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

(11) **EP 2 660 121 A1**

(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
06.11.2013 Bulletin 2013/45

(21) Numéro de dépôt: **13166525.9**

(22) Date de dépôt: **03.05.2013**

(51) Int Cl.:
B61L 3/00 *(2006.01)* *B61L 25/02* *(2006.01)*
B61L 3/12 *(2006.01)* *B61L 27/00* *(2006.01)*

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

(30) Priorité: **03.05.2012 FR 1254081**

(71) Demandeur: **ALSTOM Transport SA**
92300 Levallois-Perret (FR)

(72) Inventeurs:
- **Andre, Brice**
  B-6010 COUILLET (BE)
- **Rousseau, Michel**
  B-4800 VERVIERS (BE)

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

(54) **Procédé pour sécuriser le déplacement d'un véhicule ferroviaire, et véhicule ferroviaire**

(57) L'invention concerne un procédé pour sécuriser un déplacement d'un véhicule ferroviaire sur une voie, le procédé comprenant les étapes suivantes : - la réception par le véhicule d'un tronçon maximal que le véhicule est autorisé à parcourir ; - la détermination (1001) d'une courbe de vitesse maximale autorisée en fonction du temps à partir du tronçon maximal reçu que le véhicule est autorisé à parcourir ; et lors de la circulation du véhicule sur le tronçon maximal que le véhicule est autorisé à parcourir : - la détermination (1010) d'une vitesse instantanée du véhicule ferroviaire ; la comparaison (1020) de la vitesse instantanée avec la vitesse maximale autorisée à l'instant présent à partir de la courbe de vitesse maximale autorisée en fonction du temps déterminée ; et - le freinage du véhicule ferroviaire en fonction du résultat de la comparaison de la vitesse maximale autorisée avec la vitesse instantanée en cas de dépassement de la vitesse maximale autorisée par la vitesse instantanée à l'instant présent. En outre l'invention concerne un véhicule ferroviaire.

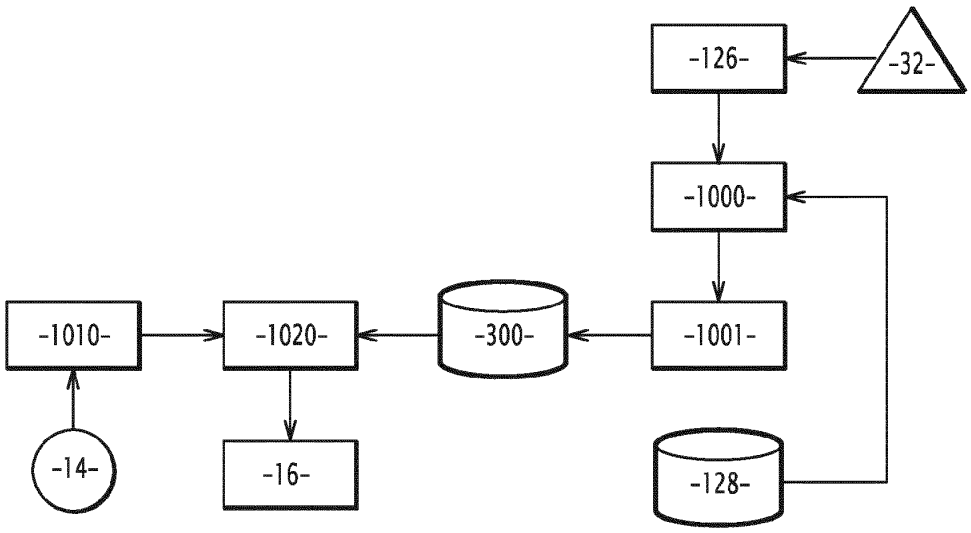


FIG.3

EP 2 660 121 A1

Description

[0001] La présente invention concerne un procédé pour sécuriser le déplacement d'un véhicule ferroviaire, le procédé comprenant l'étape suivante : la réception par le véhicule d'un tronçon maximal que le véhicule est autorisé à parcourir, et un véhicule ferroviaire ferroviaire comprenant : au moins un dispositif pour déterminer la vitesse instantanée du véhicule ferroviaire, un dispositif de réception d'information propre à recevoir un tronçon maximal que le véhicule est autorisé à parcourir, un contrôleur propre à contrôler la vitesse du véhicule ferroviaire en utilisant l'information reçue par le dispositif de réception et un système de freinage connecté au contrôleur.

[0002] Il existe en Europe de nombreux standards pour sécuriser le déplacement d'un véhicule ferroviaire mis en oeuvre sous la forme de systèmes de protection automatique de trains. Par exemple, ETCS (European Train Control System) ou PZB 90 (Punktfôrmige Zugbeeinflussung) sont de tels systèmes.

[0003] Dans ces systèmes, des courbes de vitesse ou de freinage en fonction de la position du train définissent une vitesse maximale autorisée pour le train en chaque point de la voie. Si cette vitesse est dépassée, après un ou plusieurs avertissements, le système freine automatiquement le train pour l'arrêter.

[0004] Dans le système ETCS, une autorité de mouvement « Movement authority » est fournie au train sous la forme d'un tronçon maximal que le train est autorisé à parcourir à compter d'une position d'une balise qu'il a précédemment franchie et de vitesses maximales autorisées sur ce tronçon de voie en fonction de la position du train. Pour permettre sa mise en oeuvre, une courbe ou profil de vitesse en fonction de la position du train est calculée à bord de ce train. Cette courbe est propre à ce train et au profil de ligne sur lequel il circule. Elle est déterminée en fonction des performances de freinage du train, pour garantir son arrêt avant la fin de son autorité de mouvement.

[0005] De tels systèmes ont besoin d'une fonction odométrique sophistiquée à bord du train pour déterminer le plus précisément possible la position instantanée du train afin de contrôler sa vitesse maximale autorisée à cette position.

[0006] La réalisation d'un système odométrique est complexe et, afin de garantir un niveau de sécurité acceptable pour de tels systèmes, il est nécessaire d'ajouter des marges de sécurité sur les valeurs des positions déterminées, ce qui diminue la performance du système. La fonction odométrique doit garantir simultanément la sécurité et un niveau de performance acceptable.

[0007] D'autres systèmes de protection automatique de trains sont basés sur des paliers de vitesse. Dans ces systèmes, la plus grosse partie du travail de conception des courbes est effectuée au sol. Dans ce cas, on fait un échantillonnage d'une courbe de freinage en fonction de la position du train pour la découper en tronçons et une vitesse maximale autorisée est assignée à chaque tronçon. En fonctionnement, le système donne une consigne de freinage anticipée par rapport au point optimal et les performances s'en trouvent alors réduites. Cette dégradation des performances dépend de la taille des tronçons et un compromis entre performance et taille de tronçons doit être trouvé car le coût de l'équipement au sol pour délimiter les tronçons dépend du nombre de tronçons. Il est également nécessaire d'effectuer des compromis, lors du design de solutions basées sur des paliers de vitesses, en fonction des caractéristiques des différents trains susceptibles d'emprunter la ligne.

