



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:  
**19.07.2023 Bulletin 2023/29**

(51) Classification Internationale des Brevets (IPC):  
**B61L 25/02** <sup>(2006.01)</sup> **B61L 3/12** <sup>(2006.01)</sup>

(21) Numéro de dépôt: **23152027.1**

(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):  
**B61L 25/025; B61L 3/121; B61L 25/021**

(22) Date de dépôt: **17.01.2023**

(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**

(72) Inventeurs:  
• **MANGEOT, Jean-Philippe**  
**54500 VARANGEVILLE (FR)**  
• **LEFEBVRE, Gaëtan**  
**54500 VANDOEUVRE-LES-NANCY (FR)**  
• **BAROCHE, Thomas**  
**54140 JARVILLE LA MALGRANGE (FR)**

(30) Priorité: **17.01.2022 FR 2200366**

(74) Mandataire: **IP Trust**  
**2, rue de Clichy**  
**75009 Paris (FR)**

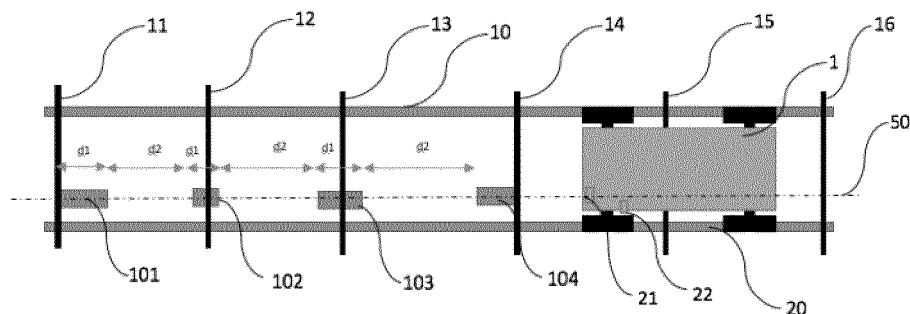
(71) Demandeur: **Urbanloop**  
**54500 Vandoeuvre-Les-Nancy (FR)**

(54) **PROCÉDÉ DE LOCALISATION ET/OU DE MESURE DE VITESSE D'UN VÉHICULE**

(57) La présente invention se rapporte à un procédé de localisation et/ou de mesure de vitesse d'un véhicule se déplaçant le long d'une voie de guidage, par exemple une voie de chemin de fer formée de deux rails, et à un dispositif équipant un tel véhicule, notamment une navette autonome. Pour améliorer les conditions de circu-

lation d'une flotte de navettes, de rames de métro, d'une flotte d'engins autonomes de manutention, ou des trains sur un réseau de chemins de fer, ainsi que la sécurité de l'ensemble du trafic, il est nécessaire de connaître avec précision la vitesse et l'emplacement (position) de chaque véhicule sur la voie de guidage.

[FIG.1]



## Description

### Domaine de l'invention

**[0001]** La présente invention se rapporte à un procédé de localisation et/ou de mesure de vitesse d'un véhicule se déplaçant le long d'une voie de guidage, par exemple une voie de chemin de fer formée de deux rails, et à un dispositif équipant un tel véhicule, notamment une navette autonome. Pour améliorer les conditions de circulation d'une flotte de navettes, de rames de métro, d'une flotte d'engins autonomes de manutention, ou des trains sur un réseau de chemins de fer, ainsi que la sécurité de l'ensemble du trafic, il est nécessaire de connaître avec précision la vitesse et l'emplacement (position) de chaque véhicule sur la voie de guidage.

**[0002]** Les systèmes de géolocalisation par satellite consistant à calculer, grâce aux signaux émis par une constellation de satellites prévue à cet effet, la position actuelle sur la face terrestre ne sont pas adaptés pour des véhicules nécessitant pour des questions de sécurité un positionnement précis et robuste, avec une disponibilité permanente. La précision des systèmes GPS reste dépendante des conditions météorologiques et d'éléments géographiques perturbateurs (proximité de végétation dense par exemple. La disponibilité n'est pas assurée lorsque le véhicule traverse une zone sans couverture radiofréquence, par exemple un tunnel ou un sous-terrain, vallées encaissées ou couloirs urbains. Enfin, ces systèmes peuvent faire l'objet d'actes malveillants de brouillage, ou d'interruption du service.

**[0003]** Dans le domaine ferroviaire, le développement des systèmes de surveillance et de gestion du trafic doit répondre aux exigences du système européen de contrôle et de surveillance du trafic ferroviaire (ERTMS) qui vise à harmoniser la signalisation et le contrôle des vitesses pour le transport ferroviaire en Europe et, par conséquent, de rendre plus sûre la circulation des trains.

**[0004]** Le positionnement d'un mobile sur un rail se fait donc usuellement et notamment selon les préconisations CBTC [IEEE 1474] et ERTMS [Annex A of the CCS TSI - SUBSET 026] par deux techniques redondantes :

- Un système odométrique embarqué qui permet de mesurer la distance parcourue, permettant une localisation relative ; Le système odométrique d'un mobile sur rail est couramment réalisé à partir d'une mesure de vitesse de rotation d'une ou plusieurs roues. Sa précision est alors intrinsèquement limitée par le contact roue-rail et le phénomène de microglissement, voire de glissement, qui s'y produit. De ce fait, il existe nécessairement un écart entre la vitesse de la roue et la vitesse de déplacement du train, ce qui empêche un positionnement précis à partir du système odométrique uniquement.
- Une géolocalisation GPS ou une communication ponctuelle entre le train et les balises de voies, permettant une localisation absolue. Les balises sont

alimentées électriquement pour pouvoir transmettre les informations de localisation, ou encore les données fournies par une centrale inertielle ou des accéléromètres.

**[0005]** Pour améliorer la précision des mesures de position des trains, il a été proposé de « recalcr » les mesures de position obtenues à partir des capteurs d'odométrie avec des systèmes au sol, sous la forme d'émetteurs/balises (appelés « Eurobalises ») qui sont fixés à intervalles réguliers (tous les 1,5 kms en moyenne, en Belgique par exemple) sur la voie ferrée. Une telle balise est activée lors du passage du train et transmet à ce dernier sa localisation exacte par rapport à un référentiel absolu lié à la voie. Le calculateur de bord du train corrige ensuite l'erreur de position du train en recalant la position donnée par odométrie avec celle de la dernière balise rencontrée.

**[0006]** Un inconvénient de cette solution est que les balises sont posées sur la voie entre les rails. Sans surveillance, elles sont ainsi vulnérables aux actes de vandalisme. Elles sont également soumises à des contraintes mécaniques relativement importantes au passage d'un train, pouvant occasionner des défaillances. Hormis le coût engendré par la maintenance de ces balises, il existe aussi un coût lié à l'installation de ces balises sur tout le réseau ferroviaire et à la gestion des stocks. De plus, cette solution pose un problème de sécurité puisque si une balise venait à ne plus fonctionner, l'intervalle entre deux recalages de mesures de position issues des capteurs d'odométrie serait augmenté.

