(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

COURBEVOIE

(11) **N° de publication :** **3 070 033**
(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

(21) **N° d'enregistrement national :** **18 57293**

(51) Int Cl[8] : ***B 61 L 27/00*** *(2018.01)*

(12) **BREVET D'INVENTION** **B1**

(54) PROCEDE ET DISPOSITIF DESTINES A DETERMINER DES MODIFICATIONS DU COMPORTEMENT DYNAMIQUE LONGITUDINAL D'UN VEHICULE FERROVIAIRE.

(22) **Date de dépôt :** 03.08.18.

(30) **Priorité :** 10.08.17 DE 102017213970.6.

(43) **Date de mise à la disposition du public de la demande :** 15.02.19 Bulletin 19/07.

(45) **Date de la mise à disposition du public du brevet d'invention :** 13.05.22 Bulletin 22/19.

(56) **Liste des documents cités dans le rapport de recherche :**

Se reporter à la fin du présent fascicule

(60) **Références à d'autres documents nationaux apparentés :**

◯ **Demande(s) d'extension :**

(71) **Demandeur(s) :** *DEUTSCHES ZENTRUM FUR LUFT- UND RAUMFAHRT E. V.* —DE et *KNORR-BREMSE SYSTEME FUR SCHIENENFAHRZEUGE GMBH* — DE.

(72) **Inventeur(s) :** SCHWARZ CHRISTOPH et HECKMANN BENJAMIN.

(73) **Titulaire(s) :** DEUTSCHES ZENTRUM FUR LUFT- UND RAUMFAHRT E. V., KNORR-BREMSE SYSTEME FUR SCHIENENFAHRZEUGE GMBH.

(74) **Mandataire(s) :** CABINET NUSS Société à responsabilité limitée.

FR 3 070 033 - B1

Description

Titre de l'invention : Procédé et dispositif destinés à déterminer des modifications du comportement dynamique longitudinal d'un véhicule ferroviaire

[0001] L'invention décrit un procédé et un dispositif destinés à déterminer des modifications du comportement dynamique longitudinal, notamment d'un châssis d'un véhicule ferroviaire, aux fins d'identification d'un état de marche ou de conduite actuels du véhicule ferroviaire. L'invention décrit par ailleurs un produit de programme informatique.

[0002] Des modifications du comportement dynamique longitudinal de châssis dans des véhicules ferroviaires sont dues à des états d'usure variants, à des déplacements relatifs entre des composants individuels du châssis et à des conditions environnementales changeantes, comme par ex. la température ambiante, la température de composants individuels du châssis, l'humidité, l'encrassement. Les conséquences des effets cités se traduisent majoritairement dans deux aspects déterminants de la dynamique longitudinale. Il s'agit d'une part des fluctuations du coefficient de friction entre un disque de frein et une garniture de frein associée au disque de frein ou entre une roue et une plaquette de frein associée à la roue. D'autre part, il s'agit de fluctuations de la complémentarité de force entre une roue ou un essieu et la voie ferrée sur laquelle se déplace le véhicule ferroviaire. Les fluctuations de la dynamique longitudinale sont susceptibles de se produire aussi bien dans une phase d'accélération que dans une phase de freinage.

[0003] À cet effet, il est répandu de prévoir sur des véhicules ferroviaires modernes une pluralité de capteurs et de détecter des forces ou des couples exercés pendant un phénomène de freinage ou d'accélération. La connaissance des forces d'accélération ou de freinage ou des couples d'accélération ou de freinage peut être utilisée pour la commande ou la régulation d'un freinage ou d'une accélération, pour éviter notamment des dérapages (patinage) ou des blocages de roues et pour mettre à contribution efficace pour le freinage et l'accélération une complémentarité de force la plus importante possible entre une roue et la

voie ferrée. Le fait de prévoir une pluralité de capteurs sur un véhicule ferroviaire a toutefois un coût élevé et requiert d'importants travaux de maintenance, car ils sont exposés à différentes influences environnementales.

[0004] Pour être en mesure de garantir à tout moment des réserves de sécurité suffisantes, on détermine habituellement sur des véhicules ferroviaires une capacité de freinage potentielle sur la base de paramètres qui reproduisent le pire état attendu du véhicule. L'inconvénient de ce mode opératoire est que sous certaines circonstances, la capacité de freinage calculée peut donner lieu à des restrictions de freinage qui compliquent le fonctionnement rentable du véhicule ferroviaire. À titre d'exemple, une capacité de freinage estimée à la baisse peut conduire à une limitation inutile de la vitesse sur certains tronçons de la ligne.

[0005] On connaît par le document DE 10 2011 113 093 A1 un système de commande d'un dispositif de freinage d'un véhicule ferroviaire dont le dispositif de freinage comprend un système de freins à friction, tributaire de la complémentarité de force. Le système de commande est conçu de sorte à déterminer un effet de freinage exercé lors d'un freinage sur la base d'une pression de freinage et d'au moins un paramètre supplémentaire. Il permet de faire l'impasse sur des capteurs des forces de freinage ou des capteurs des couples de freinage, pour la détermination de l'effet de freinage. Le paramètre supplémentaire détecté est notamment une temporisation, une vitesse du véhicule ou au moins une vitesse de rotation de roue, pour déterminer sur la base de ladite vitesse du véhicule ou dans le cas de modifications de la vitesse de rotation de roue une accélération ou une temporisation de la roue associée.

[0006] On connaît par le document WO 2015/128147 A1 un procédé permettant une détermination proche de la pratique de la capacité de freinage. À cette fin, une valeur de mesure d'état est déterminée et lors du calcul de la capacité de freinage, cette valeur de mesure d'état et au moins une valeur de mesure supplémentaire sont utilisées. Il peut s'agir par exemple du diamètre des roues ou de la masse du véhicule ou d'une pression d'air dans la suspension pneumatique. La valeur de mesure supplémentaire indique l'état du véhicule ou d'un composant du véhicule.

[0007] Des procédés en vigueur pour la régulation de la complémentarité de force se fondent sur certaines suppositions au niveau des conditions de fonctionnement, au regard de l'encrassement de la voie ferrée, des conditions climatiques et similaires et optimisent la complémentarité de force entre la roue et la voie ferrée sous ces conditions. Il est vrai qu'ils permettent d'éviter des valeurs de patinage élevées. Mais en règle générale, pour améliorer l'adhérence entre la roue et la voie ferrée, on procède à un sablage qui a pour conséquence une forte usure des roues et des voies ferrées.

[0008] On connaît par le document WO 2015/136137 A1 un procédé comprenant un mode ayant pour effet d'optimiser une complémentarité de force et un autre mode consistant à réduire la puissance de patinage. Ce dernier réduit l'abrasion sur la surface de contact entre la roue et la voie ferrée.