[0008] Le but de la présente invention est de surmonter les inconvénients de l'état de la technique, en particulier de fournir un procédé et un système garantissant la sécurité à coûts modérés.

[0009] A cet effet, l'invention a pour objet un procédé pour sécuriser un véhicule ferroviaire, le procédé comprenant les étapes suivantes :

- la réception par le véhicule d'un tronçon maximal que le véhicule est autorisé à parcourir ;
- la détermination d'une courbe de vitesse maximale autorisée en fonction du temps à partir du tronçon maximal reçu que le véhicule est autorisé à parcourir ; et lors de la circulation du véhicule sur le tronçon maximal que le véhicule est autorisé à parcourir :
- la détermination d'une vitesse instantanée du véhicule ferroviaire ;
- la comparaison de la vitesse instantanée avec la vitesse maximale autorisée à l'instant présent à partir de la courbe de vitesse maximale autorisée en fonction du temps déterminée ; et
- le freinage du véhicule ferroviaire en fonction du résultat de la comparaison de la vitesse maximale autorisée avec la vitesse instantanée en cas de dépassement de la vitesse maximale autorisée par la vitesse instantanée à l'instant présent.

[0010] Suivant des modes particuliers de mise en oeuvre, le procédé comporte l'une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :

- le procédé comprend en outre l'étape suivante de réception par le véhicule ferroviaire d'au moins une valeur de vitesse maximale autorisée sur la voie à une position prédéfinie et la prise en compte de la ou chaque valeur de vitesse maximale dans la détermination de la courbe de vitesse maximale autorisée en fonction du temps ;
- la courbe de vitesse maximale autorisée en fonction du temps comprend l'utilisation d'un modèle de la dynamique du véhicule ferroviaire représentatif des capacités de freinage du véhicule ferroviaire et/ou des capacités d'accélération du véhicule ferroviaire ;
- le procédé comprend en outre : - la détermination d'une position du véhicule lors de la circulation sur

le tronçon maximal que le véhicule est autorisé à parcourir ; et - la détermination, en utilisant la position déterminée du véhicule, d'une nouvelle courbe de vitesse maximale autorisée en fonction du temps pour le reste du tronçon maximal que le véhicule est autorisé à parcourir, et lors de la circulation du véhicule sur le reste du tronçon maximal que le véhicule est autorisé à parcourir : - la détermination d'une vitesse instantanée du véhicule ferroviaire ; - la comparaison de la vitesse instantanée avec la vitesse maximale autorisée à l'instant présent à partir de la nouvelle courbe de vitesse maximale autorisée en fonction du temps déterminée ; et - le freinage du véhicule ferroviaire en fonction du résultat de la comparaison de la vitesse maximale autorisée avec la vitesse instantanée en cas de dépassement de la vitesse maximale autorisée par la vitesse instantanée à l'instant présent ;

- la détermination d'une position du véhicule lors de la circulation sur le tronçon maximal comprend la réception par le véhicule depuis une balise agencée sur la voie d'une information permettant au véhicule ferroviaire de déterminer sa position ; et/ou
- le procédé comprend en outre : - la détermination d'au moins une valeur de vitesse instantanée fiable du véhicule ferroviaire lors de la circulation sur le tronçon maximal que le véhicule est autorisé à parcourir ; et - la détermination, en utilisant la vitesse instantanée fiable déterminée du véhicule, d'une nouvelle courbe de vitesse maximale autorisée en fonction du temps pour le reste du tronçon maximal que le véhicule est autorisé à parcourir et, lors de la circulation du véhicule sur le reste du tronçon maximal que le véhicule est autorisé à parcourir :- la détermination d'une vitesse instantanée du véhicule ferroviaire ; la comparaison de la vitesse instantanée avec la vitesse maximale autorisée à l'instant présent à partir de la nouvelle courbe de vitesse maximale autorisée en fonction du temps déterminée ; et - le freinage du véhicule ferroviaire en fonction du résultat de la comparaison de la vitesse maximale autorisée avec la vitesse instantanée en cas de dépassement de la vitesse maximale autorisée par la vitesse instantanée à l'instant présent.

[0011] L'invention a également pour objet un véhicule ferroviaire comprenant : - au moins un dispositif pour déterminer la vitesse instantanée du véhicule ferroviaire, - un dispositif de réception d'information propre à recevoir un tronçon maximal que le véhicule est autorisé à parcourir, - un contrôleur propre à contrôler la vitesse du véhicule ferroviaire en utilisant l'information reçue par le dispositif de réception et un système de freinage connecté au contrôleur, **caractérisé en ce que** le contrôleur est propre : - à déterminer une courbe de vitesse maximale autorisée en fonction du temps à partir du tronçon maximal que le véhicule est autorisé à parcourir reçu ; et, lors de la circulation du véhicule sur le tronçon maximal que le véhicule est autorisé à parcourir, - à déterminer une vitesse instantanée du véhicule ferroviaire, - à comparer la vitesse instantanée avec la vitesse maximale autorisée à l'instant présent à partir de la courbe de vitesse maximale autorisée en fonction du temps déterminée ; et -à commander le freinage du véhicule ferroviaire en fonction du résultat de la comparaison de la vitesse maximale autorisée avec la vitesse instantanée en cas de dépassement de la vitesse maximale autorisée par la vitesse instantanée à l'instant présent.

[0012] Selon des caractéristiques avantageuses :

- le dispositif de réception d'information est propre à recevoir au moins une valeur de vitesse maximale autorisée sur la voie à une position prédéfinie et le contrôleur comporte des moyens de prise en compte de la ou chaque valeur de vitesse maximale lors de la détermination de la courbe de vitesse maximale autorisée ;
- le dispositif de réception d'information est propre à recevoir une information sur la position actuelle réelle du véhicule ferroviaire ; en ce que le contrôleur est propre à déterminer une nouvelle courbe de vitesse maximale autorisée en fonction du temps à partir de la position actuelle réelle pour la partie restante du tronçon maximal que le véhicule est autorisé à parcourir et en ce que le contrôleur est propre, lors de la circulation du véhicule sur la partie restante du tronçon maximal que le véhicule est autorisé à parcourir : - à déterminer une vitesse instantanée du véhicule ferroviaire, - à comparer la vitesse instantanée avec la vitesse maximale autorisée à l'instant présent à partir de la nouvelle courbe de vitesse maximale autorisée en fonction du temps déterminée ; et - à commander le freinage du véhicule ferroviaire en fonction du résultat de la comparaison de la vitesse maximale autorisée avec la vitesse instantanée en cas de dépassement de la vitesse maximale autorisée par la vitesse instantanée à l'instant présent ; et/ou
- le véhicule est propre à déterminer une information sur un vitesse actuelle réelle du véhicule ferroviaire ; en ce que le contrôleur est propre à déterminer une nouvelle courbe de vitesse maximale autorisée en fonction du temps à partir de la vitesse actuelle réelle pour la partie restante du tronçon maximal que le véhicule est autorisé à parcourir et en ce que le contrôleur est propre, lors de la circulation du véhicule sur la partie restante du tronçon maximal que le véhicule est autorisé à parcourir : - à déterminer une vitesse instantanée du véhicule ferroviaire, - à comparer la vitesse instantanée avec la vitesse maximale autorisée à l'instant présent à partir de la nouvelle courbe de vitesse maximale autorisée en fonction du temps déterminée ; et -à commander le freinage du véhicule ferroviaire en fonction du résultat de la comparaison de la vitesse maximale autorisée avec la vitesse instantanée en cas de dépassement de la

vitesse maximale autorisée par la vitesse instantanée à l'instant présent.

