprenant la position géographique $pg(tj)$, en fonction notamment des informations d'évolution de la géométrie obtenues lors de la sous-étape 150.

[0078] Les sous-étapes 150 et 160 constituent ici la seconde étape de l'exemple de réalisation du procédé d'analyse selon l'invention.

[0079] L'invention offre ainsi plusieurs avantages, et notamment :

- un suivi régulier, très peu coûteux et ne nécessitant pas l'interruption de la circulation des trains,
- une quantification directe des glissements de terrain qui permet de mieux anticiper les moyens à mettre en oeuvre pour procéder à une réparation ou stabilisation locale appropriée,
- la possibilité de détecter l'origine d'une dégradation de la géométrie, ce qui permet de traiter sa cause et pas uniquement les symptômes observés,
- une détection beaucoup plus précoce de l'évolution de la géométrie, permettant de réduire les coûts de maintenance, en évitant notamment de réaliser de nombreux et coûteux bourrages,
- la possibilité de faire le lien entre l'hygrométrie locale, l'environnement, la consistance de la voie, la circulation et la survenue de défauts de géométrie, ce qui facilite les préventions ultérieures en fonction des prévisions météorologiques, de l'environnement, de la voie et des circulations.

Revendications

1. Procédé d'analyse de la géométrie d'au moins une voie de circulation (2) d'un réseau, comprenant deux files de rails propres à permettre la circulation de matériels roulants (3), **caractérisé en ce qu'il** comprend :

i) une première étape dans laquelle on acquiert, à des instants choisis, deux accélérations verticales subies sur deux côtés opposés et à un même niveau par un matériel roulant (3) circulant sur ladite voie de circulation (2), et une position géographique dudit matériel roulant (3), et on associe à chaque instant lesdites deux ac-

célérations verticales et position géographique correspondantes, on réalise un filtrage spatial, propre audit réseau, de chaque accélération verticale associée à un instant donné, et on détermine une flèche verticale à partir de chaque accélération verticale filtrée et associée à un instant donné, et on associe ces deux flèches verticales à cet instant donné et à ladite position géographique associée, et

ii) une seconde étape dans laquelle on compare les deux flèches verticales, déterminées pour ledit matériel roulant (3) à une position géographique choisie de ladite voie de circulation (2), à au moins deux autres flèches verticales, déterminées à une position géographique sensiblement égale à cette position géographique choisie à au moins un instant précédent, afin d'obtenir des informations relatives à une évolution de la géométrie de ladite voie de circulation (2) à cette position géographique choisie.

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** dans ladite première étape on réalise ledit filtrage spatial en convoluant chaque accélération verticale à un filtre impulsionnel spatial.

3. Procédé selon l'une des revendications 1 et 2, **caractérisé en ce que** dans ladite première étape on détermine pour chaque instant une vitesse dudit matériel roulant (3) à partir d'une première mesure de vitesse délivrée sensiblement pour cet instant par un tachymètre embarqué dans ledit matériel roulant (3) ou dans un véhicule moteur déplaçant ledit matériel roulant (3), et/ou d'une seconde mesure de vitesse déduite d'informations transmises sensiblement pour cet instant par un système de géolocalisation, et/ou d'une estimation de la vitesse calculée par comparaison de mesures d'accélérations verticales sur deux essieux différents, puis on détermine ladite position géographique associée à chaque instant en fonction soit de la vitesse déterminée pour cet instant, soit d'une position géographique déterminée pour l'instant précédant immédiatement ce dernier instant, soit d'une vitesse estimée par deux capteurs accélérométriques sur deux essieux différents, soit d'une combinaison de ladite vitesse déterminée et de ladite position géographique déterminée.