[0009] Ainsi, ces procédés connus par l'art antérieur supposent la connaissance de certains paramètres. C'est pourquoi, dans certaines circonstances, ils ne peuvent pas être mis en œuvre, en fonction du châssis et de la structure du châssis. De surcroît, des conditions de friction rapidement variables pour certaines nécessitent un réglage manuel, sur base expérimentale de la force de freinage et de la force motrice, pour respecter les courses de freinage et maintenir au niveau le plus bas l'usure des trains de roues et des voies ferrées, ainsi que des composantes motrices et de freinage.

[0010] Le but de l'invention consiste à indiquer un procédé et un dispositif permettant de déterminer plus simplement et indépendamment de la structure du châssis des modifications du comportement dynamique longitudinal d'un véhicule ferroviaire, particulièrement d'un châssis.

[0011] Ce but est atteint par un procédé destiné à déterminer des modifications du comportement dynamique longitudinal, notamment d'un châssis d'un véhicule ferroviaire à des fins d'identification d'un état de conduite actuel du véhicule ferroviaire, caractérisé en ce qu'à l'aide d'un observateur relevant de la technique de régulation, à partir d'un signal d'entrée connu ou déterminé par technique de mesure et d'au moins un signal de mesure du véhicule ferroviaire observé, qui est le système de référence réel observé, par un modèle de système du véhicule ferroviaire, des grandeurs non mesurables et caractérisant le comportement

dynamique longitudinal sont reconstruites et évaluées, l'au moins un signal de mesure du véhicule ferroviaire observé et un signal reconstruit correspondant du modèle de système sont comparés et l'écart déterminé par comparaison est reproduit de manière récursive avec un régulateur, de sorte à minimiser l'écart déterminé, par un produit de programme informatique susceptible d'être chargé directement dans la mémoire interne d'un module de commande numérique et qui comprend des séquences de codes logiciels, permettant de réaliser les étapes selon l'invention, lorsque le produit est exécuté sur le module de commande et par un dispositif destiné à déterminer des modifications du comportement dynamique longitudinal, notamment d'un châssis d'un véhicule ferroviaire à des fins d'identification d'un état de conduite actuel du véhicule ferroviaire, comprenant un module de commande et au moins un module de capteurs pour la mise à disposition d'un signal de mesure respectif, le module de commande étant réalisé pour reconstruire et pour évaluer, à l'aide d'un observateur relevant de la technique de régulation, à partir d'un signal d'entrée connu ou déterminé par technique de mesure et d'au moins un signal de mesure du véhicule ferroviaire observé, qui est le système de référence réel observé, par un modèle de système du véhicule ferroviaire des grandeurs non mesurables et caractérisant le comportement dynamique longitudinal, le module de commande étant réalisé par ailleurs pour comparer l'au moins un signal de mesure du véhicule ferroviaire observé et un signal de mesure reconstruit correspondant du modèle de système et pour reproduire l'écart déterminé par comparaison de manière récursive avec un régulateur, de sorte à minimiser l'écart déterminé.

[0012] Le procédé selon l'invention est encore caractérisé en ce que :

– le signal d'entrée est amené en supplément au modèle de système ;

– le signal d'entrée et/ou l'au moins un signal de mesure sont détectés sur un ou plusieurs des composants suivants :

- un caisson de véhicule ;
- un châssis du véhicule ferroviaire ;
- au moins un boggie du véhicule ferroviaire ;
- au moins un train de roues du véhicule ferroviaire ;

– l'au moins un signal de mesure est détecté simultanément sur des côtés en vis-à-vis du châssis ou du boggie ou du train de roues ;

– une pression de freinage d'un actionneur de freinage ou un courant de freinage destiné à générer une force de freinage qui ralentit le véhicule ferroviaire est traité(e) à titre de signal d'entrée ;

– une force motrice ou un courant moteur destiné à générer une force qui accélère le véhicule ferroviaire est traité(e) au titre de signal d'entrée ;

– une vitesse de rotation ou une modification d'une vitesse de rotation d'au moins un train de roues est traitée au titre de l'au moins un signal de mesure ;

– une extension d'un composant transmettant une force longitudinale, notamment d'une barre de pression ou d'un pivot ou d'une bielle lemniscate ou d'un guidage de train de roues est traitée au titre d'au moins un signal de mesure ;

– une course de ressort dans un ou plusieurs niveaux de suspension est traité au titre de l'au moins un signal de mesure ;

– l'évaluation des grandeurs caractérisant le comportement dynamique longitudinal comprend une comparaison des grandeurs de châssis ou caissons de véhicule ou trains de roues successifs.

[0013] Le produit informatique est susceptible d'être chargé directement dans la mémoire interne d'un module de commande numérique et qui comprend des séquences de codes logiciels, permettant de réaliser les étapes selon l'invention, lorsque le produit est exécuté sur le module de commande.

[0014] Le dispositif selon l'invention est destiné à déterminer des modifications du comportement dynamique longitudinal, notamment d'un châssis d'un véhicule ferroviaire à des fins d'identification d'un état de conduite actuel du véhicule ferroviaire, comprenant un module de commande et au moins un module de capteurs pour la mise à disposition d'un signal de mesure respectif, le module de commande étant réalisé pour reconstruire et pour évaluer, à l'aide d'un observateur relevant de la technique de régulation, à partir d'un signal d'entrée connu ou déterminé par technique de mesure et d'au moins un signal de mesure du véhicule ferroviaire observé, qui est le système de référence réel observé, par

un modèle de système du véhicule ferroviaire des grandeurs non mesurables et caractérisant le comportement dynamique longitudinal, le module de commande étant réalisé par ailleurs pour comparer l'au moins un signal de mesure du véhicule ferroviaire observé et un signal de mesure reconstruit correspondant du modèle de système et pour reproduire l'écart déterminé par comparaison de manière récursive avec un régulateur, de sorte à minimiser l'écart déterminé.

[0015] Il est ainsi proposé un procédé, destiné à déterminer des modifications du comportement dynamique longitudinal, particulièrement d'un châssis d'un véhicule ferroviaire à des fins d'identification d'un état de marche actuel du véhicule ferroviaire. Le procédé se distingue en ce qu'à l'aide d'un observateur relevant de la technique de régulation, à partir d'un signal d'entrée connu ou déterminé par technique de mesure et d'au moins un signal de mesure supplémentaire du véhicule ferroviaire observé, des grandeurs non mesurables et qui caractérisent le comportement dynamique longitudinal sont reconstruites et évaluées, l'au moins un signal de mesure du véhicule ferroviaire observé et un signal de mesure reconstruit correspondant du modèle du système sont comparés et les écarts déterminés par comparaison sont reproduits de manière récursive, de sorte à minimiser l'écart déterminé.