[0013] L'invention et ses avantages seront mieux compris à la lecture de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple et faite en se référant aux dessins annexés sur lesquels :

- la Figure 1 est une vue schématique d'un véhicule ferroviaire sur une voie ;
- la Figure 2 est une vue schématique des équipements embarqués d'un système pour sécuriser un véhicule ferroviaire selon l'invention ;
- la Figure 3 est un organigramme d'un procédé pour sécuriser un véhicule ferroviaire ;
- la Figure 4 est une courbe de la vitesse maximale autorisée en fonction de la position instantanée ;
- la Figure 5 est une courbe de la vitesse maximale autorisée en fonction du temps ;
- la Figure 6 est un organigramme d'une partie d'un procédé selon un mode de réalisation de l'invention ;
- la Figure 7 est une vue schématique d'un véhicule ferroviaire sur une pente ;
- la Figure 8 est une courbe de la vitesse maximale autorisée en fonction du temps ; et
- la Figure 9 est un organigramme d'une partie d'un procédé selon un mode de réalisation de l'invention.

[0014] La Figure 1 montre schématiquement un train ou véhicule ferroviaire 10 roulant sur une voie 11. Le véhicule ferroviaire 10 comprend une ou plusieurs voitures, dont au moins une comprend un système de traction, par exemple un moteur.

[0015] La voie 11 et le véhicule 10 sont sécurisés par un système selon l'invention.

[0016] Le but d'un système pour sécuriser un déplacement d'un véhicule ferroviaire est d'assurer que le véhicule ferroviaire 10 s'arrête avant un point dangereux et ne dépasse pas un point limite. Un autre but d'un tel système est d'assurer que le véhicule ferroviaire respecte les limitations de vitesse pour éviter une survitesse à des points dangereux de la voie 11, par exemple des virages, des endroits où des hommes travaillent sur la voie, des passages à niveaux, etc.

[0017] Le système comprend d'une part des équipements au sol et d'autre part des équipements embarqués dans le véhicule ferroviaire 10.

[0018] Les équipements au sol sont propres à donner ou envoyer des informations aux équipements embarqués.

[0019] Le véhicule ferroviaire 10 comprend un contrôleur 12 pour sécuriser le véhicule ferroviaire 10 qui est relié à au moins un capteur de roue 14 pour déterminer une vitesse instantanée du véhicule ferroviaire 10. Il est relié en outre à un système de freinage 16, à un récepteur d'informations de voie 18, à un capteur d'accélération 20 optionnel, par exemple sous la forme d'un accéléromètre, et à un affichage 22 pour donner au conducteur les informations nécessaires. Dans un autre mode de réalisation, la vitesse instantanée est déterminée par une information de vitesse fournie par un système de traction et/ou par un récepteur d'un système de géolocalisation, par exemple par un récepteur GPS (Global Positioning System). Dans une autre variante, la vitesse instantanée du véhicule ferroviaire est mesurée par un capteur optique.

[0020] Le système de freinage 16 est propre à commander les freins du véhicule ferroviaire 10 à partir d'instructions reçues du contrôleur 12.

[0021] Le récepteur d'informations de voie 18 est agencé pour recevoir les signaux émis par des balises 32 disposées le long de la voie.

[0022] L'accéléromètre 20 a un axe de sensibilité suivant la direction de la voie 11. Autrement dit, l'accéléromètre mesure l'accélération parallèlement aux rails de la voie 11.

[0023] Les équipements au sol comprennent une ou plusieurs balises 32 agencées le long de la voie 11, qui sont propres à envoyer des informations au véhicule ferroviaire 10. Ils comprennent en outre un signal d'arrêt 34, tel qu'un feu, jusqu'auquel le véhicule ferroviaire est autorisé à rouler. Les balises 32 sont des balises pour le système ETCS par exemple.

[0024] Une autorité de mouvement est définie en amont du signal 34 du fait de l'existence d'un point dangereux 36 dans la voie 11 en aval du signal 34, par exemple un passage à niveau où la barrière n'a pas encore été fermée. Cette autorité de mouvement est caractérisée par une distance maximale notée d_A que le véhicule ferroviaire est autorisé à parcourir à compter d'un point déterminé, défini ici par la position d'une balise 32. Ainsi, l'autorité de mouvement définit un tronçon maximal de la voie que le véhicule est autorisé à parcourir sans en dépasser l'extrémité aval.

[0025] Par exemple, les balises 32 sont propres à envoyer au véhicule ferroviaire 10 des informations sur la distance maximale d_A que le véhicule ferroviaire est autorisé à parcourir à partir de la balise 32, le gradient de la voie 11 et les vitesses maximales autorisées en fonction de la position sur la voie, par exemple par rapport à une distance prédéfinie de la balise 32 ou d'un autre point de référence fixe. Le gradient de la voie désigne la pente de la voie.

[0026] Dans un mode de réalisation, la distance à parcourir et les valeurs de vitesse maximale autorisée sur la voie 11 à une distance prédéfinie sont envoyées conjointement, par exemple sous forme d'une courbe de vitesse maximale autorisée en fonction de la distance. En d'autres termes, la balise 32 donne au véhicule ferroviaire 10 une autorité de mouvement en termes de distance et de vitesses maximales autorisées.

[0027] Dans un autre mode de réalisation, au moins deux types de balise 32 existent dont un premier type fournit l'autorité de mouvement au véhicule et l'autre, deuxième type donne seulement un point de référence pour permettre au véhicule ferroviaire de connaître la

distance déjà parcourue depuis la dernière autorité de mouvement reçue par le véhicule ferroviaire.

[0028] Dans d'autres modes de réalisation, l'information sur la distance que le véhicule ferroviaire 10 est autorisé à parcourir et/ou les vitesses maximales autorisées en fonction de la distance sur la voie 11 sont envoyées par un autre système, par exemple par une connexion radio, comme GSM-R.

[0029] Dans une variante, les balises 32 sont des balises virtuelles qui sont définies par leur position sur la voie ou leurs coordonnées. Le véhicule ferroviaire comprend dans ce cas un récepteur d'un système de géolocalisation connecté au contrôleur 12. Si le véhicule ferroviaire passe sur une balise virtuelle, ce qui est déterminé par une comparaison de la position instantanée du véhicule ferroviaire et de la position de la balise virtuelle, les informations sur la distance que le véhicule ferroviaire 10 est autorisé à parcourir et/ou les vitesses maximales autorisées en fonction de la distance sur la voie 11 sont envoyées par une connexion radio.

[0030] La Figure 2 montre schématiquement les équipements embarqués du système pour sécuriser le déplacement du véhicule ferroviaire. Le procédé est mis en oeuvre par un logiciel pilotant le contrôleur 12 embarqué dans le véhicule ferroviaire 10.