**[0007]** Certaines solutions cherchent à rendre le système d'odométrie plus robuste en ne se fondant plus sur une mesure de rotation de la roue. Elles proposent d'utiliser la voie comme une piste magnétique régulièrement espacée en dotant le mobile sur rail d'un capteur magnétique. La lecture de la piste magnétique permet de mesurer la vitesse de déplacement et la variation de position avec une précision plus importante que les systèmes d'odométrie à partir de la vitesse de la roue [DE2164312]. Une telle solution nécessite toutefois de disposer de marqueur magnétique sur l'intégralité du réseau tout en respectant des contraintes de positionnement très fortes de ces marqueurs afin de garantir la régularité de l'écartement.

**[0008]** Une autre solution pour mesurer la « distance parcourue » d'un train est décrite dans le document de brevet FR2673901. Cette solution consiste à fixer des pistes magnétisables, tout le long de la voie ferrée, et à mettre en oeuvre, par rapport au sens de déplacement du véhicule, au moins une bobine de marquage magnétique de telles pistes, alimentée par un générateur d'impulsions de courant électrique et située sur le boggie avant de la locomotive, et au moins un détecteur de ce marquage magnétique sur le boggie arrière de la locomotive, la bobine et le détecteur étant éloignés d'une distance prédéterminée l'un de l'autre. Il est en outre prévu des moyens pour commander un nouveau marquage

après chaque détection et des moyens pour comptabiliser le nombre de marquages détectés représentatifs de la distance parcourue par la locomotive (et donc la position de la locomotive sur la voie ferrée). L'idée de base de FR2673901 consiste à effectuer un marquage magnétique d'une piste magnétisable de la voie, de préférence l'un des rails, et à répéter ce marquage chaque fois qu'une distance prédéterminée a été parcourue et mesurée.

**[0009]** Il est également connu de mettre en oeuvre un dispositif de capture d'images placé à une extrémité du train, les images étant par la suite analysées pour déterminer la vitesse et la position du train voir par exemple le document WO 2007/0282563. L'analyse des images consiste en un repérage d'éléments, comme par exemple des codes à barres placés sur le sol, le long de la voie, à des emplacements connus a priori, et en une comparaison des codes repérés avec des codes stockés dans une base de données, permettant de localiser spatialement le train, voir par exemple le document WO 2007/091072.

**[0010]** Les solutions basées sur une lecture inductive de marqueurs sont intéressantes car elles sont généralement insensibles aux conditions atmosphériques, contrairement aux solutions basées sur une lecture optique ou sur l'échange radiofréquence de données, robustes car la lecture inductive se fait par une bobine électromagnétique ne nécessitant aucun entretien et résistant sans problème aux vibrations, chocs, agressions physique de toutes sorte, et utilisant des solutions peut coûteuse pour l'exploitation des signaux.

#### Etat de la technique

**[0011]** On connaît dans l'état de la technique le brevet américain US8067933B2 concernant un dispositif de localisation d'un véhicule associé à une voie, comprenant des marques de référence, qui sont placées sur la voie, et des moyens de détection disposés dans le véhicule, qui produisent au moins un signal de sortie lors du passage devant une marque de référence. Les moyens de détection sont composés de plusieurs capteurs individuels qui s'étendent dans le sens de marche avec une longueur moyenne de détection supérieure ou égale à la distance entre des marques de référence voisines.

**[0012]** On connaît aussi du brevet EP2065288 un système de positionnement de chemin de fer pourvu d'un dispositif de mesure de vitesse à bord induisant des courants de Foucault dans la structure de la voie, à deux endroits le long de la direction de déplacement, mesurant les variations du champ magnétique émis par la structure de voie et déterminant la position et la vitesse en corrélant les deux signaux mesurés et une étiquette codée de voie fournissant un codage reconnaissable par le dispositif de mesure de la vitesse à bord. Un mode de réalisation proposé par ce document concerne l'utilisation d'étiquettes codées se composant d'une barre avec plusieurs fentes dans lesquelles des blocs de métal de différentes

tailles sont montés. Les tailles et les positions des blocs sont sélectionnées pour représenter un codage selon la modulation d'amplitude de Quadrature.

**[0013]** Le brevet FR3055876 concerne un procédé de détermination de la position d'un véhicule ferroviaire circulant sur une voie ferroviaire munie d'une pluralité d'éléments structuraux comprenant chacun un dispositif de mémorisation d'une donnée d'identification, comprend une étape préalable d'obtention d'une séquence de données de sorte à former une liste de séquences de données identifiant successivement chacune un élément structural successif. Ce procédé comprend également des étapes d'initialisation au cours de laquelle une séquence de données est récupérée, de lecture de la donnée d'identification associée à l'élément structural au-dessus duquel le véhicule passe, de modification de la séquence de données en fonction de la donnée d'identification et de calcul de la position du véhicule en fonction de la séquence de données.

**[0014]** La demande WO01/66401 concerne un dispositif permettant de déterminer la position d'un véhicule sur rail. Ce dispositif comprend au moins un capteur conçu pour produire un signal en fonction des irrégularités de la voie ferrée causées par les composants du rail montés sur ladite voie ferrée ou reliés à elle; un moyen mémoire conçu pour stocker, d'une part, les informations relatives à la position des composants du rail le long du trajet du véhicule et, d'autre part, des caractéristiques nécessaires permettant d'identifier les composants du rail; un moyen d'identification conçu pour détecter et identifier les composants du rail par comparaison dudit signal avec les caractéristiques stockées; un moyen de calcul conçu pour déterminer la position du véhicule à partir des composants du rail identifiés et de leur position mise en mémoire. L'invention concerne également un procédé permettant de déterminer la position d'un véhicule sur rail. Selon ce procédé, la position et les caractéristiques des composants du rail montés sur la voie ferrées ou reliés à elle, sont préalablement enregistrées et stockées. Un signal est produit en fonction des irrégularités causées par ces composants. Le signal est comparé aux caractéristiques, ainsi, les composants du rail sont détectés et identifiés, et la position du véhicule est déterminée à partir des composants du rail identifiés et de leur position mise en mémoire.

**[0015]** La demande de brevet DE102018118767 concerne un procédé de détection de la position d'un véhicule ferroviaire sur une voie ferrée, ainsi qu'une voie ferrée conçue pour mettre en oeuvre un tel procédé. La détection de la position des véhicules ferroviaires est réalisée au moyen d'un capteur du véhicule lequel détecte, pendant son passage sur la voie ferrée, une séquence de champs magnétiques générés par des aimants disposés sur la voie ferrée et génère, à partir des variations du champ magnétique qui en résultent, un modèle binaire dont le contenu des données représente une coordonnée locale de la voie ferrée.