[0016] Grâce à l'utilisation d'un observateur relevant de la technique de régulation, le procédé proposé ne nécessite que peu de signaux de mesure. On peut utiliser notamment des signaux de mesure qui sont déjà utilisés dans un système de commande conventionnel du freinage ou de l'entraînement. Le procédé permet de caractériser la dynamique du châssis pour tous les scénarios d'entraînement ou de freinage, comme par ex. un freinage complet, un freinage de service, et si la résolution de l'au moins un signal de mesure est suffisante, également l'intervention de l'antipatinage lors d'un freinage tributaire du coefficient de friction.

[0017] En fonction du type de construction du châssis, la possibilité d'utiliser différents signaux de mesure déterminés par capteurs offre l'opportunité de réaliser une version simplement accessible et de faible maintenance et à coût réduit, pour déterminer des modifications du comportement dynamique longitudinal. Le faible nombre de capteurs requis pour la mise à disposition de l'au moins un signal de mesure et la possibilité de les positionner de manière

flexible permettent de minimiser l'investissement dans des capteurs et dans la pose de lignes de branchement.

[0018] Le procédé peut être utilisé pour mesurer des fluctuations dans la dynamique longitudinale de véhicules ferroviaires, notamment de leurs châssis (par ex. boggies), de trains de voyageurs. Une application dans des châssis de wagons de marchandises est également possible, à condition qu'une alimentation électrique soit assurée pour les modules de capteurs requis pour la mise à disposition de l'au moins un signal de mesure.

[0019] On appelle généralement véhicule ferroviaire un véhicule guidé, comme une locomotive, une rame, un autorail, un tramway, un véhicule de métro, un wagon, comme un train de voyageurs ou de passagers et/ou des wagons de marchandises.

[0020] Un frein utilisé pour temporiser un véhicule ferroviaire peut agir sur un disque de frein d'une roue ou d'un train de roues ou sur la surface de roulement d'une roue (frein à sabot). À cet effet, le frein peut se trouver en liaison active avec une roue, un train de roues ou une pluralité de roues. Le frein peut être composé d'une pluralité de composants ou éléments, le frein peut comprendre notamment un disque de frein, au moins une garniture de frein agissant avec le disque de frein, un étrier de frein qui est en liaison active avec la garniture de frein, ainsi qu'un générateur de forces. L'étrier de frein peut être relié en pivotement, à l'aide de deux points d'appui avec une console, les points d'appui étant placés avec un écart d'appui réciproque. Le disque de frein comporte un axe de rotation, qui présente un écart par rapport au premier (plus proche) des deux points d'appui, cet écart pouvant être appelé cote de montage. À cet effet, on peut entendre par cote de montage un écart horizontal, rapporté au montage. La console peut être fixement reliée avec un châssis du véhicule ferroviaire.

[0021] Une manœuvre du frein peut être une réaction à un signal de freinage. Le signal de freinage peut correspondre à un signal de demande de freinage ou à un signal d'une demande de freinage. Lors d'une manœuvre du frein, un élément de friction du frein, par exemple la garniture de frein ou la plaquette de frein peut contrecarrer une force agissant lors de la rotation de la roue dans la direction circonférentielle de la roue ou dans la direction de déplacement de la roue ou du

train de roues du véhicule ferroviaire. De cette manière, un couple de freinage peut être généré par la garniture de frein sur le disque de frein et donc sur la roue, ou par la plaquette de frein sur la roue.

[0022] Le frein peut se présenter sous forme de partie intégrante d'un dispositif de freinage pneumatique, notamment électropneumatique ou d'un dispositif de freinage hydraulique, notamment électrohydraulique. Un frein de cette sorte peut comprendre plusieurs freins, tels que décrits précédemment. Le frein peut aussi se présenter sous la forme d'un frein à actionnement électrique, sur lequel un courant électrique de freinage est converti en une force de freinage, destinée à actionner des éléments de friction.

[0023] Avantageusement, le signal d'entrée est non seulement amené au système de référence réel observé, mais en sus au modèle du système, pour que le modèle du système qui reproduit le système de référence réel observé puisse reconstruire le signal de mesure du modèle du système.

[0024] Selon une conception appropriée, le signal d'entrée et/ou l'au moins un signal de mesure sont détectés sur un ou sur plusieurs des composants suivants du véhicule ferroviaire : sur une caisse du véhicule ; sur un châssis du véhicule ferroviaire ; sur au moins un boggie du véhicule ferroviaire ; sur au moins un train de roues du véhicule ferroviaire. De ce fait, la détection de l'au moins un signal de mesure à l'aide du capteur de mesure en question peut avoir lieu en différents endroits du véhicule ferroviaire, par ex. en des endroits, qui en fonction du type du véhicule ferroviaire ou du châssis sont particulièrement bien accessibles et/ou protégés des influences environnementales. Ainsi, le dispositif sera réalisé avec des besoins de maintenance et à coût particulièrement faibles.

[0025] Avantageusement, il est prévu que l'au moins un signal de mesure soit détecté simultanément sur des côtés en vis-à-vis du châssis ou du caisson du véhicule ou du train de roues. L'association de deux modules de capteurs sur des endroits en vis-à-vis latéral du châssis ou du caisson de véhicule ou du train de roues permet de séparer de manière univoque les influences d'une conduite en virage des effets dynamiques longitudinaux d'un freinage ou d'une accélération du véhicule ferroviaire.

[0026] Peuvent être traités à titre de signal d'entrée une pression de freinage d'un actionneur de frein ou un courant de freinage destiné à générer une force de freinage qui ralentit le véhicule ferroviaire. La force de freinage peut alors naître en fonction d'une force normale générée par pression d'une garniture de frein ou plaquette de frein déplacée par l'actionneur de freinage sur un disque de frein ou sur une roue et d'un coefficient de friction. Il est ainsi possible de déterminer des modifications du comportement dynamique longitudinal lors d'un processus de freinage.

[0027] Si à titre de signal d'entrée, une force motrice ou un courant moteur, destiné à générer une force qui accélère le véhicule ferroviaire est traité, il est alors possible d'évaluer un scénario d'entraînement lors duquel le véhicule ferroviaire est accéléré.

[0028] À titre de l'au moins un signal de mesure, il est possible de détecter une pluralité de différentes grandeurs de mesure à l'aide d'un ou de plusieurs capteurs de mesure. Une association de signaux de mesure identiques ou différents est également envisageable.

[0029] À titre de l'au moins un signal de mesure, une vitesse de rotation ou un changement de la vitesse de rotation d'au moins un train de roues peut être détecté par ex. La détection relevant de la technique de mesure d'une vitesse de rotation ou d'une modification de la vitesse de rotation permet de déterminer avec une précision élevée les grandeurs qui caractérisent le comportement dynamique longitudinal, car la vitesse de rotation ou la modification de la vitesse de rotation sont en relation mécanique directe avec les grandeurs qui caractérisent le comportement dynamique longitudinal.