[0031] Le contrôleur 12 comprend une unité de calcul 120, par exemple un calculateur embarqué, propre à calculer une courbe de vitesse maximale autorisée en fonction du temps comme décrit ci-dessous et à comparer la vitesse instantanée du véhicule ferroviaire 10 avec la vitesse maximale autorisée à l'instant considéré.

[0032] Le capteur de roue 14 est connecté à l'unité de calcul 120 pour fournir des informations sur la rotation de la roue associée au capteur de roue. Par exemple, le capteur de roue 14 est propre à fournir en permanence, à l'unité de calcul 120, des impulsions à une fréquence proportionnelle à la vitesse de rotation de la roue et/ou une vitesse instantanée mesurée. Le capteur 14 est par exemple un capteur de position angulaire de la roue. Dans le procédé pour sécuriser le déplacement du véhicule ferroviaire selon un mode de réalisation de l'invention le capteur de roue 14 est utilisé pour une tachymétrie, par exemple pour afficher au conducteur la vitesse instantanée mesurée et/ou pour comparer la vitesse instantanée mesurée avec la vitesse maximale autorisée.

[0033] Le capteur d'accélération 20 est connecté à l'unité de calcul 120 qui est propre à déterminer à partir des informations du capteur d'accélération 20 si les informations issues du capteur de roues 14 sont pertinentes et utilisables pour un calcul de la courbe de vitesse maximale autorisée en fonction du temps comme cela sera décrit ci-dessous. Grace au capteur d'accélération 20, le contrôleur 12 ou son unité de calcul 120 est propre à déterminer si la roue du véhicule ferroviaire n'est sûrement pas dans une phase de patinage ou d'enrayage.

[0034] Comme illustré sur la Figure 2, le récepteur d'informations de voie 18 est connecté à l'unité de calcul 120 et est propre à lui fournir à chaque passage devant une balise 32, une autorité de mouvement et/ou la position.

[0035] Une mémoire 128 du contrôleur contient un modèle du véhicule ferroviaire comprenant un modèle dynamique de celui-ci permettant au contrôleur 12 de calculer une courbe de freinage et/ou de vitesse en fonction de la position ou du temps pour respecter l'autorité de mouvement reçue comme expliqué en détail ci-dessous.

[0036] En outre, l'unité de calcul 120 contrôle le système de freinage 16. Par exemple, si l'unité de calcul du contrôleur 12 détecte que le véhicule ferroviaire roule à une vitesse supérieure à une vitesse maximale définie par une courbe de vitesse en fonction du temps, il commande au système de freinage 16 d'effectuer un freinage d'urgence pour s'assurer que le véhicule ferroviaire ne dépasse pas un point dangereux, par exemple après un avertissement éventuel.

[0037] La Figure 3 montre un organigramme du procédé selon l'invention. Il sera expliqué conjointement avec les courbes de vitesse maximale autorisée illustrées aux Figures 4 et 5.

[0038] A partir d'une balise 32, une autorité de mouvement est fournie au contrôleur 12 sous forme d'une courbe 200 de vitesse maximale autorisée en fonction de la position sur la voie 11, c'est-à-dire en fonction d'une distance par rapport à un point de référence notamment constitué de la balise 32. L'autorité de mouvement comporte en outre une distance maximale d_A que le véhicule ferroviaire est autorisé à parcourir à partir de cette balise 32.

[0039] La courbe de vitesse maximale autorisée 200 en fonction de la distance illustrée sur la figure 4 fournie par la balise 32 comprend trois sections 202, 204, 206 avec des vitesses maximales autorisées V1, V2, V3 différentes selon les sections de voie. La distance 0 correspond au positionnement de la balise 32. Dans la section précédente à la section 202, donc avant la distance 0, la vitesse maximale autorisée est V0.

[0040] Sur la première section 202, le véhicule ferroviaire 10 est autorisé à circuler à une première vitesse maximale autorisée V1 sur une première distance d_{202}. Sur la deuxième section 204, le véhicule ferroviaire est autorisé à circuler à une deuxième vitesse maximale autorisée V2 sur une deuxième distance d_{204}, et sur la troisième section 206, le véhicule ferroviaire 10 est autorisé à circuler à une troisième vitesse maximale autorisée V3 sur une troisième distance d_{206}, avant d'arriver à la fin de l'autorité de mouvement où le véhicule ferroviaire devrait être arrêté au point 208. Les trois sections 202, 204, 206 correspondent ensemble à la distance maximale d_A que le véhicule ferroviaire est autorisé à parcourir.

[0041] A partir des sections 202, 204, 206 avec leur vitesse maximale autorisée respective V1, V2, V3, l'unité de calcul 120 calcule lors d'une étape 1000 illustrée sur la figure 3, une courbe de vitesse maximale autorisée spécifique 210 en fonction de la position du véhicule sur la voie spécifiquement pour le véhicule ferroviaire en cause 10, en utilisant l'information sur le modèle dynamique

du véhicule ferroviaire stocké dans la mémoire 128, et, le cas échéant, l'information de la topologique de la voie. Par exemple, des informations sur les capacités de freinage et/ou d'accélération issues du modèle dynamique du véhicule ferroviaire stocké dans la mémoire 128 sont utilisées.

[0042] Cette courbe de vitesse maximale autorisée spécifique en fonction de la distance 210 est différente de la vitesse maximale autorisée sur la voie 11 avant ou après un changement de section. Elle est alors représentée en pointillés.

[0043] Comme illustré sur la Figure 3, le contrôleur 12 calcule à l'étape 1001 une courbe de vitesse maximale 300 autorisée en fonction du temps et non plus en fonction de la position, à partir de la courbe de vitesse maximale autorisée spécifique en fonction de la distance 210 en utilisant le modèle dynamique du véhicule ferroviaire stocké dans la mémoire 128. La courbe de vitesse maximale autorisée 300 en fonction du temps est illustrée schématiquement sur la Figure 5. Pour des fins d'illustration, une courbe de vitesse maximale autorisée spécifique 301 en fonction de la distance qui correspond à la courbe de vitesse maximale autorisée en fonction du temps 300 est illustrée sur la Figure 4. La courbe de vitesse maximale autorisée spécifique 301 correspond à la courbe de vitesse maximale autorisée en fonction de la position à l'exception de la section 204.

[0044] Le véhicule ferroviaire utilise la courbe 300 de la vitesse maximale autorisée en fonction du temps pour comparer, à tout instant pendant son trajet, sa vitesse instantanée avec la vitesse maximale autorisée à cet instant précis et pour effectuer un freinage, en cas de dépassement de cette vitesse maximale autorisée, par exemple après un avertissement éventuel.

[0045] Le système et le procédé garantissent que le véhicule ne dépasse à aucun moment les vitesses maximales autorisées sur les différentes sections de la voie 11.

[0046] Un temps maximal restant à rouler t_A commence au moment où le véhicule ferroviaire 10 passe par l'origine du tronçon maximal que le véhicule ferroviaire est autorisé à parcourir correspondant à la distance d_A. Le temps t_A commence par exemple au moment où le véhicule ferroviaire passe sur la balise 32 qui a envoyé l'autorité de mouvement.