### Inconvénients de l'art antérieur

**[0016]** Les solutions de l'art antérieur présentent plusieurs inconvénients.

**[0017]** En premier lieu, l'équipement d'un ensemble de voies de guidage peut constituer un investissement considérable, et nécessiter de mobiliser de multiples ressources pour configurer les marqueurs implantés sur le réseau constituer une base de données dont la maintenance et la mise à jour représentent en soi un travail considérable.

**[0018]** En second lieu, les traitements à effectuer pour connaître en temps réel la position sont souvent très lourds et nécessitent des puissances de calcul importante.

### Solution apportée par l'invention

**[0019]** La présente invention concerne selon son acception la plus générale un système de géolocalisation de véhicules circulant sur une voie de guidage comportant :

- a) des véhicules équipés d'un capteur pour la détection d'une caractéristique physique de marqueurs répartis épisodiquement sur ladite voie de guidage, ainsi que d'un calculateur pour fournir une information de localisation en fonction des signaux délivrés par ledit capteur et d'une base de données comportant l'enregistrement de la répartition desdits marqueurs sur ladite voie de guidage
- b) des marqueurs présentant une caractéristique physique détectable par lesdits capteurs, répartis sur ladite voie de guidage

caractérisé en ce que

- ♣ lesdits marqueurs appartiennent chacun à une et une seule classe parmi une pluralité de classes d'objets physiques, la caractéristique physique des tous les objets d'une classe présentant la même propriété lors de la détection par un desdits capteurs,



lesdits marqueurs étant répartis aléatoirement sur ladite voie de guidage, avec un enregistrement ordonné de la classe d'appartenance de chacun desdits marqueurs disposé sur ladite voie de guidage dans une base de données, chacun desdits enregistrement étant associé à une information de localisation de la position physique dudit marqueur sur ladite voie de guidage.

**[0020]** On entend par « aléatoirement » au sens du présent brevet le fait que le choix de la propriété de chacun des marqueurs répartis sur la voie est établi sans règle de prédiction identifiable, par exemple par le résultat du hasard ou d'un générateur de séquences chaoti-

que.

**[0021]** Selon un mode de réalisation préféré, ladite caractéristique physique est l'induction magnétique.

**[0022]** Avantageusement, lesdits marqueurs sont des masses conductrices et en ce que lesdits capteurs sont constitués par une bobine émettrice alimentée par un courant électrique alternatif et par une bobine réceptrice détectant le champ magnétique induit par un marqueur conducteur pour produire un courant électrique traité pour fournir un signal lors de la proximité d'un marqueur conducteur.

**[0023]** De préférence, lesdits marqueurs sont des masses magnétiques et en ce que lesdits capteurs sont constitués par une bobine réceptrice détectant le champ magnétique induit par un marqueur magnétique pour produire un courant électrique traité pour fournir un signal lors de la proximité d'un marqueur magnétique.

**[0024]** De préférence, ladite propriété physique est la longueur selon la direction de la trajectoire du véhicule sur la voie de guidage, et en ce que lesdites classes d'appartenance correspondent à des fourchettes de longueur sans recouvrement entre lesdites fourchettes.

**[0025]** De préférence, ladite propriété physique est la longueur selon la direction de la trajectoire du véhicule sur la voie de guidage, et en ce que lesdites classes d'appartenance correspondent à des fourchettes de longueur sans recouvrement entre lesdites fourchettes.

**[0026]** Avantageusement, lesdits marqueurs sont positionnés entre les rails formant la voie de guidage.

**[0027]** Selon un mode de réalisation particulier, ladite base de données comportent également les enregistrements des distances séparant deux marqueurs consécutifs.

**[0028]** Avantageusement, la répartition desdits marqueurs sur la voie de guidage est périodique.

**[0029]** De préférence, lesdits véhicules comportent en outre un second moyen de géolocalisation, ledit calculateur appliquant un traitement de vérification de la cohérence entre les informations de géolocalisation fournies par le capteur et les informations fournies par ledit second moyen de géolocalisation.

**[0030]** L'invention concerne aussi un procédé de géolocalisation de véhicules équipés d'un capteur pour la détection d'une caractéristique physique de marqueurs, circulant sur une voie de guidage comportant des une répartition de marqueurs présentant une caractéristique physique détectable par lesdits capteurs caractérisé en ce qu'il consiste à enregistrer pendant ledit déplacement une fenêtre glissante de la propriété de chacun des marqueurs détectés par le capteur du véhicule, et à comparer la séquence enregistré pendant le déplacement du véhicule avec les séquences enregistrées dans une base de données contenant un enregistrement ordonné de la classe d'appartenance de chacun desdits marqueurs disposé sur ladite voie de guidage dans une base de données, chacun desdits enregistrement étant associé à une information de localisation de la position physique dudit marqueur sur ladite voie de

guidage.

**[0031]** On procède avantageusement après le traitement d'une séquence de propriétés lues par le capteur à :

- L'enregistrement dans une mémoire tampon de la séquence suivante enregistrée dans ladite base de données,
- L'enregistrement dans une mémoire tampon de la séquence précédente décalée par la lecture par le capteur de la propriété du marqueur suivant,
- La comparaison entre ces deux séquences pour valider la localisation en cas de conformité ou en cas de différence de commander une signalisation.

#### Description détaillée d'un exemple non limitatif de réalisation de l'invention

**[0032]** La présente invention sera décrite de manière plus détaillée en référence à des exemples non limitatifs de réalisation précisant les avantages et considérations susmentionnées. Une description plus particulière de l'invention brièvement décrite ci-dessus est illustrée par les dessins annexés où :

[FIGURE 1] la figure 1 représente une vue schématique d'un tronçon de voie de guidage selon l'invention

[FIGURE 2] la figure 2 représente une vue des séquences de signaux traités par le calculateur [FIGURE 3] la figure 3 représente une vue schématique d'un tronçon de voie de guidage avec un véhicule selon l'invention dans une première position

[FIGURE 4] la figure 4 représente une vue schématique d'un tronçon de voie de guidage avec un véhicule selon l'invention dans une deuxième position

[FIGURE 5] la figure 5 représente une vue schématique d'un tronçon de voie de guidage avec un véhicule selon l'invention dans une troisième position

[FIGURE 6] la figure 6 représente une vue schématique d'un tronçon de voie de guidage avec un véhicule selon l'invention dans une quatrième position

[FIGURE 7] la figure 7 représente une vue schématique d'un tronçon de voie de guidage avec un véhicule selon l'invention dans une cinquième position

[FIGURE 8] la figure 8 représente une vue schématique des traitements numériques.