4. Procédé selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** dans ladite première étape on acquiert à chaque instant choisi deux premières accélérations verticales sensibles au moyen de deux premiers capteurs d'accélération verticale (7) et deux secondes accélérations verticales très sensibles au moyen de deux seconds capteurs d'accélération verticale (16), et on utilise soit lesdites deux premières accélérations verticales lorsque ladite vitesse est supérieure à un

seuil prédéfini, soit lesdites deux secondes accélérations verticales lorsque ladite vitesse est inférieure audit seuil prédéfini.

5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** dans ladite seconde étape, lorsqu'une flèche verticale, déterminée pour un instant donné, diffère notablement d'au moins une flèche verticale précédente, déterminée pour au moins un instant précédant cet instant donné, et d'au moins une flèche verticale suivante, déterminée pour au moins un instant suivant cet instant donné, on ne prend pas en compte cette flèche verticale. 5
10
6. Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** dans ladite première étape on acquiert également à chaque instant au moins une accélération transversale et une accélération verticale en caisse dudit matériel roulant (3) afin de déterminer un éventuel dévers local et/ou un éventuel rayon de courbure local et/ou une éventuelle déclivité locale de ladite voie de circulation (2). 15
20
7. Procédé selon l'une des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** dans ladite seconde étape, lorsque lesdites informations sont représentatives d'une évolution importante et soudaine de la géométrie de ladite voie de circulation (2), on détermine si une évolution similaire a été déterminée dans le passé, et dans l'affirmative on détermine quelle décision avait été prise en réaction à cette évolution similaire et quelle fût la conséquence de cette décision sur cette évolution similaire, afin de déterminer une décision adaptée à cette évolution importante et soudaine. 25
30
8. Procédé selon la revendication 7, **caractérisé en ce que** dans ladite seconde étape on détermine si une évolution similaire à ladite évolution importante et soudaine a abouti dans le passé à un glissement de terrain, et dans l'affirmative on génère une alarme signalant un risque de glissement de terrain. 40
9. Procédé selon l'une des revendications 1 à 8, **caractérisé en ce que** dans ladite première étape on transmet par voie d'ondes à destination d'un serveur (12) lesdites deux accélérations verticales et position géographique associées à chaque instant, et/ou chaque flèche verticale et lesdits instant et position géographique associés. 45
50
10. Installation pour analyser la géométrie d'au moins une voie de circulation (2) d'un réseau, comprenant deux files de rails propres à permettre la circulation de matériels roulants (3), **caractérisée en ce qu'elle** comprend : 55

i) des matériels roulants (3) propres chacun à

obtenir, à des instants choisis lorsqu'ils circulent sur ladite voie de circulation (2), deux accélérations verticales subies sur deux côtés opposés et à un même niveau et une position géographique, puis à associer à chaque instant lesdites deux accélérations verticales et position géographique correspondantes,

ii) des moyens de traitement (4) propres à réaliser un filtrage spatial, propre audit réseau, de chaque accélération verticale associée à un instant donné, et à déterminer une flèche verticale à partir de chaque accélération verticale filtrée et associée à un instant donné, et à associer ces deux flèches verticales à cet instant donné et à ladite position géographique associée, et iii) des moyens d'analyse (5) propres à comparer lesdites deux flèches verticales, déterminées à une position géographique choisie de ladite voie de circulation (2), à au moins deux autres flèches verticales, déterminées à une position géographique sensiblement égale à cette position géographique choisie à au moins un instant précédent, afin d'obtenir des informations relatives à une évolution de la géométrie de ladite voie de circulation (2) à cette position géographique choisie.

11. Installation selon la revendication 10, **caractérisée en ce qu'elle** comprend des accéléromètres installés dans une caisse dudit matériel roulant (3).
12. Installation selon l'une des revendications 10 et 11, **caractérisée en ce que** ledit matériel roulant (3) est choisi dans un groupe comprenant une locomotive, un véhicule automoteur, une voiture de chemin de fer, et un wagon.