[0047] Un exemple simplifié de la construction de la courbe de vitesse maximale autorisée 300 en fonction du temps est expliqué dans la suite. Dans une première plage de temps 302, la vitesse maximale autorisée augmente de la vitesse maximale autorisée V0 de la section précédant à la section 202 jusqu'à la vitesse V1 qui sera autorisée pendant la plage de temps 304 en utilisant la capacité maximale d'accélération a_{max} du véhicule ferroviaire stockée dans la mémoire 128. Le véhicule ferroviaire atteint - théoriquement pour le calcul de la courbe 300 en fonction du temps - la vitesse maximale V1 après un temps t_0. Le véhicule a alors parcouru une distance d_0. Dans l'hypothèse d'une accélération constante,

le temps est $t_0 = (V1 - V0) / a_{max}$ et

la distance parcourue correspondante est $d_0 = (V1+V0) * t_0/2$.

[0048] La vitesse maximale V1 sera autorisée pendant la plage de temps 304. Cette plage de temps 304 correspond au temps dont le véhicule ferroviaire a besoin pour parcourir la distance entre d_0 et d_1, s'il roule en vitesse V1. Pour calculer la courbe de vitesse maximale autorisée 300 en fonction du temps sur la section 204, l'unité de calcul n'utilise pas l'augmentation de la vitesse maximale autorisée sur la voie de la section 202 à la section 204 pour passer de V1 à V2, si elle n'a pas d'informations fiables sur le fait que le véhicule ferroviaire 10 a déjà parcouru la distance d_{202}. Cette information provient par exemple d'une balise placée entre les sections 202 et 204 et non directement d'un capteur de position interne du véhicule comme le capteur de roue 14 sans information supplémentaire.

[0049] Par exemple, si le véhicule ferroviaire avait utilisé le capteur de roue pour estimer la distance d_{202}, un patinage, par exemple lors de l'accélération de V0 à V1, aurait mené à une surestimation de la distance parcourue. Donc, le véhicule ferroviaire pourrait être encore dans la section 202 et non dans la section 204. Par conséquence, si le procédé avait autorisé une accélération de V1 à V2, le véhicule ferroviaire pourrait rouler à une survitesse non autorisée sur la section 202.

[0050] Dans la suite on suppose qu'une information de position n'est pas obtenue entre les sections 202 et 204.

[0051] La distance d_1 dépend de la distance d_2, qui correspond à la fin de la section 204 et est connue, et des capacités de freinage optimales a_f pour réduire la vitesse de V1 à V3 à la fin de la section 204.

[0052] Le véhicule ferroviaire roulant à la vitesse V1 a besoin du temps $t_2 - t_1 = (V3 - V1) / a_f$ correspondant à la plage de temps 306 pour réduire sa vitesse à la vitesse V3 et une distance entre d_1 et d_2 qui correspond à $(V3+V1) / 2 * (t_2 - t_1)$. d_1 est déduit des équations qui précèdent. A partir de cette information, le temps t_1 jusqu'auquel le véhicule ferroviaire est autorisé à rouler à la vitesse maximale V_1est calculé, par exemple par $t_1 = (d_1 - d_0) / V1 + t_0$.

[0053] Alors, la courbe de vitesse maximale autorisée 300 en fonction du temps est maintenant construite jusqu'au temps t_2.

[0054] La plage de temps 308 pendant laquelle la vitesse maximale V3 est autorisée, la plage de temps 310 et le temps t_3 à partir duquel le véhicule est obligé de réduire sa vitesse, s'il roule à la vitesse V3, sont calculés de manière similaire aux plages de temps 304 et 306. Donc, la courbe de vitesse maximale autorisée 300 en fonction du temps est calculée jusqu'à t_A.

[0055] La courbe de vitesse maximale autorisée 300 en fonction du temps calculée par l'unité de calcul 120 dépend de la vitesse maximale autorisée sur la voie 200 qui est, par exemple, prescrit par les autorités ferroviaires et des capacités de freinage et d'accélération du véhicule

ferroviaire 10. La courbe de vitesse 300 en fonction du temps donne alors, pour un instant donné, la vitesse maximale autorisée pour le véhicule ferroviaire.

[0056] Le calcul est effectué en supposant que le véhicule ferroviaire roule toujours à la vitesse maximale autorisée de la courbe de vitesse en fonction du temps, et qu'il utilise toujours ses capacités maximales d'accélération et/ou de décélération minimale garantie du modèle dynamique du véhicule ferroviaire. De cette façon, le véhicule ferroviaire respectant ces limites de vitesse évite de dépasser la distance d_A de son autorité de mouvement.

[0057] Le véhicule roule alors pendant la mise en oeuvre du procédé toujours à la vitesse maximale donnée par la courbe de vitesse maximale autorisée en fonction du temps 300.

[0058] Si le véhicule roulait à une vitesse en dessous de la courbe de vitesse maximale autorisée en fonction du temps, le véhicule ferroviaire risquerait de ne pas atteindre la fin de la distance d_A de son autorité de mouvement, car le temps t_A aura été atteint auparavant.

[0059] Dans un mode de réalisation, avant la génération de la courbe de vitesse maximale en fonction du temps, la vitesse à la distance 0 est considérée nulle au départ, par exemple si le véhicule ferroviaire commence à rouler après un arrêt à la gare.

[0060] Le contrôleur 12, dans une étape de supervision de vitesse 1020, en utilisant la vitesse instantanée mesurée et la courbe de vitesse 300 en fonction du temps, assure que la vitesse maximale autorisée est respectée par le véhicule ferroviaire 10. Si la vitesse maximale autorisée est dépassée, le contrôleur 12, en particulier à l'étape de supervision 1020, ordonne un freinage d'urgence au système de freinage 16. Il est à noter, que l'information provenant du capteur de roue 14 est utilisée pour une telle fonction de tachymétrie.

[0061] Typiquement, les performances du système et du procédé selon l'invention sont améliorées si le véhicule utilise plus de capteurs et/ou si dans la voie 33, plus de balises sont installées.

[0062] Le système n'a presque pas d'impact sur les performances pour les véhicules ferroviaires rapides et peut être utilisé dans les applications de métro. Le système et le procédé selon l'invention ne perdent pas de performance par rapport à un système basé sur la distance parcourue si la distance parcourue avant l'application des freins est supérieure à la distance à une prochaine balise rencontrée qui, dans un mode de réalisation, déclenche un calcul à nouveau de la courbe de vitesse maximale autorisée en fonction du temps comme décrit ci-dessous.

[0063] Dans un mode de réalisation, le système laisse au conducteur la possibilité d'anticiper le freinage et d'approcher un point d'arrêt à allure modérée sans être freiné d'urgence. Par exemple, lorsqu'un conducteur anticipe le freinage, il s'approche d'une vitesse modérée $V_{release}$ bien avant de risquer un freinage d'urgence.