#### Principe général de l'invention

**[0033]** Le système de positionnement sera décrit dans ce qui suit selon un exemple non limitatif où les marqueurs sont des masses métalliques, où la propriété physique prise en compte est la longueur selon la trajectoire du véhicule (1), où les capteurs sont des capteurs inductifs et les véhicules des navettes autonomes circulant sur une voie propre avec des rails de guidage. Les véhicules sont également équipés, selon une option préférée, d'un deuxième système de localisation, par exemple un odo-

mètre prenant en compte la rotation d'une des roues du véhicule, ou éventuellement des balises (« beacon ») radioémettrices disposées le long de la voie de guidage, ou encore d'un système GPS, dont les données en zone non couverte seront extrapolées à partir de données fournies par exemple par une centrale inertielle.

**[0034]** La voie de guidage peut former une boucle fermée unique, ou au contraire présenter de multiples embranchements.

**[0035]** Cette description détaillée qui suit est directement transposable à d'autres implémentations qui font partie intégrale de l'invention : par exemple, les véhicules pourraient être des véhicules ferroviaires de transport de personnes ou de fret, ou des tramways, ou des véhicules de manutention circulant sur des voies propres sans rail. Les marqueurs pourraient être des marqueurs optiques détectés par un capteur optique, des marqueurs mécaniques détectés par des palpeurs ou des capteurs équivalents, des étiquettes radiofréquences etc.

#### Exemple de réalisation avec des marqueurs métalliques et un capteur inductif

**[0036]** La solution décrite ci-après est avantageuse car les marqueurs sont particulièrement robustes, faciles à installer et remplacer sur la voie de guidage, économiques et résistants au vandalisme car de faible valeur marchande et faciles à solidariser fortement avec la voie.

**[0037]** La caractéristique inductive est également avantageuse car elle ne nécessite pas de contact ni de conditions atmosphériques particulières. La détection est robuste quelles que soient les conditions d'éclairage, d'hygrométrie, de pollution, et résiste à la plupart des formes de brouillage.

**[0038]** La figure 1 présente l'environnement de l'invention, à savoir un véhicule (1) se déplaçant sur des rails (10, 20). Les rails (10, 20) présentent des marqueurs qui peuvent être fixées sur les traverses, fixées sur le rail ou posées sur un support fixe par rapport au rail (10 20). Ces marqueurs (101 à 104) sont passifs, c'est-à-dire qu'ils ne sont pas alimentés en énergie. La longueur des marqueurs (101 à 104) selon l'axe de déplacement du véhicule (1) sur rail est variable.

**[0039]** Les marqueurs (101 à 104) doivent être situés suffisamment loin du rail pour éviter les perturbations. Les marqueurs (101 à 104) peuvent être positionnés à l'intérieur ou à l'extérieur des rails (10, 20). Il est également possible de disposer plusieurs files de marqueurs (101 à 104) sur la voie. Sur la figure, les marqueurs (101 à 104) sont positionnés pour exemple le long du rail gauche (10).

**[0040]** Le mobile sur rail présente au moins un capteur inductif positionné au-dessus de la file de marqueurs métalliques (pouvant être des pastilles magnétiques ou métalliques). Si plusieurs files de marqueurs sont présentes, le mobile sur rail dispose d'au minimum autant de capteurs inductifs.

**[0041]** Le véhicule (1) sur rail présente également un

moyen d'obtenir une information de vitesse, par exemple à l'aide d'un capteur de vitesse à roue dentée (22) comme présenté dans la figure 1, ou par tout autre moyen (données GPS, vitesse obtenue par un observateur de vitesse d'un moteur, couplage entre plusieurs capteurs de vitesse, ...). Cette information de vitesse doit être suffisamment échantillonnée pour être rafraîchie plusieurs fois lors du passage du véhicule (1) au-dessus d'un marqueur (101 à 104).

**[0042]** Selon cette réalisation décrite en détail, la propriété retenue, à savoir la longueur, est également avantageuse car il est facile de segmenter l'ensemble en classes de longueurs sans recouvrement, tout en acceptant une tolérance pour la fabrication et pour la lecture. Par exemple, on peut prévoir des longueurs comprises entre 50 et 300 millimètres, avec une tolérance de 10mm (ou une tolérance relative); et une segmentation en six classes :

- C1 [40 mm à 60 mm]
- C2 [90 mm à 110 mm]
- C3 [140 mm à 160 mm]
- C4 [190 mm à 210 mm]
- C5 [240 mm à 260 mm]
- C6 [290 mm à 310 mm]

**[0043]** Il est facile de lire la propriété « longueur » par un capteur inductif détectant la présence ou l'absence d'une masse métallique, combinée à une détermination de la longueur en fonction soit d'un capteur de déplacement, par exemple odométrique, ou en fonction de la vitesse et du temps s'écoulant entre un front montant et un front descendant de détection de flux magnétique.

**[0044]** Physiquement, ces marqueurs prennent la forme d'une pastille métallique rectangulaire en acier qui peut être vissée ou collée sur une traverse d'un segment de voie, entre les deux rails (10, 20), dans une position latérale identique pour chaque marqueur, par exemple à X centimètre du rail gauche (20).

**[0045]** Ces marqueurs (101 à 104) sont répartis de manière aléatoire le long de la voie.

**[0046]** La propriété (longueur) du marqueur à implanter est déterminée sans modèle prédictif, par un tirage au hasard ou éventuellement par un générateur de séquences chaotiques.

**[0047]** Pour obtenir une résolution importante, il est préférable de prévoir un marqueur sur chaque traverse (11 à 16), mais l'omission d'une ou plusieurs traverses n'empêche pas le bon fonctionnement de l'invention. De même, la présence d'une masse métallique parasite, par exemple une cannette métallique, sur la voie n'empêche pas le bon fonctionnement du système.

**[0048]** La répartition aléatoire signifie que les propriétés de deux marqueurs consécutifs sont choisies au hasard. Ainsi un marqueur de classe C2 se trouvera entre deux marqueurs de classe C<sub>i</sub> et C<sub>j</sub> quelconques.

**[0049]** On enregistre dans une base de données ordonnée la suite de classes sur la voie. Il peut s'agir d'une

simple liste ordonnée de la propriété des marqueurs successives, de type C4, C2, C3, C4, .... pour une suite formée par un marqueur (101) de 200 mm suivi par un marqueur (102) de 100 mm, suivi par un marqueur (103) de 150 mm, suivi par un marqueur (104) de 200 mm ; etc.

**[0050]** Il n'est pas nécessaire que deux ou plusieurs marqueurs appartiennent à des classes différentes.

**[0051]** Par ailleurs, lorsque les marqueurs sont répartis avec un espacement à peu près constant, il n'est pas nécessaire d'enregistrer les coordonnées de localisation de chacun des marqueurs, le positionnement pouvant être déduit de son rang dans la liste ordonnée.

**[0052]** Mais pour faciliter l'exploitation, une alternative consiste à enregistrer dans la base de données pour chaque marqueur sa propriété et sa position, par exemple par référence à une position d'origine constituant le point zéro, sous la forme de sa distance par rapport à ce point d'origine selon une trajectoire suivant la ligne médiane de la voie de guidage.