[0030] En variante ou en supplément, à titre de l'au moins un signal de mesure, une extension d'un composant transmettant une force longitudinale, notamment d'un tirant/d'une barre de pression ou d'un pivot ou d'une bielle lemniscate ou d'un guidage de train de roues peut être traitée. Des extensions sont détectables par exemple par une jauge et par d'autres modules de capteurs connus.

[0031] En variante ou en supplément, à titre de l'au moins un signal de mesure, une course de ressort dans un ou dans plusieurs niveaux de suspension peut être

traitée. Des courses de ressort sont détectables par ex. à l'aide de modules de capteurs optiques, d'une mesure de câble de traction ou de noyaux plongeurs inductifs.

[0032] Selon une conception avantageuse, l'évaluation des grandeurs qui caractérisent le comportement dynamique longitudinal englobe une comparaison des grandeurs de châssis ou caissons de véhicule ou trains de roues successifs. Ceci permet de traiter des informations concernant des châssis ou caissons de véhicule ou trains de roues précédents dans la direction de déplacement du véhicule ferroviaire, comme par ex. des conditions modifiées au niveau du contact entre la roue et la voie ferrée, à titre de prédiction pour les châssis ou caissons de véhicule ou trains de roues suivants. Grâce à une comparaison des résultats pour des châssis ou caissons de véhicule ou trains de roues successifs, il peut être déterminé si des modifications du comportement dynamique longitudinal sont dues au trajet ou si leurs origines doivent être cherchées dans le véhicule. Des modifications du comportement dynamique longitudinal, qui apparaissent en différé sur plusieurs châssis ou caissons de véhicule ou trains de roues permettent de conclure à des influences dues au trajet. En font partie, par exemple des changements du coefficient de friction dus aux intempéries lors du contact entre la roue et la voie ferrée. En revanche, des modifications du comportement dynamique longitudinal, qui n'apparaissent que sur des châssis ou caissons de véhicule ou trains de roues individuels, permettent de conclure à des influences relevant du véhicule sur le châssis ou caisson de véhicule ou train de roues concerné.

[0033] Ainsi, le procédé permet une supervision continue du niveau d'usure de roues ou de modules de freinage, car des modifications du comportement dynamique longitudinal sont (peuvent être) détectées et enregistrées en permanence.

[0034] Le procédé est particulièrement adapté pour les véhicules ferroviaires pour lesquels les conditions environnementales sont quasi-statiques ou la courbe qualitative des modifications dans le temps est connue. Bien qu'il soit utilisable de préférence, notamment pour des châssis et trains de roues de trains de voyageurs, une application dans des châssis de wagons de marchandises est également possible, à condition qu'une alimentation électrique du dispositif

destiné à déterminer des modifications du comportement dynamique longitudinal, notamment du module de commande et de l'au moins un module de capteurs soit assurée.

[0035] Le procédé crée par ailleurs un produit de programme informatique pouvant être chargé directement dans la mémoire interne d'un module de commande numérique et qui comprend des séquences de codes logiciels permettant de réaliser les étapes du procédé qui y est décrit lorsque le produit est exécuté sur le module de commande. Le produit de programme informatique peut se présenter physiquement sous la forme d'un CD-ROM, d'un DVD, d'une clé USB ou d'autres supports de données. Le produit de programme informatique peut se présenter également sous la forme d'un signal susceptible d'être chargé via un réseau (filaire ou sans fil).

[0036] L'invention crée par ailleurs un dispositif destiné à déterminer des modifications du comportement dynamique longitudinal, notamment d'un châssis d'un véhicule ferroviaire à des fins d'identification d'un état de conduite actuel du véhicule ferroviaire. Le dispositif comprend un module de commande et au moins un module de capteurs pour la mise à disposition d'un signal de mesure respectif. Le module de commande est réalisé pour reconstruire et évaluer, par un modèle de système du véhicule ferroviaire, à l'aide d'un observateur relevant de la technique de régulation, à partir d'un signal d'entrée connu ou déterminé par technique de mesure et de l'au moins un signal de mesure du véhicule ferroviaire observé, qui est le système de référence réel observé, des grandeurs non mesurables et caractérisant le comportement dynamique longitudinal. Le module de commande est réalisé en outre pour comparer l'au moins un signal de mesure du véhicule ferroviaire observé et un signal de mesure reconstruit correspondant du modèle de système et pour reproduire de manière récursive à l'aide d'un régulateur l'écart déterminé par comparaison, de sorte à minimiser l'écart déterminé.

[0037] Le dispositif selon l'invention bénéficie des mêmes avantages que ceux décrits précédemment en relation avec le procédé selon l'invention.

[0038] En résumé, la présente invention prévoit d'associer différents signaux de capteurs dans un observateur relevant de la technique de régulation. À l'aide de

l'observateur relevant de la technique de régulation, il est possible, par synthèse d'un signal d'entrée connu ou déterminé par technique de mesure et d'au moins un signal de mesure, ainsi que d'une estimation basée sur un modèle de la dynamique du véhicule ferroviaire, d'identifier de manière univoque l'état de marche actuel du véhicule ferroviaire. La dynamique du châssis du véhicule ferroviaire déterminée à l'aide de l'approche basée sur un modèle est adaptée de manière récursive par un ajustement avec les signaux de mesure détecté par technique de mesure, de telle sorte que la dynamique calculée soit en corrélation avec la dynamique effective du véhicule ferroviaire. Le procédé permet une caractérisation de la dynamique du châssis pour tous les scénarios d'entraînement et de freinage, comme par ex. un freinage complet, un freinage de service, ainsi que l'intervention de l'antipatinage si le freinage est tributaire du coefficient de friction.

[0039] L'invention est explicitée ci-dessous à l'aide d'un exemple de réalisation. Les figures représentent :

[0040] Figure 1 une représentation schématisée d'un schéma fonctionnel d'un observateur relevant de la technique de régulation, tel qu'il est mis en œuvre dans le procédé selon l'invention ;

[0041] Figure 2 une représentation graphique qui montre une comparaison d'un coefficient de friction effectif et d'un coefficient de friction déterminé à l'aide du procédé selon l'invention, en fonction du temps ; et

[0042] Figure 3 un graphique, lequel montre une vitesse longitudinale en translation, en fonction du temps, de la courbe de valeur de friction représentée dans la figure 2.

[0043] Le procédé destiné à déterminer des modifications du comportement dynamique longitudinal décrit ci-dessous est utilisé pour un véhicule ferroviaire qui n'est pas représenté plus en détails dans les figures. Un tel véhicule ferroviaire comporte un ou plusieurs organes qui sont reliés les uns aux autres de manière mobile. Un dispositif d'accouplement est prévu pour relier les organes du véhicule. En fonction de la conception du véhicule ferroviaire, chaque organe du véhicule peut comporter deux châssis sur chacun desquels est prévu au

moins un train de roues. En variante, un véhicule ferroviaire doté de deux organes de véhicule peut aussi comporter trois châssis sur chacun desquels est prévu au moins un train de roues. Un châssis comprend habituellement deux trains de roues. Sur les trains de roues du châssis sont prévues chaque fois des roues qui roulent sur une voie ferrée.