[0064] Dans des modes de réalisation de l'invention, le procédé et le système sont enrichis pour augmenter encore la performance, par exemple pour prendre en compte des augmentations de vitesse autorisée pendant une autorité de mouvement.

[0065] La Figure 6 montre un organigramme d'un procédé pour augmenter la performance du procédé et du système pour sécuriser un véhicule ferroviaire.

[0066] Chaque fois que le véhicule ferroviaire passe sur une balise 32, l'unité de calcul 120 reçoit la position instantanée du véhicule ferroviaire lors de l'étape 1030.

[0067] Pendant l'étape 1040 l'unité de calcul 120 déduit de cette information la distance encore à parcourir entre la position instantanée et la fin de son autorité de mouvement.

[0068] Dans une étape d'amélioration 1050, la courbe de vitesse maximale autorisée 300 en fonction du temps ainsi que le temps maximal pendant lequel le véhicule ferroviaire est autorisé à rouler sont recalculés en prenant en compte le modèle dynamique du véhicule ferroviaire stocké dans la mémoire 128. La nouvelle courbe de vitesse maximale ainsi recalculée est ensuite utilisée pour comparer la vitesse instantanée du véhicule.

[0069] Au contraire d'un système basé sur des paliers de vitesse, il n'y a aucun impact sécuritaire du fait de rater une balise 32, parce que dans ce cas, la courbe de vitesse maximale autorisée 300 en fonction du temps ne sera pas recalculée, ce qui aura seulement un impact en terme de vitesse sur les performances du système et du procédé pour sécuriser le véhicule ferroviaire 10.

[0070] Dans un mode de réalisation, chaque fois qu'une nouvelle balise 32 est rencontrée, la courbe de vitesse maximale en fonction du temps utilisée précédemment est utilisée pour recalculer la nouvelle courbe de vitesse maximale autorisée en fonction du temps.

[0071] De plus, en utilisant ces informations, l'unité de calcul 120 sait si le véhicule ferroviaire est déjà complètement dans la section suivante. Dans le cas où le véhicule a pénétré dans la section 204, l'unité de calcul calcule une courbe de vitesse en fonction du temps ayant une plage de temps pendant laquelle le véhicule ferroviaire est autorisé à rouler avec la vitesse V2.

[0072] Un autre mode de réalisation sera décrit conjointement avec la Figure 7, les courbes de vitesse de vitesse maximale autorisée en fonction de temps sur la Figure 8, et l'organigramme de la Figure 9.

[0073] Dans ce mode de réalisation, l'unité de calcul reçoit au moment t_5 une vitesse instantanée qui est considérée comme fiable et donc, utilisable pour recalculer la courbe de vitesse maximale autorisée 300 en fonction du temps en prenant en compte une estimation d'une distance minimale parcourue et/ou d'une distance maximale parcourue implicitement (sans calcul d'une valeur de la distance minimale/maximale parcourue) ou explicitement (avec calcul d'une valeur de la distance minimale/maximale parcourue).

[0074] Dans un mode de réalisation, cette mesure de vitesse instantanée peut venir de la vitesse utilisée pour la tachymétrie, si celle-ci est considérée comme fiable

lors de cette étape de calcul. Dans un autre mode de réalisation, cette mesure de vitesse peut provenir d'un autre capteur, comme par exemple un capteur GPS ou un radar.

[0075] Dans un mode de réalisation, cette mesure de vitesse instantanée peut correspondre à la vitesse du véhicule ferroviaire à l'instant présent. Dans un autre mode de réalisation, cette mesure de vitesse instantanée peut correspondre à un temps dans le passé, et être néanmoins utilisée pour raffiner l'historique de déplacement du véhicule ferroviaire et, de ce fait, modifier la courbe de vitesse maximale autorisée en fonction du temps.

[0076] Le mode de réalisation utilisant une mesure de vitesse utilisée pour la tachymétrie est expliqué ensuite. Dans ce mode de réalisation, la distance minimale parcourue et/ou la distance maximale parcourue sont prises en compte en permanence pour calculer la courbe de vitesse maximale en fonction du temps actualisée.

[0077] L'unité de calcul déduit si les informations sur la vitesse instantanée mesurée dans l'étape de tachymétrie 1010 par le capteur de roue 14 sont fiables et donc utilisables pour une odométrie pour recalculer la courbe de vitesse maximale autorisée 300 en fonction du temps. Typiquement, lorsque le véhicule ferroviaire 10 roule à une vitesse constante les valeurs mesurées par le capteur de roue 14 sont fiables puisqu'il n'y a ni glissement ni enraillement. De manière générale, ces résultats sont fiables quand la roue ne glisse pas ou ne s'enraille pas.

[0078] Théoriquement, l'utilisation des valeurs d'accélération du véhicule mesurées par le capteur d'accélération 20 est possible pour une estimation exacte de la vitesse du véhicule ferroviaire, mais ceci est rendu complexe par l'influence du gradient de voie 11, car l'accéléromètre mesure la somme des forces dans l'axe de sensibilité du capteur d'accélération 20. Il est alors nécessaire de connaître le gradient de la voie 11 précisément ainsi que la masse du véhicule. Ceci implique aussi la connaissance de l'endroit précis du véhicule ferroviaire 10.

[0079] Dans un premier temps il est expliqué comment il est possible de déduire des valeurs de vitesse fiables à partir d'un capteur de roue. Ensuite un procédé est expliqué pour améliorer la performance du procédé de base.

[0080] La Figure 7 montre le véhicule ferroviaire 10 sur la voie 11 ayant une pente d'un angle α. Dans le cas où le véhicule ferroviaire 10 est arrêté sur la voie 11, les autres forces agissant sur le véhicule ferroviaire 10 sont la force de gravité 52, la force de freinage 50 (= M.g. sin α) et la force de réaction 54 de la voie (= M.g. cos α), avec M la masse du véhicule ferroviaire, g l'accélération de la pesanteur et α l'angle entre la voie et la horizontale. La force normale 54 correspond à la force exercée par la voie sur le véhicule ferroviaire 10. Les trois forces 50, 52, 54 cumulées donnent une force égale à zéro, car le véhicule ferroviaire est à l'arrêt. Le capteur d'accélération 20 mesure seulement la force de freinage 50 qui a une valeur égale à la composante de force de gravité en direction de la voie 11.

[0081] Dans le cas où le véhicule ferroviaire 10 roule sans effort sur la pente, les forces de freinage et de traction en direction de la voie sont nulles, et seulement la partie de la force de gravité, qui n'est pas mesurable par un accéléromètre, en direction de la voie (M.g. sin α) accélère le véhicule ferroviaire 10.

[0082] Donc, le capteur d'accélération 20 embarqué ne mesure pas la force de gravité 52 ou sa composante en direction de la voie 11. En plus, le capteur d'accélération ne mesure pas, à cause de son axe de sensibilité, la force normale 54 qui est orthogonale à l'axe de sensibilité du capteur d'accélération 20. La seule force mesurée par le capteur d'accélération 20 est celle exercée par la traction ou le frein sur la voie 11 et les forces de frottement. En effet, le capteur d'accélération mesure l'accélération seulement en direction de la voie. Donc, le capteur d'accélération 20 est utilisable pour connaitre et mesurer l'effort du véhicule ferroviaire 10 sur la voie 11. Ceci permet alors la détection de périodes pendant lesquelles aucun patinage n'est possible : quand le véhicule ferroviaire n'effectue aucun effort de traction. De même, ce procédé permet la détection de périodes pendant lesquelles aucun enraillage n'est possible : quand le véhicule ferroviaire n'effectue aucun effort de freinage.