**[0053]** Cette implantation des marqueurs (101 à 104) sur la voie de guidage va former une ligne « codée » virtuelle (50) formée par une alternance de présence et d'absence de la caractéristique lue par le véhicule, avec des propriétés variables alternant avec des absences de la caractéristique, également variables.

**[0054]** Dans l'hypothèse où l'inter distance entre deux traverses est constant, et que chaque traverse (11 à 16) porte un marqueur, la somme entre la présence et l'absence d'induction correspondra à une longueur constante, et fournira au capteur (21) du véhicule (1) circulant sur la voie une information codée selon une technique de modulation de largeur d'impulsions (PWM « Pulse Width Modulation »), couramment utilisée pour exploiter des signaux à états discrets robustes.

**[0055]** Le véhicule (1) comporte un capteur d'induction (21) formé par exemple par un composant placé sous le châssis du véhicule et comportant un premier bobinage alimenté par un courant alternatif pour émettre un champ magnétique. Lorsqu'une cible conductrice ou magnétiquement perméable, notamment un marqueur (101 à 104) est proche du bobinage, l'impédance du bobinage varie, et la mesure de cette impédance et du dépassement d'une valeur-seuil permet de générer un signal binaire de présence ou d'absence de masse métallique.

**[0056]** Les capteurs inductifs produisent à l'extrémité de leur tête de détection un champ magnétique oscillant. Ce champ est généré par une inductance et un condensateur montés en parallèle. Lorsqu'un corps conducteur métallique est placé dans ce champ, des courants de Foucault prennent naissance dans la masse du métal ; il y a perturbation de ce champ qui entraîne une réduction de l'amplitude des oscillations au fur et à mesure de l'approche de l'objet métallique, jusqu'à blocage complet. Cette variation est exploitée par un amplificateur qui délivre un signal de sortie binaire.

**[0057]** L'homme du métier connaît de multiples solutions de capteurs à inductance variable et à réluctance variable produisant en général un signal électrique pro-

portionnel à la masse conductrice et la distance d'un objet conducteur ou magnétiquement perméable par rapport à une bobine.

**[0058]** Lorsque le véhicule est à l'arrêt le capteur (21) reste dans le même état en fonction de la présence ou de l'absence d'un marqueur sous le véhicule (1) ; et plus précisément sous la tête du capteur (21)).

**[0059]** Lorsque le véhicule (1) se déplace à une vitesse  $V$ , le capteur (21) va détecter un marqueur  $M_i$  dont la « propriété » est une longueur  $L$  pendant une durée  $T_i = L_i/V$ .

**[0060]** La vitesse de déplacement instantanée du véhicule (1) est connue par exemple par un capteur odométrique (22) ou tout autre moyen usuel pour mesurer la vitesse instantanée d'un véhicule. En mesurant l'intervalle de temps  $T_i$  séparant un front montant et un front descendant du signal fourni par le capteur inductif (21), on détermine la propriété du marqueur, à savoir sa longueur  $L_i$  égale à  $T_i/V$ .

**[0061]** De même, l'intervalle de temps séparant un front descendant et un front montant du signal fourni par le capteur inductif (21), on détermine la distance  $D_2$  séparant deux marqueurs (101, 102) consécutifs.

**[0062]** Les séquences prises en compte présente une longueur de  $N$  marqueurs, de telle sorte que les séquences de longueur  $N$  (ou supérieure à  $N$ ) produites soient orthogonales ou quasi-orthogonales au sens où :

- Toute sous-séquence extraite de la séquence totale est unique, assurant ainsi l'unicité de positionnement.
- Toute sous-séquence extraite de la séquence totale présente une corrélation minimale avec toutes les autres sous séquences, assurant ainsi la robustesse aux imprécisions de mesure.

Voir par exemple Dines, L. L. "A Theorem on Orthogonal Sequences." Transactions of the American Mathematical Society, vol. 30, no. 2, American Mathematical Society, 1928, pp. 439-46, <https://doi.org/10.2307/1989131>.

**[0063]**  $N$  est déterminé en fonction du nombre total de marqueurs, du nombre de classes de propriété par un calcul combinatoire. Par exemple, avec les six classes de longueurs susvisées, et des séquences de 10 marqueurs consécutifs, on dispose d'un million de séquences uniques.

**[0064]** La figure 2 représente le chronogramme des signaux fournis par les deux capteurs (21, 22) présents sur le véhicule (1) :

**[0065]** L'odomètre est constitué par un codeur incrémental (22) qui compte le nombre de tours de roue avec une certaine précision (typiquement 100 pas par tours : un pas est environ égal à 12mm) et fournit un signal rectangulaire (30) dont la périodicité est représentative de la vitesse instantanée. La périodicité est constante lorsque le véhicule (1) avance à une vitesse constante.

**[0066]** Le capteur inductif (21) fournit un deuxième signal rectangulaire (40) dont le niveau est 1 s'il se situe

au-dessus d'un marqueur (101 à 104) et zéro sinon.

**[0067]** La combinaison des 2 capteurs permet de mesurer la longueur des marqueurs en nombre de pas ainsi que la distance inter marqueurs en nombre de pas

**[0068]** Une électronique permet de stocker ces 2 longueurs  $d1$  et  $d2$  dans une mémoire de taille réglable. Le circuit est connu par avance et enregistré dans une autre mémoire de référence qui permettra à l'électronique de définir sa position.

**[0069]** Les figures 3 à 7 illustrent un exemple d'acquisition des signaux des capteurs (21) et (22)

**[0070]** En figure 3, le véhicule (1) passe sur le premier marqueur (102) : il mesure  $d1 = 10$  pas (environ 12 cm) et enregistre en mémoire dans un premier registre la valeur (10 pas)

**[0071]** En figure 4, le véhicule (1) passe sur le début du second marqueur (103) : il mesure  $d2 = 154$  pas (environ 185 cm) et enregistre en mémoire dans un second registre la valeur (154 pas)

**[0072]** En figure 5, le véhicule (1) passe sur la fin du second marqueur (103) : il mesure  $d1 = 5$  pas (environ 6 cm) et enregistre en mémoire dans un troisième registre la valeur (5 pas)

**[0073]** En figure 6, le véhicule (1) passe sur le début du troisième marqueur (104) : il mesure  $d2 = 150$  pas (environ 180 cm) et enregistre en mémoire dans un quatrième registre la valeur (154 pas).

**[0074]** Et ainsi de suite.

**[0075]** Les valeurs sont en fait enregistrées en mémoire en binaire (par exemple sur 8 bits) dans un registre à décalage composé de  $N$  valeurs,  $N$  correspondant au nombre de mesures prises en compte dans une fenêtre glissante de  $N$  incréments, et enregistrés dans une mémoire de type FIFO. Ce traitement nécessite très peu de ressources et peut être exécuté par un microcontrôleur très simple.