[0044] Sur le véhicule ferroviaire, il peut être prévu une pluralité de modules de capteurs (en bref : capteurs). Le véhicule ferroviaire peut comporter par ex. un ou plusieurs capteurs destiné(s) à déterminer la vitesse du véhicule et/ou une accélération ou temporisation du véhicule ferroviaire dans la direction longitudinale du véhicule. L'accélération peut être une accélération positive due à une force qui accélère le véhicule ferroviaire ou une accélération négative due à une force de freinage qui ralentit le véhicule ferroviaire. L'accélération (positive ou négative) peut être une accélération globale du véhicule ferroviaire. Si un capteur d'accélération est monté sur un organe de véhicule respectif, l'accélération peut être aussi l'accélération (positive ou négative) respective de l'organe de véhicule en question. L'accélération peut être par exemple une temporisation qui survient sur un châssis ou sur un caisson de véhicule du véhicule ferroviaire. L'accélération peut être déterminée sur la base de données de vitesse. Une courbe dans le temps et/ou une modification de la vitesse du véhicule permet de déduire la temporisation. À cet effet, la temporisation peut être déterminée en observant la courbe de la vitesse dans des périodes qui sont inférieures à la durée d'une accélération (positive ou négative). On peut prévoir ainsi d'affecter à chaque organe de véhicule et/ou à chaque châssis au moins un capteur d'accélération. De tels capteurs sont souvent prévus pour superviser des états de conduite, de sorte qu'il est possible d'avoir recours à des capteurs déjà présents pour déterminer l'accélération (positive ou négative).

[0045] Pour déterminer la vitesse du véhicule, on peut prévoir par exemple un dispositif de radar, un système de capteurs optiques et/ou un système de communication pour la réception de données satellites, avec lequel un système de commande du véhicule ferroviaire est connectable ou connecté.

[0046] On peut prévoir de surcroît des capteurs pour la détermination de vitesses de rotation et de modifications de vitesses de rotation d'au moins un train de roues.

La détermination de la vitesse de rotation de roues peut servir par exemple à déterminer un effet de freinage et il est fréquent qu'elle soit déjà montée dans un grand nombre de véhicules ferroviaires. Il est envisageable également que la vitesse du véhicule soit déterminée sur la base de données concernant les vitesses de rotation de roues. À cet effet, à partir de données concernant la vitesse de rotation de roues associées à des roues individuelles ou à des trains de roues, une vitesse affectée à la roue associée ou à l'essieu associé, par exemple une vitesse périphérique ou une vitesse de roue peut être déterminée. Parallèlement à des données concernant la vitesse de rotation de roues, le rayon de roue peut également être pris en compte.

[0047] À partir d'une modification de la vitesse de rotation des roues sur au moins un train de roues, on peut déduire par exemple une accélération (positive ou négative) sur le train de roues associé ou un essieu associé.

[0048] Un véhicule ferroviaire de ce type peut être muni de modules de capteurs destinés à détecter des tangages de composants individuels autour de l'axe transversal du véhicule. Des modules de capteurs de ce type sont affectés de préférence à un axe respectif du véhicule. On peut utiliser par exemple à cet effet des capteurs d'accélération, lesquels détectent une accélération autour de l'axe transversal du véhicule.

[0049] De surcroît, le véhicule ferroviaire peut être muni d'au moins un module de capteurs, lequel détecte une course de ressort dans des niveaux de suspension respectifs d'un organe de véhicule du véhicule ferroviaire. De tels capteurs peuvent être réalisés en version optique, par mesure de câble de traction ou par des noyaux plongeurs inductifs.

[0050] À l'aide de capteurs de force longitudinale, par ex. de jauges extensométriques, il est possible de déterminer des extensions de composants qui transmettent des forces longitudinales. Un module de capteurs de ce type peut être affecté à un tirant/une barre de pression respectifs, à un pivot ou à une bielle lemniscate respectifs ou à un guidage de train de roues respectif.

[0051] On peut prévoir en outre des capteurs de pression de freinage ou des capteurs de courant de freinage et/ou des capteurs d'effet de freinage, tels que

des capteurs de force de freinage ou des capteurs de couple de freinage affectés aux châssis ou aux systèmes de freinage par friction d'un dispositif de frein à friction tributaire de la complémentarité de force placés sur le châssis. En général, on peut considérer un capteur de pression de freinage ou un capteur de courant de freinage comme étant affecté à un système de frein à friction, s'il est en mesure de détecter une pression de freinage ou un courant de freinage actionnant individuellement le système de frein à friction. Un capteur de force de freinage ou un capteur de couple de freinage peut être considéré comme étant affecté à un système de frein à friction ou à un train de roues qui doit être freiné par le système de frein à friction, s'il est en mesure de détecter une force de freinage exercée par le système de frein à friction ou un couple de freinage correspondant.

[0052] À l'aide de l'observateur relevant de la technique de régulation décrit ci-dessous, il est possible de reproduire les superstructures de châssis fréquemment différentes d'une composition du train d'un véhicule ferroviaire avec un algorithme basé sur un modèle homogène. Une évaluation univoque de la dynamique du châssis du véhicule ferroviaire peut être assurée par une association d'une pluralité de signaux de mesure.

[0053] La figure 1 représente un schéma fonctionnel de la structure élémentaire d'un observateur relevant de la technique de régulation 1 à l'aide duquel est réalisé le procédé destiné à déterminer des modifications dans le comportement dynamique longitudinal du véhicule ferroviaire. D'une manière connue par l'homme de l'art, l'observateur relevant de la technique de régulation 1 est composé d'un modèle de système 20 du véhicule ferroviaire, ainsi que d'un module 26 pour la pondération du résultat de la comparaison du modèle de système 20 et d'un système de référence réel observé 10. La dynamique du système de référence réel observé 10, c'est-à-dire du véhicule ferroviaire observé, est influencée par un signal d'entrée **u** qui est amené au système de référence réel observé 10 sur la première entrée 11. Le signal d'entrée **u** est un signal mesurable. Dans le cas d'un freinage du véhicule ferroviaire par des freins à friction, le signal d'entrée **u** peut correspondre à une pression de freinage du frein/système de freinage. Si le freinage est assuré à l'aide d'un frein électrique,

le signal d'entrée peut être un courant de freinage destiné à générer une force de freinage qui ralentit le véhicule ferroviaire. Si en revanche, il s'agit de détecter une modification du comportement dynamique longitudinal suite à une accélération, le signal d'entrée **u** peut être une force motrice ou un courant moteur, destiné générer la force qui accélère le véhicule ferroviaire.