[0083] De cette manière il est alors possible de déterminer les périodes dans lesquelles le capteur de roue donne une information fiable sur la vitesse instantanée du véhicule ferroviaire. Cette vitesse instantanée fiable est utilisable pour le calcul de courbes de vitesse maximale autorisée en fonction du temps, une distance maximale parcourue et/ou une distance minimale parcourue.

[0084] A partir des valeurs d'accélération, l'unité de calcul 120 détecte, suivant un algorithme décrit dans la suite et notamment en regard de la figure 9, quand le capteur de roue 14 donne des résultats fiables et utilisables pour estimer une distance parcourue ou la vitesse instantanée du véhicule ferroviaire 10 pour un calcul de la courbe de vitesse maximale autorisée en fonction du temps.

[0085] Dans le cas où le véhicule ferroviaire 10 a assez d'informations fiables sur sa vitesse utilisable pour une odométrie, le système recalcule la courbe de vitesse en fonction du temps en prenant en compte la ou les informations supplémentaires sur la vitesse instantanée ou historique du véhicule ferroviaire 10.

[0086] La Figure 9 montre un organigramme d'une partie d'un procédé pour sécuriser un véhicule ferroviaire. Par exemple, un tel procédé est utilisé dans un système de protection automatique de véhicule ferroviaire basé sur le temps. Néanmoins, cette partie peut aussi être utilisée dans d'autres procédés pour sécuriser un véhicule ferroviaire.

[0087] A l'étape 1060, le contrôleur 12 reçoit au moins une valeur de sortie d'au moins l'un des capteurs de roue 14. Par exemple, la valeur de sortie est une impulsion qui est représentative de la vitesse de rotation de la roue. Dans un autre mode de réalisation, le capteur de roue

14 livre lui-même une valeur de vitesse instantanée, soit la vitesse instantanée de rotation de la roue ou soit une estimation de la vitesse instantanée du véhicule ferroviaire 10 calculée par simple produit de la vitesse angulaire de la roue par son rayon. L'estimation comprend, dans un mode de réalisation, une valeur de vitesse instantanée maximale et une valeur de vitesse instantanée minimale lorsque l'unité de calcul 120 applique une marge de sécurité autour de la valeur de vitesse instantanée mesurée.

[0088] A l'étape 1065, le contrôleur 12 reçoit une valeur de sortie produite par le capteur d'accélération 20. La valeur de sortie est représentative de l'accélération mesurée en direction de l'axe de sensibilité du capteur d'accélération 20. La valeur d'accélération est positive si le véhicule ferroviaire 10 accélère sur une voie 11 horizontale et négative si le véhicule ferroviaire 10 freine sur une voie 11 horizontale. Par exemple, le capteur d'accélération livre lui-même une valeur d'accélération. Les étapes 1060 et 1065 peuvent être aussi réalisées en parallèle ou dans l'ordre inverse. Dans un mode de réalisation, l'instant de la mesure du capteur d'"accélération et/ou du capteur de roue est enregistré pour synchroniser les valeurs de sortie du capteur d'accélération et du capteur de roue.

[0089] A partir des valeurs d'accélération, l'unité de calcul 120 détecte, quand le capteur de roue 14 donne des résultats fiables et utilisables pour estimer une distance parcourue et la vitesse instantanée du véhicule ferroviaire 10. Dans un mode de réalisation, l'unité de calcul 120 détermine des périodes durant lesquelles les valeurs de sortie venant du capteur de roue 14 pour déterminer la vitesse instantanée sont utilisables pour l'estimation de la distance maximale parcourue (lorsque l'effort de freinage exercé ne risque pas de provoquer un enraillage). De la même manière, l'unité de calcul 120 détermine des périodes durant lesquelles les valeurs de sortie venant du capteur de roue 14 pour déterminer la vitesse instantanée sont utilisables pour l'estimation de la distance minimale parcourue (lorsque l'effort de traction exercé ne risque pas de provoquer un patinage).

[0090] Ces déterminations sont faites à l'étape 1070, dans laquelle les valeurs de l'accélération en direction de la voie sont comparées avec des valeurs d'accélération prédéterminées.

[0091] Dans le cas d'une estimation de la distance maximale parcourue, les valeurs de vitesses instantanées, ou, le cas échéant, les valeurs de vitesses maximales instantanées, sont utilisables si l'effort mesuré par l'accéléromètre est supérieur à une première valeur prédéterminée (par exemple -0,4 m/s^2). En effet, dans ce cas, on est sûr que le véhicule ferroviaire ne freine pas suffisamment pour que la roue enraye. De ce fait, le procédé garantit que la valeur de vitesse instantanée déterminée par le capteur de roue ne mènera pas à une sous-estimation de la distance parcourue.

[0092] Dans le cas d'une estimation de la distance minimale parcourue, les valeurs de vitesses instantanées, ou, le cas échéant, les valeurs de vitesses minimales instantanées, sont utilisables si l'effort mesuré par l'accéléromètre est inférieur à une deuxième valeur prédéterminée (par exemple 0,4 m/s^2). En effet, dans ce cas, on est sûr que le véhicule ferroviaire ne tractionne pas suffisamment que pour que la roue patine. De ce fait, le procédé garantit que la valeur de vitesse instantanée déterminée par le capteur de roue ne mènera pas à une surestimation de la distance parcourue.

[0093] L'étape 1070 assure alors, que les valeurs de sortie du capteur de roue 14 sont seulement utilisées lors des périodes fiables donc en dehors de périodes de risque de glissement ou d'enraillement de la roue sur laquelle le capteur de roue est monté, et, en d'autres termes, lorsque le véhicule ferroviaire 10 roule sans produire un effort sur les rails.

[0094] Dans un mode de réalisation, les valeurs d'accélération prédéterminées dépendent de l'essieu sur lequel se trouve le capteur de roue. Par exemple, une roue motorisée ou freinée a une autre valeur d'accélération prédéterminée plus élevée qu'une roue non motorisée et/ou non freinée. Dans un mode de réalisation, les forces de frottement existant dans le véhicule et mesurées par l'accéléromètre sont incluses dans les marges prises autour de la mesure.

[0095] Si les informations de vitesse instantanées, ou, dans le cas échéant, les valeurs de vitesses minimales instantanées, mesurées par le ou les capteurs de roue 14 sont fiables, elles sont alors utilisées pour calculer à l'étape 1080 une nouvelle courbe de vitesse maximale autorisée en fonction du temps en utilisant implicitement ou explicitement une estimation de la distance minimale parcourue et/ou la distance maximale parcourue. Sinon, aucun recalcul n'est fait et l'étape 1080 est sautée.