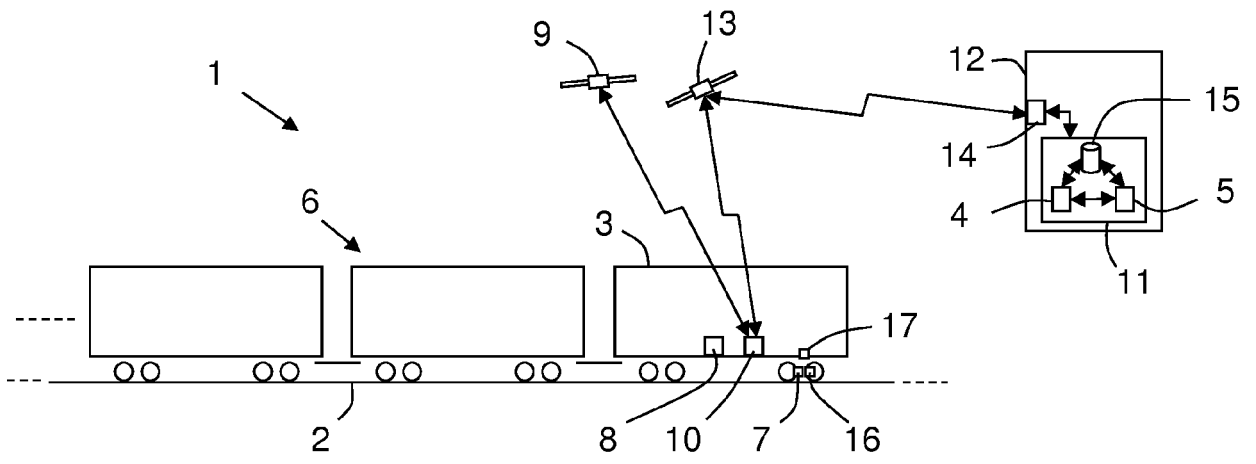


FIG.1

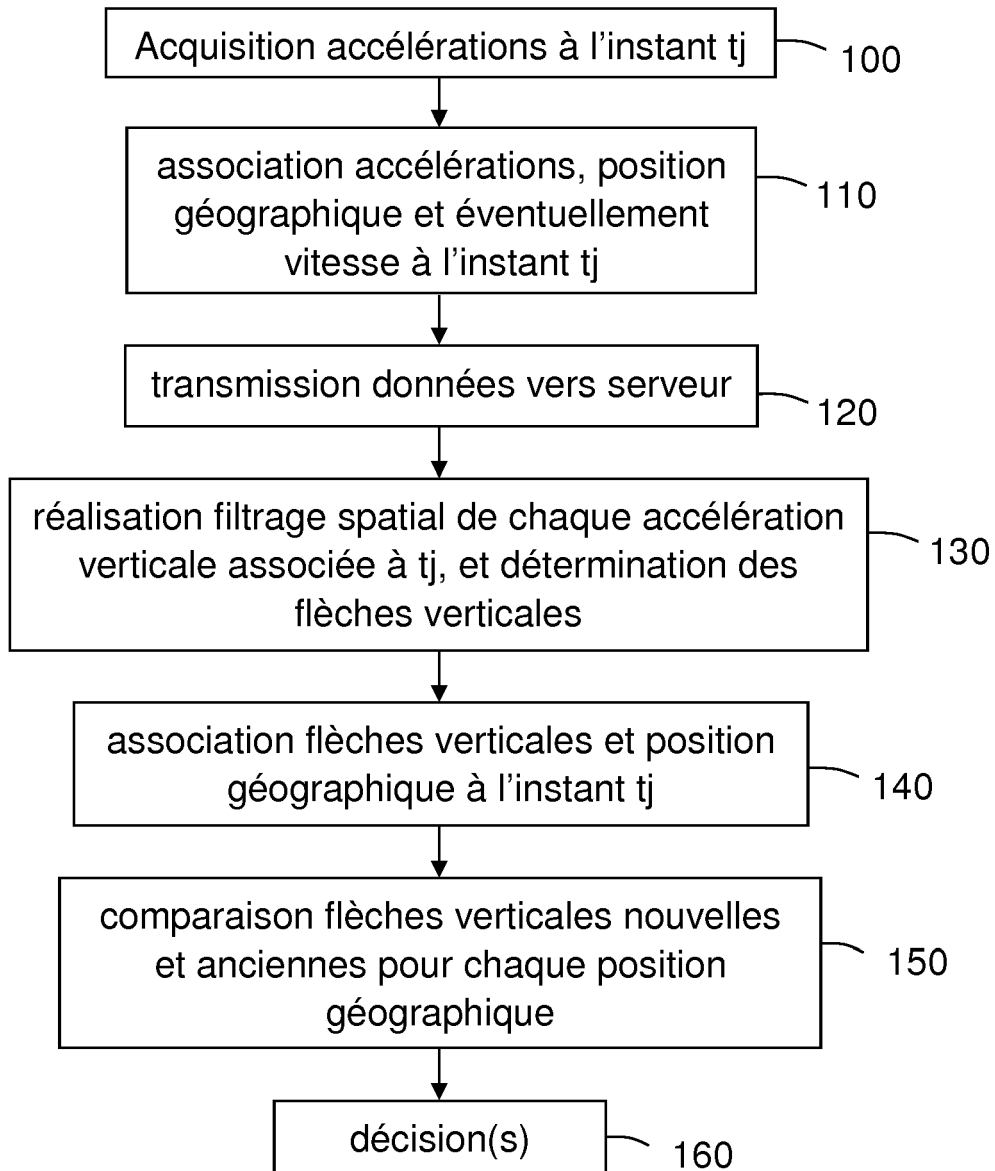


FIG.2



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 18 15 2813

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

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	FR 2 602 479 A1 (MAGYAR ALLAMVASUTAK [HU]) 12 février 1988 (1988-02-12) * page 1, ligne 5 - page 1, ligne 31 * * page 6, ligne 27 - page 7, ligne 10 * * page 8, ligne 1 - page 9, ligne 37 * * page 11, ligne 25 - page 13, ligne 20 * * page 15, ligne 19 - page 19, ligne 17 * * figures 1-7 *	1-12	INV. B61L23/04 B61L27/00 B61K9/08 ADD. B61L3/00 B61L25/02
A	US 2004/122569 A1 (BIDAUD ANDRE C [CA]) 24 juin 2004 (2004-06-24) * alinéas [0002], [0015], [0051], [0071]; figures 18,21,22 *	1-12	
A	US 2010/004804 A1 (ANDERSON TODD ALAN [US] ET AL) 7 janvier 2010 (2010-01-07) * alinéas [0003], [0006], [0009], [0010], [0026] - [0028], [0038] - [0042]; figures 1-4 *	1-12	
A	EP 2 687 419 A2 (SIEMENS PLC [GB]) 22 janvier 2014 (2014-01-22) * alinéas [0001], [0005] - [0009]; figure 1 *	1	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC) B61K B61L
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche Munich		Date d'achèvement de la recherche 11 juin 2018	Examineur 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	

1
EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

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

EP 18 15 2813

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.

11-06-2018

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR 2602479 A1	12-02-1988	CH 674180 A5 CN 87105273 A CS 8705725 A3 DD 265594 A5 FR 2602479 A1 HU 200432 B PL 267107 A1	15-05-1990 20-04-1988 18-03-1992 08-03-1989 12-02-1988 28-06-1990 07-07-1988
US 2004122569 A1	24-06-2004	AUCUN	
US 2010004804 A1	07-01-2010	AUCUN	
EP 2687419 A2	22-01-2014	AU 2013207603 A1 EP 2687419 A2 GB 2504137 A	06-02-2014 22-01-2014 22-01-2014

EPO FORM P0480

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