[0054] La dynamique du système de référence réel observé 10 est décrite par des états **x**. À cet effet, **x** peut être un vecteur, avec une pluralité de différents états. Comme le système de référence réel observé 10 est muni d'au moins un module de capteurs, tel que décrit ci-dessus, au moins un signal de mesure **y** est mis à disposition sur une sortie 13. À cet effet, **y** peut être un vecteur, dont le nombre d'entrées de vecteur correspond au nombre de signaux de mesure (réels). Les signaux de mesure détectés à cet effet peuvent émaner de modules de capteurs de capteurs de type identique et/ou différent.

[0055] Le système de référence réel observé 10, c'est-à-dire le véhicule ferroviaire peut être amorcé par ailleurs par des perturbations **z** non mesurables. Ces perturbations **z** non mesurables sont amenées au système de référence 10 sur une deuxième entrée 12. Il faut entendre par donnée perturbatrice **z** toutes les influences agissant sur le coefficient de friction entre la roue et la voie ferrée et/ou entre la garniture de frein et le disque de frein et/ou entre la plaquette de frein et la roue. En font également partie les influences qui touchent le rayon de friction, c'est-à-dire le point d'attaque d'une garniture de frein sur le disque de frein. Par ailleurs, un poids total qui se modifie suite à un changement d'un état de charge du système de référence 10, c'est à dire du véhicule ferroviaire peut se produire en tant que grandeur perturbatrice **z**.

[0056] Le modèle de système 20 représente un modèle du comportement dynamique du système de référence 10, c'est à dire du véhicule ferroviaire. Le modèle de système 20 peut être créé par exemple par un logiciel. Comme le système de référence 10, le modèle de système 20 est commandé par le signal d'entrée **u**. Le signal d'entrée **u** est amené au modèle de système 20 sur une première entrée 21. Le modèle de système 20 détermine des valeurs pour l'au moins un signal de mesure reconstruit $\hat{\mathbf{y}}$, lequel est mis à disposition également sous la forme d'un vecteur sur une première sortie 22. Une entrée de vecteur

respectivement reconstruite du signal de mesure **ŷ** est affectée à une entrée de vecteur déterminée par technique de mesure du signal de mesure **y** du système de référence 10.

[0057] Comme en règle générale, le modèle de système 20 n'est pas apte à reproduire la dynamique complète du système de référence 10 et que par ailleurs, le système de référence 10 est influencé par les grandeurs perturbatrice **z** non mesurables, le comportement dynamique du modèle de système 20 diffère a priori du comportement réel du système de référence 10. C'est pour cette raison qu'a lieu une comparaison de l'au moins un signal de mesure **ŷ** reconstruit (c'est-à-dire de ses entrées de vecteur) avec l'au moins un signal de mesure **y** déterminé par technique de mesure (c'est-à-dire les entrées de vecteur affectées), qui est mis à disposition à la sortie 13 du système de référence 10. Ces deux signaux de mesure sont amenés à un comparateur 25, qui se charge d'en calculer la différence. L'écart (y-ŷ) est amené vers un module 26 de pondération du résultat de la comparaison. Le renvoi de l'écart (y-ŷ) pondéré par **L** est mis à la disposition du modèle de système 20 sur une deuxième entrée 24. La pondération par le module 26 s'effectue de telle sorte qu'après un certain temps, le comportement calculé par le modèle de système 20 du signal de mesure **ŷ** reconstruit concorde avec l'au moins signal de mesure **y** réellement mesuré, c'est-à-dire que l'écart est ramené à zéro après un certain temps. Ce processus est réalisé de manière automatisée et récursive.

[0058] Sur une deuxième sortie 23 du modèle de système 20, les grandeurs dynamiques $\hat{x}$, souhaitées, lesquelles représentent le comportement dynamique longitudinal du véhicule ferroviaire peuvent alors être lues. Il s'agit par ex. de grandeurs non mesurables, comme par ex. des vitesses, ainsi que des coefficients de friction entre la roue et la voie ferrée, ainsi qu'entre la garniture de frein et le disque de frein, des forces de freinage et couples de freinage et similaires. Par ailleurs, les grandeurs perturbatrices $\hat{z}$ peuvent être lues sur une troisième sortie 27 du modèle de système 20.

[0059] Les figures. 2 et 3 montrent à l'aide de résultats de simulations le résultat du procédé à l'aide d'un processus de freinage. À cet effet, la figure 2 montre la courbe du coefficient de friction μ(t) entre la garniture de frein et le disque de frein

en fonction du temps **t**. La figure 3 montre la modification de la vitesse longitudinale v(t) en fonction de la même période. Une période de **t** = 30s à **t** = 80s est représentée. On part du principe que dans la période de **t** = 35s à **t** = 80s, un train de roues d'un véhicule ferroviaire est freiné avec une pression de freinage constante. Les courbes z_μ, x_v représentées par une ligne continue dans les figures 2 et 3 montrent respectivement les courbes temporelles du modèle de trajet, alors que les lignes discontinues représentent des valeurs calculées $\widehat{z_\mu}, \widehat{x_v}$ du modèle de système 20. Dans cet exemple, on part du principe que parallèlement à la vitesse de rotation du train de roues ω, la vitesse longitudinale en translation **v** d'un train de roues est mesurée, c'est-à-dire est à disposition sous la forme de signaux de mesure **y** sur la sortie 13 du système de référence 10.

[0060] La figure 2 montre la courbe temporelle du coefficient de friction **μ** entre la garniture de frein et le disque de frein, tel qu'il résulte suite à des influences fluctuantes pendant le freinage à pression de freinage constante. La fluctuation représentée du coefficient de friction effectif (ligne continue) est reproduite à l'aide du renvoi décrit ci-dessus de l'écart (y-ŷ) et de la conception choisie (par simulation numérique, par des essais ou des calculs) du module 26 pour la pondération du résultat de la comparaison du modèle de système. La vitesse longitudinale **v** comme l'un des états **x** du système de référence 10 et comme l'une des grandeurs $\hat{x}$ caractérisant le comportement dynamique longitudinal du modèle de système 20 est illustrée dans la figure 3. Le renvoi de l'écart (y-ŷ) entre le signal de mesure **y** mesuré, disponible à la sortie 13 et le signal de mesure reconstruit **ŷ** à la première sortie 22 du modèle de système mène à une mise en corrélation du déplacement calculé par le modèle de système 20 avec le comportement effectif du système.

[0061] L'effet du coefficient de friction **μ** réduit entre **t** = 40s et **t** = 70s a pour conséquence que la vitesse longitudinale **v** dans la période citée décroît moins rapidement, ce qui mène à une course de freinage rallongée et peut donc présenter un risque pour la sécurité.

[0062] Dans l'exemple représenté, la mise en application du procédé permet de déterminer la pression de freinage nécessaire sur la base du coefficient de

friction **μ** entre la garniture de frein et le disque de frein qui est nécessaire pour le respect d'une course de freinage prescrite. Cette détermination s'effectue dans un module de commande, dont la conception et le procédé ne font pas l'objet de la présente invention.