**[0076]** On procède ensuite à un traitement consistant en un hachage de ces données : Seules les valeurs les plus représentatives sont gardées pour former un mot binaire sur  $N$  bits (par exemple un mot sur 32 bits) pour produire une séquence binaire codant la position absolue de la capsule : (suppression des bits inutiles)

**[0077]** Lors de la synchronisation (recherche de l'état initial lors de la mise en route), le mot binaire le plus proche est recherché dans la table comparées par rapport à la table. Cette synchronisation consiste à valider la position résultant de l'exploitation des signaux fournis par les capteurs (21, 22) permettant de calculer des séquences glissantes, avec les séquences enregistrées dans la base de données constituée lors de l'implantation des marqueurs, ou lors d'une étape de réinitialisation.

**[0078]** Une fois synchronisé, on vérifie à la prochaine pastille que l'état lu est proche celui attendu. Pour cela, il suffit de lire dans la table la séquence suivante, et de vérifier, lors de l'acquisition des signaux, que la séquence obtenue par l'exploitation des signaux des capteurs (21, 22) est conforme. On peut ainsi produire très simplement une information de localisation par lecture incrémentale

des positions enregistrées dans la base de données, en synchronisant avec les signaux fournis par les capteurs (21, 22).

**[0079]** La figure 8 présente la manière dont la lecture d'une succession marqueurs de longueurs L1 à L4 différentes permet de retrouver la position P1 à P7 du véhicule (1) sur la voie de guidage. L'ensemble des marqueurs (101 à 104) de différentes longueurs forme un ensemble d'états accessibles avec la connaissance des transitions possibles entre états. Les longueurs de marqueurs (101 à 104) lues correspondent à la succession des marqueurs (101 à 104) passées modifiées par l'erreur de mesure. Ces longueurs de marqueurs (101 à 104) lues sont les données d'entrée de l'algorithme de positionnement (60). A partir des mesures (Etape 62) et de la connaissance du positionnement (étape 63) des marqueurs (101 à 104) sur la voie de guidage, l'algorithme (Etape 64) retrouve l'état P3 le plus probable (Etape 65), et donc la position du mobile sur la voie.

**[0080]** Selon l'algorithme utilisé, cette détermination peut être faite de deux manières :

- en mémorisant un nombre fixe de marqueurs et en retrouvant ce motif dans l'ensemble des motifs existants. Dans ce cas, l'algorithme peut être par exemple une recherche d'un maximum dans un calcul de convolution, ou toute autre méthode permettant de retrouver la séquence réalisée de manière déterministe.
- par une méthode probabiliste donnant la probabilité de se situer en chaque point du réseau ou uniquement le point le plus probable. L'utilisation d'un algorithme probabiliste de détermination de l'état peut être par exemple un algorithme de Viterbi, un filtre de Kalman, ou toute autre méthode permettant de retrouver la séquence réalisée de manière la plus probable.

**[0081]** Les étapes successives du positionnement sur la voie sont donc :

1. Détection de présence de marqueurs (101 à 104)
2. Couplage de la mesure de vitesse avec la détection de présence de marqueurs (101 à 104) afin de déterminer la longueur des marqueurs (101 à 104). Cette mesure de vitesse peut provenir d'un capteur de vitesse de rotation de la roue ou de toute autre méthode d'obtenir une mesure de vitesse suffisamment échantillonnée pour permettre de mesurer la longueur de la traverse, par exemple le couplage des mesures de vitesse de plusieurs essieux, une mesure de vitesse donnée par un GPS, une vitesse obtenue par un observateur de vitesse d'un moteur, ...
3. Lecture de la succession de marqueurs (101 à 104) afin de définir une succession de mots dans un code.
4. utilisation cette succession de mots pour détermi-

ner la marqueurs (101 à 104) lue dans l'ensemble du code du réseau. Cette détermination peut être faite de deux manières, ou bien en mémorisant un nombre fixe de marqueurs (101 à 104) et en retrouvant ce motif dans l'ensemble des motifs existants, ou bien par une méthode probabiliste donnant la probabilité de se situer en chaque point du réseau.

5. Lier la position dans le code à la position absolue sur le réseau.

**[0082]** Ce système de positionnement peut être adapté ou complété avec la mesure de distance entre deux marqueurs (101 à 104). Dans ce cas, l'algorithme de positionnement prend comme donnée d'entrée peut être complété pour utiliser comme données d'entrée la distance entre deux marqueurs (101 à 104) en plus de la longueur des marqueurs (101 à 104). Cet algorithme peut également être adapté pour n'utiliser que la distance entre marqueurs (101 à 104).

## Revendications

1. Système de géolocalisation de véhicules (1) circulant sur une voie de guidage comportant :

- a) des véhicules (1) équipés d'un capteur (21) pour la détection d'une caractéristique physique de marqueurs (101 à 104) répartis épisodiquement sur ladite voie de guidage, ainsi que d'un calculateur pour fournir une information de localisation en fonction des signaux délivrés par ledit capteur et d'une base de données comportant l'enregistrement de la répartition desdits marqueurs (101 à 104) sur ladite voie de guidage
- b) des marqueurs (101 à 104) présentant une caractéristique physique détectable par lesdits capteurs (21), répartis sur ladite voie de guidage

caractérisé en ce que ♣

lesdits marqueurs (101 à 104) appartiennent chacun à une et une seule classe parmi une pluralité de classes d'objets physiques, la caractéristique physique de tous les objets d'une classe présentant la même propriété lors de la

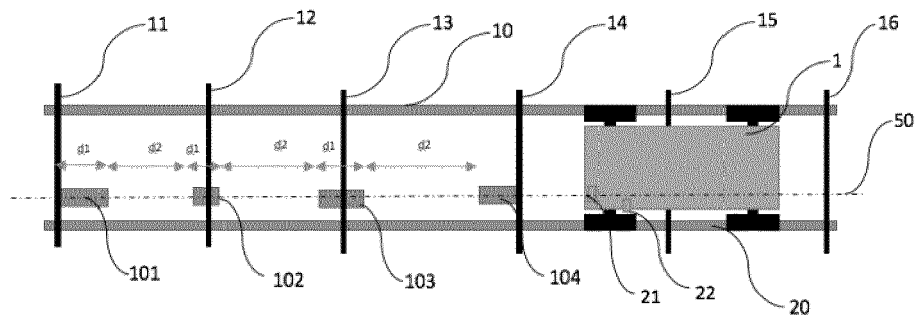
détection par un desdits capteurs, ♣

lesdits marqueurs (101 à 104) étant répartis aléatoirement sur ladite voie de guidage, avec un enregistrement ordonné de la classe d'appartenance de chacun desdits marqueurs (101 à 104) disposé sur ladite voie de guidage dans une base de données, chacun desdits enregistrement étant associé à une information de localisation de la position physique dudit marqueur (101 à 104) sur ladite voie de guidage.