[0063] Par ailleurs, la connaissance du coefficient de friction **μ** permet de déduire l'état d'usure de la garniture de frein, ce qui permet une maintenance axée sur l'état.

[0064] Les informations ainsi déterminées de trains de roues ou châssis ou caissons de véhicules précédents peuvent être mises à disposition de manière adéquate à titre de prédiction pour des trains de roues ou châssis ou caissons de véhicules suivants. Cette évaluation a également lieu dans un module de commande et ne fait pas l'objet de la présente considération. La comparaison des résultats pour des trains de roues ou châssis ou caissons de véhicules successifs met alors en évidence s'il s'agit d'influences dues au trajet ou d'effets dus au véhicule. Des modifications qui sont détectées en différé sur plusieurs modules de capteurs permettent de conclure à des influences dues au trajet. En revanche, des fluctuations, qui n'apparaissent que sur des modules de capteurs individuels laissent présager des influences dues au véhicule.

[0065] Les parties, éléments, composants, pièces et moyens suivants de l'invention sont référencés comme suit sur les dessins annexés :

1 observateur relevant de la technique de régulation

10 système de référence réel observé

11 première entrée pour le signal d'entrée **u**

12 deuxième entrée pour le signal de perturbation **z**

13 sortie pour le signal de mesure **y**

20 modèle de système

21 première entrée pour le signal d'entrée **u**

22 première sortie pour le signal de mesure reconstruit $\hat{\mathbf{y}}$

23 deuxième sortie pour grandeur(s) observée(s) $\hat{x}$

24 deuxième entrée

25 comparateur

26 module de pondération du résultat de la comparaison

27 troisième sortie pour grandeur(s) perturbatrice(s) reconstruite(s) $\hat{z}$

u signal d'entrée

y signal de mesure

x grandeur d'état

$\hat{y}$ signal de mesure reconstruit

$\hat{x}$ grandeur d'état reconstruite

z grandeur perturbatrice

$\hat{z}$ grandeur perturbatrice reconstruite

[0066] Bien entendu, l'invention n'est pas limitée aux modes de réalisation décrits et représentés aux dessins annexés. Des modifications restent possibles, notamment du point de vue de la constitution des divers éléments ou par substitution d'équivalents techniques, sans sortir pour autant du domaine de protection de l'invention.

Revendications

[Revendication 1] Procédé destiné à déterminer des modifications du comportement dynamique longitudinal d'un châssis d'un véhicule ferroviaire à des fins d'identification d'un état de conduite actuel du véhicule ferroviaire, dans lequel à l'aide d'un observateur relevant de la technique de régulation (1), à partir d'un signal d'entrée (u) connu ou déterminé par technique de mesure et d'au moins un signal de mesure (y) du véhicule ferroviaire observé, qui est le système de référence (10) réel observé, par un modèle de système (20) du véhicule ferroviaire, des grandeurs non mesurables et caractérisant le comportement dynamique longitudinal sont reconstruites et évaluées, l'au moins un signal de mesure (y) du véhicule ferroviaire (10) observé et un signal reconstruit ($\hat{y}$) correspondant du modèle de système (20) sont comparés et l'écart déterminé par comparaison est reproduit de manière récursive avec un régulateur, de sorte à minimiser l'écart déterminé
procédé caractérisé en ce que l'évaluation des grandeurs caractérisant le comportement dynamique longitudinal comprend une comparaison des grandeurs de châssis ou caissons de véhicule ou trains de roues successifs.

[Revendication 2] Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le signal d'entrée (u) est amené en supplément au modèle de système (20).

[Revendication 3] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le signal d'entrée (u) et/ou l'au moins un signal de mesure (y) sont détectés sur un ou plusieurs des composants suivants :
- un caisson de véhicule ;
- un châssis du véhicule ferroviaire ;
- au moins un boggie du véhicule ferroviaire ;
- au moins un train de roues du véhicule ferroviaire.

[Revendication 4] Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce que l'au moins un signal de mesure (y) est détecté simultanément sur des côtés en vis-à-vis du châssis ou du boggie ou du train de roues.

[Revendication 5] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'une pression de freinage d'un actionneur de freinage ou un courant de freinage destiné à générer une force de freinage qui ralentit le véhicule ferroviaire est traité(e) à titre de signal d'entrée (u).

[Revendication 6] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'une force motrice ou un courant moteur destiné à

générer une force qui accélère le véhicule ferroviaire est traité(e) au titre de signal d'entrée (u).

[Revendication 7] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'une vitesse de rotation ou une modification d'une vitesse de rotation d'au moins un train de roues est traitée au titre de l'au moins un signal de mesure (y).

[Revendication 8] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'une extension d'un composant transmettant une force longitudinale, notamment d'une barre de pression ou d'un pivot ou d'une bielle lemniscate ou d'un guidage de train de roues est traitée au titre d'au moins un signal de mesure (y).

[Revendication 9] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'une course de ressort dans un ou plusieurs niveaux de suspension est traité au titre de l'au moins un signal de mesure (y).

[Revendication 10] Produit de programme informatique susceptible d'être chargé directement dans la mémoire interne d'un module de commande numérique et qui comprend des séquences de codes logiciels, permettant de réaliser les étapes du procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, lorsque le produit est exécuté sur le module de commande.

[Revendication 11] Dispositif destiné à déterminer des modifications du comportement dynamique longitudinal d'un châssis d'un véhicule ferroviaire à des fins d'identification d'un état de conduite actuel du véhicule ferroviaire, comprenant un module de commande et au moins un module de capteurs pour la mise à disposition d'un signal de mesure (y) respectif, le module de commande étant réalisé pour reconstruire et pour évaluer, à l'aide d'un observateur relevant de la technique de régulation (1), à partir d'un signal d'entrée (u) connu ou déterminé par technique de mesure et d'au moins un signal de mesure (y) du véhicule ferroviaire observé, qui est le système de référence (10) réel observé, par un modèle de système (20) du véhicule ferroviaire des grandeurs non mesurables et caractérisant le comportement dynamique longitudinal, le module de commande étant réalisé par ailleurs pour comparer l'au moins un signal de mesure (y) du véhicule ferroviaire (10) observé et un signal de mesure ($\hat{y}$) reconstruit correspondant du modèle de système (20) et pour reproduire l'écart déterminé par comparaison de manière récursive avec un régulateur, de sorte à minimiser l'écart déterminé, et ledit module de commande réalisant l'évaluation des grandeurs caractérisant le com-

portement dynamique longitudinal étant en outre configuré pour réaliser une comparaison des grandeurs de châssis ou caissons de véhicule ou trains de roues successifs..