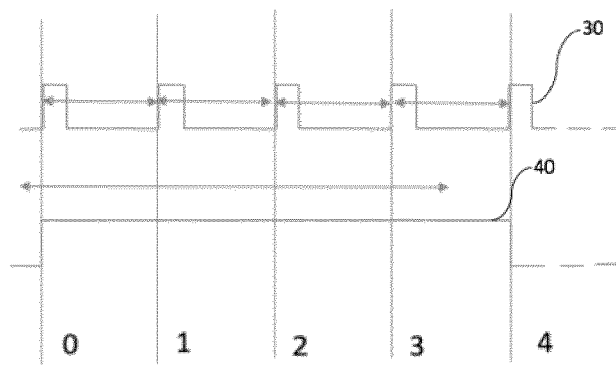


2. Système de géolocalisation de véhicules selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** ladite caractéristique physique est l'induction magnétique.
3. Système de géolocalisation de véhicules selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** lesdits marqueurs sont des masses conductrices et **en ce que** lesdits capteurs sont constitués par une bobine émettrice alimentée par un courant électrique alternatif et par une bobine réceptrice détectant le champ magnétique induit par un marqueur conducteur pour produire un courant électrique traité pour fournir un signal lors de la proximité d'un marqueur conducteur.
4. Système de géolocalisation de véhicules selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** lesdits marqueurs sont des masses magnétiques et **en ce que** lesdits capteurs sont constitués par une bobine réceptrice détectant le champ magnétique induit par un marqueur magnétique pour produire un courant électrique traité pour fournir un signal lors de la proximité d'un marqueur magnétique.
5. Système de géolocalisation de véhicules selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** ladite propriété physique est la longueur selon la direction de la trajectoire du véhicule sur la voie de guidage.
6. Système de géolocalisation de véhicules selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** lesdits classes d'appartenance correspondent à des fourchettes de longueur sans recouvrement entre lesdites fourchettes.
7. Système de géolocalisation de véhicules selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** lesdits marqueurs sont positionnés entre les rails formant la voie de guidage.
8. Système de géolocalisation de véhicules selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** ladite base de données comportent également les enregistrements des distances séparant deux marqueurs consécutifs.
9. Système de géolocalisation de véhicules selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la répartition desdits marqueurs sur la voie de guidage est périodique.
10. Système de géolocalisation de véhicules selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** lesdits véhicules comportent en outre un second moyen de géolocalisation, ledit calculateur appliquant un traitement de vérification de la cohérence entre les informations de géolocalisation calculé en fonction des signaux délivrés par le capteur et les informations fournies par ledit second moyen de géolocalisation.
11. Procédé de de géolocalisation de véhicules équipés d'un capteur pour la détection d'une caractéristique physique de marqueurs, circulant sur une voie de guidage comportant une répartition de marqueurs présentant une caractéristique physique détectable par lesdits capteurs, **caractérisé en ce qu'**il consiste à enregistrer pendant ledit déplacement une fenêtre glissante de la propriété de la caractéristique physique de chacun des marqueurs détectés par le capteur du véhicule, et à comparer la séquence enregistrée pendant le déplacement du véhicule avec les séquences enregistrées dans une base de données contenant un enregistrement ordonné de la classe d'appartenance de chacun desdits marqueurs disposé sur ladite voie de guidage dans une base de données, chacun desdits enregistrement étant associé à une information de localisation de la position physique dudit marqueur sur ladite voie de guidage.
12. Procédé de de géolocalisation de véhicules selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** l'on procède après le traitement d'une séquence de propriétés lues par le capteur à :
  - L'enregistrement dans une mémoire tampon de la séquence suivante enregistrée dans ladite base de données,
  - L'enregistrement dans une mémoire tampon de la séquence précédente décalée par la lecture par le capteur de la propriété du marqueur suivant,
  - La comparaison entre ces deux séquences pour valider la localisation en cas de conformité ou en cas de différence de commander une signalisation.

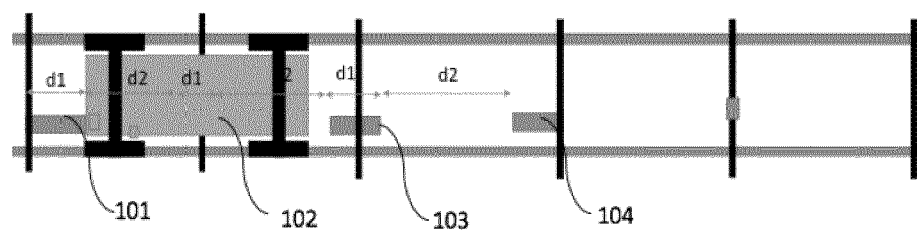
[FIG.1]



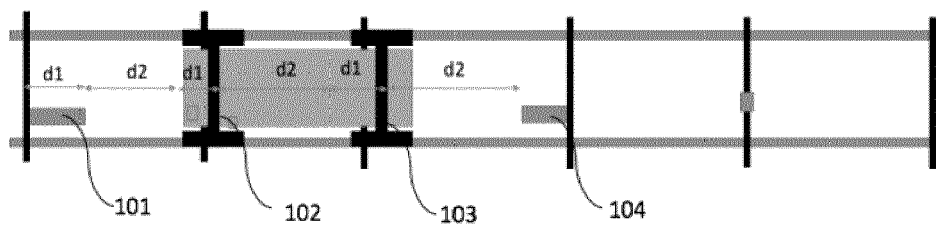
[FIG.2]



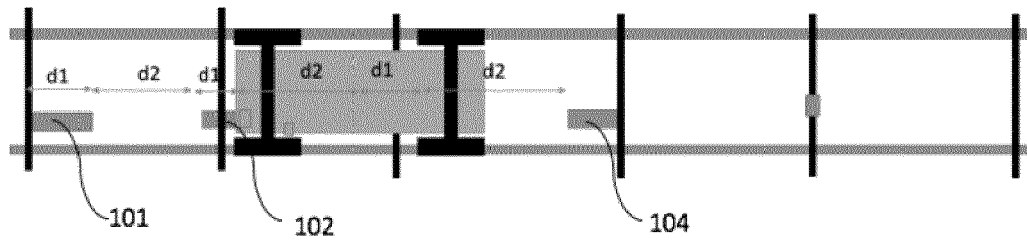
[FIG.3]



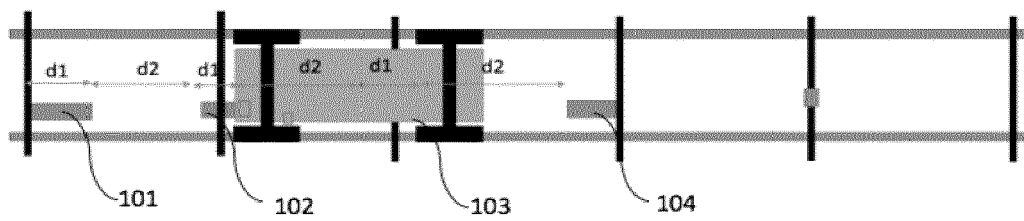
[FIG.4]