Fig. 1

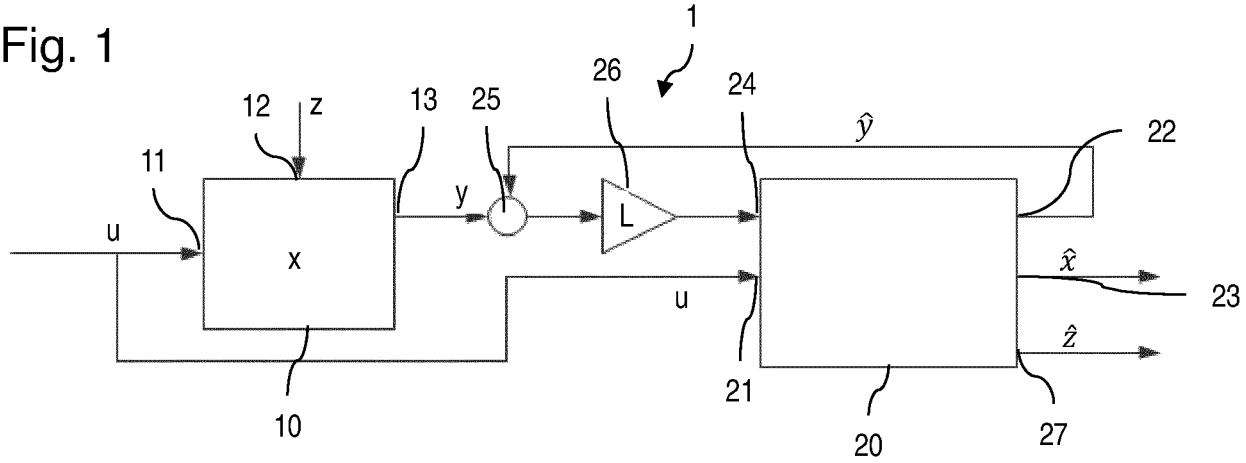


Fig. 2

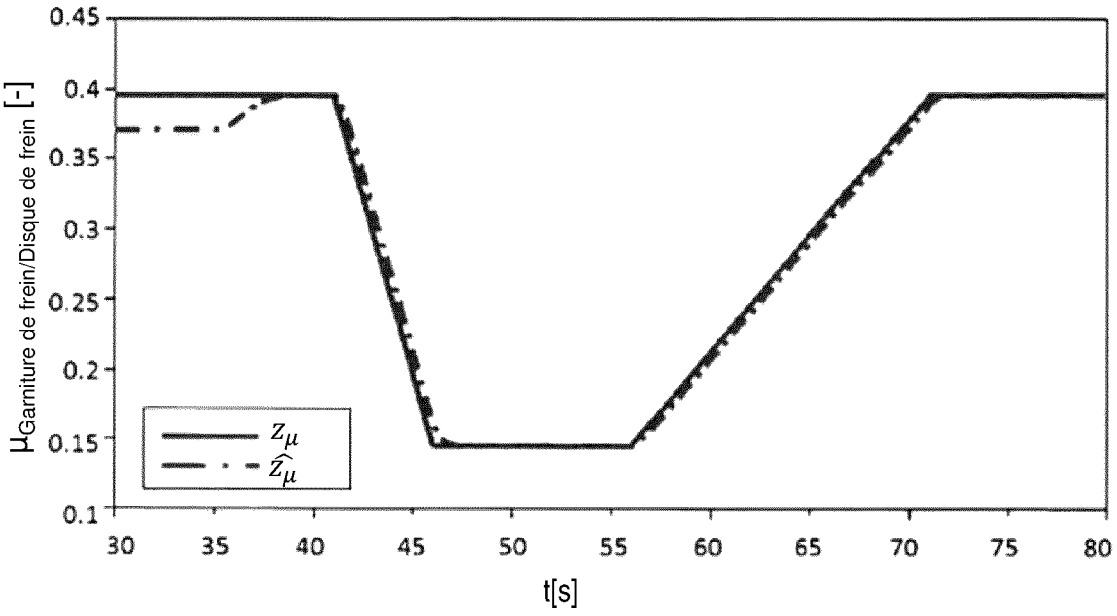
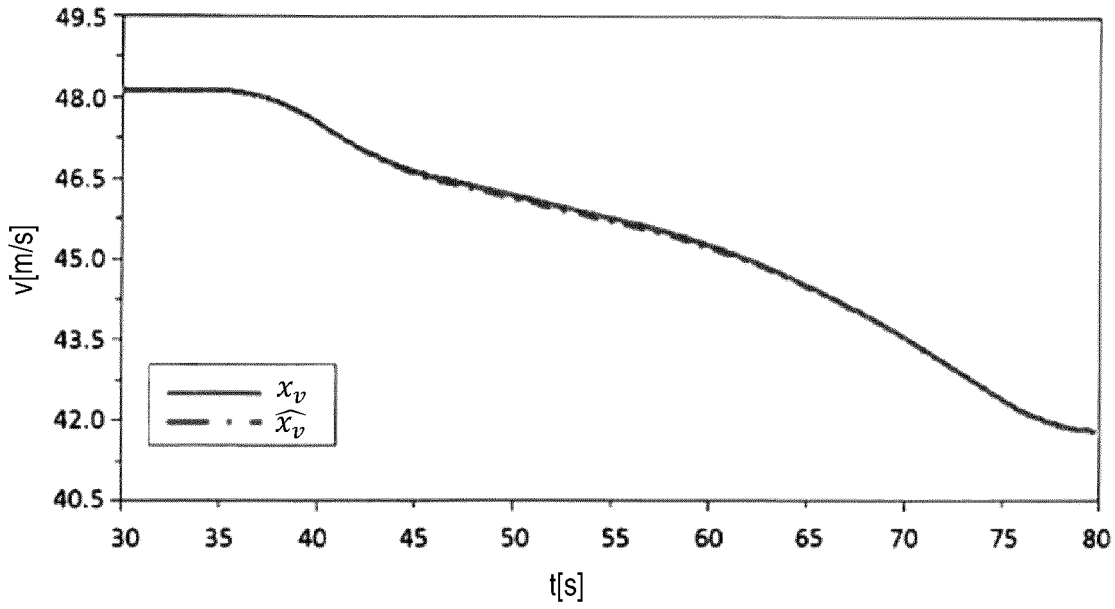


Fig. 3



N° d'enregistrement national : FR1857293 N° de publication : FR3070033

RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveauté) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.
Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

[x] Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

☐ Le demandeur a maintenu les revendications.

[x] Le demandeur a modifié les revendications.

☐ Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

☐ Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

☐ Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

[x] Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

☐ Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

☐ Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

☐ Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION
EP2288530 B1 (KNORR BREMSE SYSTEME [DE]) 2 mars 2011 (2011-03-02) US2011178659 A1 (LEHMANN INGO [DE] ET AL.) 21 juillet 2011 (2011-07-21)
2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE GENERAL
NEANT
3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND DE LA VALIDITE DES PRIORITES
NEANT