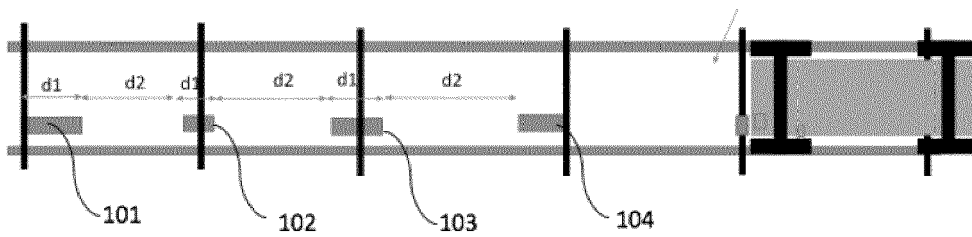
[FIG.5]



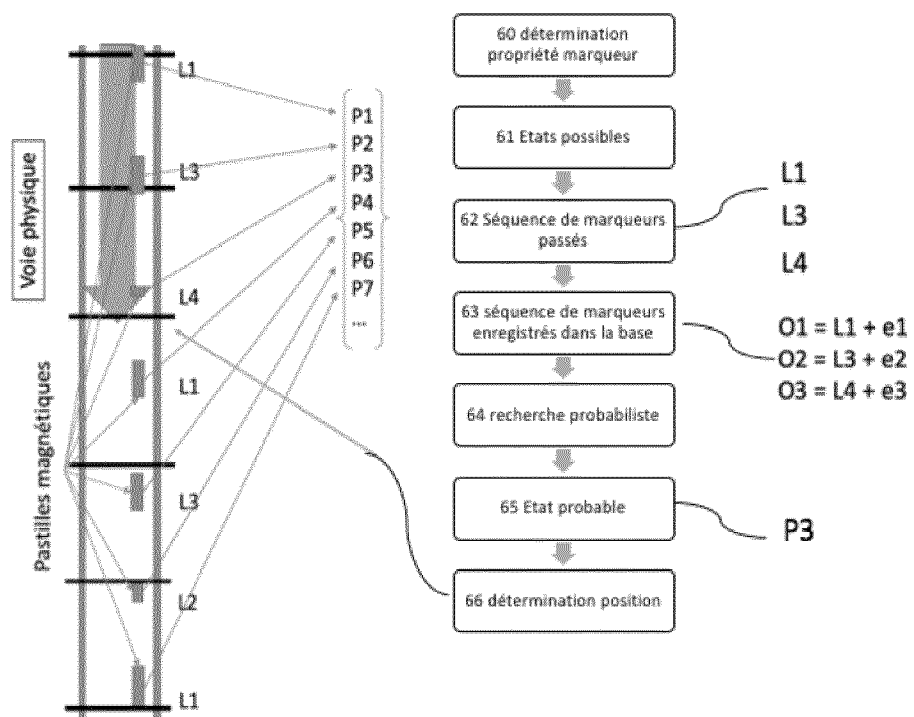
[FIG.6]



[FIG.7]



[FIG.8]





## RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 23 15 2027

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

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	DE 10 2019 118767 A1 (DEUTSCHE BAHN AG [DE]) 14 janvier 2021 (2021-01-14)	1, 2, 4-12	INV.
Y	* alinéas [0006] - [0023]; figures 1, 2 *	3	B61L25/02
	-----		B61L3/12
Y	Klaus Hornemann ET AL: "Anwendung der Eurobalise bei der DB Netz AG", , 1 novembre 2015 (2015-11-01), pages 3-27, XP055250826, Extrait de l'Internet: URL: <a href="http://www.eurailpress.de/fileadmin/user_upload/PDF/Hornemann_Froehlich_SD_Spezi_al.pdf">http://www.eurailpress.de/fileadmin/user_upload/PDF/Hornemann_Froehlich_SD_Spezi_al.pdf</a> [extrait le 2016-02-17] * page 6, alinéa 3.2 - page 8, alinéa 3.4; figure 11 *	3	
	-----		
A, D	EP 2 065 288 A1 (BOMBARDIER TRANSP GMBH [DE]) 3 juin 2009 (2009-06-03) * alinéas [0004] - [0007], [0014] - [0017]; figures 1-5 *	1-12	
	-----		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
A	EP 1 396 412 A1 (KISHIDA KUNIHIRO [JP]) 10 mars 2004 (2004-03-10) * alinéas [0007], [0008], [0017] - [0053]; figures 1-5 *	1, 11	B61L
	-----		
A	FR 3 055 876 A1 (ALSTOM TRANSP TECH [FR]) 16 mars 2018 (2018-03-16) * page 4, ligne 20 - page 9, ligne 16; figures 1-4 *	1, 10	
	-----		
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche <b>Munich</b>		Date d'achèvement de la recherche <b>5 mai 2023</b>	Examineur <b>Massalski, Matthias</b>
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	

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

EP 23 15 2027

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.

05-05-2023

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
<b>DE 102019118767 A1</b>	<b>14-01-2021</b>	<b>AUCUN</b>	
<b>EP 2065288 A1</b>	<b>03-06-2009</b>	<b>AT 468260 T</b>	<b>15-06-2010</b>
		<b>CN 101827740 A</b>	<b>08-09-2010</b>
		<b>EP 2065288 A1</b>	<b>03-06-2009</b>
		<b>ES 2342329 T3</b>	<b>05-07-2010</b>
		<b>US 2010266005 A1</b>	<b>21-10-2010</b>
		<b>WO 2009068323 A1</b>	<b>04-06-2009</b>
<b>EP 1396412 A1</b>	<b>10-03-2004</b>	<b>CN 1483623 A</b>	<b>24-03-2004</b>
		<b>EP 1396412 A1</b>	<b>10-03-2004</b>
		<b>JP 4044808 B2</b>	<b>06-02-2008</b>
		<b>JP 2004074876 A</b>	<b>11-03-2004</b>
		<b>KR 20040015693 A</b>	<b>19-02-2004</b>
		<b>US 2004046546 A1</b>	<b>11-03-2004</b>
<b>FR 3055876 A1</b>	<b>16-03-2018</b>	<b>AUCUN</b>	

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

- DE 2164312 [0007]
- FR 2673901 [0008]
- WO 20070282563 A [0009]
- WO 2007091072 A [0009]
- US 8067933 B2 [0011]
- EP 2065288 A [0012]
- FR 3055876 [0013]
- WO 0166401 A [0014]
- DE 102018118767 [0015]

### Littérature non-brevet citée dans la description

- A Theorem on Orthogonal Sequences. **DINES, L. L.**  
Transactions of the American Mathematical Society.  
American Mathematical Society, 1928, vol. 30,  
439-46 [0062]