[0096] Le recalcul de la courbe de vitesse maximale autorisée en fonction du temps en prenant en compte la distance maximale parcourue est expliqué à l'aide de la Figure 8 qui montre une courbe de vitesse en fonction du temps 300 qui correspond à la courbe de vitesse en fonction du temps 300 de la Figure 5. A l'instant t_5, le contrôleur 12 déduit, à l'étape 1070, une valeur de vitesse instantanée fiable 401 pour le calcul de la distance maximale parcourue. Cette vitesse instantanée fiable 401 est au-dessous de la vitesse maximale autorisée représentée par la courbe de vitesse 300 en fonction du temps.

[0097] Le contrôleur 12 suppose, par mesure de sécurité, pour le calcul de la courbe de vitesse maximale autorisée 400 en fonction du temps que le véhicule ferroviaire 10 accélère ensuite avec sa capacité maximale d'accélération a_{max} après la valeur fiable de la vitesse instantanée 401 pour atteindre la vitesse maximale autorisée V_1 au moment t_6.

[0098] Avant la valeur fiable de la vitesse instantanée 401, le contrôleur suppose pour le recalcul de la courbe de vitesse maximale autorisée 400 en fonction du temps que le véhicule a freiné entre t_4 et t_5 avec ses capacités de freinage maximales à partir de la vitesse maximale autorisée au moment t_4 pour atteindre la vitesse 401 au

moment t_5. Alors, le contrôleur a ici implicitement pris en compte la distance maximale parcourue en supposant que le véhicule a toujours roulé à la vitesse maximale autorisée et freiné avec ses capacités de freinage maximales. Dans un mode de réalisation, la valeur de la distance maximale parcourue est explicitement calculée pour l'utilisation dans le calcul de la courbe de vitesse maximale autorisée en fonction du temps.

[0099] Le calcul de la courbe de vitesse maximale autorisée en fonction de temps 401 après l'instant t_5 se fait comme dans l'exemple exposé en regard de la Figure 5 en prenant en compte l'estimation de la distance maximale parcourue comme point de départ.

[0100] La région hachurée représente une distance correspondant à la différence entre d_A et un point en amont de d_A où le véhicule ferroviaire s'arrêterait s'il ne recalculerait pas la courbe de vitesse en fonction du temps.

[0101] Avec l'utilisation de la valeur de vitesse instantanée 401, on peut voir, que la durée de circulation maximale autorisée t_A' du véhicule ferroviaire 12 est augmentée par rapport au temps de circulation maximale autorisé t_A de la courbe de vitesse en fonction du temps 300.

[0102] A l'étape 1090 qui correspond à l'étape 1020 de la Figure 3, les courbes de vitesse maximales autorisées 300, 400 en fonction du temps sont utilisées pour contrôler automatiquement le véhicule ferroviaire, en particulier pour contrôler son freinage si le véhicule ferroviaire dépasse la vitesse maximale autorisée. Le capteur de roue est utilisé de manière permanente pour la tachymétrie : dans ce cas, nous avons deux avantages par rapport à la fonction odométrique : D'une part, les erreurs dues au patinage et à l'enrayage ne sont pas intégrées. D'autre part, seule la sous-estimation de la vitesse peut mener à un état dangereux. Notons que, dans le cas d'une sous-estimation de la vitesse, celle-ci ne peut avoir lieu que lors d'un freinage menant à un enrayage de la roue. Dans ce cas, le système proposé ici diffère l'intervention du freinage d'urgence tant que la roue enraye, ce qui n'aura pas d'effet dangereux vu que le véhicule ferroviaire est en cours de freinage.

[0103] Le recalcul de la courbe de vitesse maximale autorisée en fonction du temps en prenant en compte la distance minimale parcourue est expliqué ensuite.

[0104] Le contrôleur estime une position du véhicule ferroviaire minimale, c'est-à-dire une distance minimale parcourue. Cette distance minimale parcourue est utilisée pour savoir si le véhicule ferroviaire a libéré une section ou un point dangereux afin, par exemple, de permettre une reprise de vitesse après une limitation.

[0105] A partir de la vitesse minimale instantanée, ou, dans le cas échéant, les valeurs de vitesses minimales instantanées, du véhicule ferroviaire, et la capacité de freinage maximale, l'unité de calcul 120 déduit la distance minimale parcourue. A partir de là, dans un cas comme celui de la section 204 de la figure 4, on garantit l'entrée dans cette section et permet au véhicule ferroviaire d'accélérer jusqu'à la vitesse V2. Si on n'effectue pas ce calcul, le système proposé imposera la vitesse V1 sur tout le trajet jusqu'à ce qu'il passe sur une balise lui garantissant qu'il a quitté la section d202. Si le système a déduit que le véhicule ferroviaire est dans la section 204, il fait un recalcul de la courbe de vitesse maximale autorisée en fonction du temps en autorisant une accélération jusqu'à la vitesse V2.

[0106] Dans un mode de réalisation, le véhicule ferroviaire est autorisé à s'approcher d'une fin d'autorisation de mouvement (EOA- End of movement authority) s'il roule à ou au- dessous d'une vitesse de libération ($V_{release}$) . La vitesse de libération dépend de la distance entre un point dangereux 36 et la position de la fin d'autorité de mouvement EOA. Par exemple, la distance entre la position d'EOA et du point dangereux est choisie de manière à pouvoir atteindre la position d'EOA proche de la vitesse maximale autorisée sur la voie. La distance entre la position d'EOA et du point dangereux est fixée par l'infrastructure et donc, le système de signalisation n'a typiquement aucune prise sur cette distance.

[0107] L'invention propose un système le procédé pour sécuriser le déplacement d'un véhicule ferroviaire ayant des coûts modérés et une bonne performance. Par exemple, il est possible de garder la compatibilité avec une infrastructure au sol équipée pour ETCS et d'équiper le matériel roulant de manière évolutive et dans le même temps de faire cohabiter des véhicules ferroviaires équipés avec ETCS et ceux équipés du système selon l'invention.

[0108] L'invention propose un système et un procédé modulaire qui peut être enrichi par l'adjonction de capteurs et d'équipement sol supplémentaires, afin d'en augmenter la performance, si le système le requiert. Ce système peut donc se décliner en plusieurs configurations, depuis la plus basique qui garanti une sécurité absolue pour des systèmes à très bas coût, jusqu'à des configurations plus complexes pour des systèmes plus demandeurs en performance.

Revendications

1. Procédé pour sécuriser un déplacement d'un véhicule ferroviaire (10) sur une voie (11), le procédé comprenant les étapes suivantes :

   - la réception par le véhicule (10) d'un tronçon maximal (dA) que le véhicule est autorisé à parcourir ;
   - la détermination (1001) d'une courbe de vitesse maximale autorisée en fonction du temps (300) à partir du tronçon maximal (dA) reçu que le véhicule est autorisé à parcourir ; et
   - lors de la circulation du véhicule sur le tronçon maximal que le véhicule est autorisé à parcourir :
   - la détermination (1010) d'une vitesse instan-

tanée du véhicule ferroviaire ;
- la comparaison (1020) de la vitesse instantanée avec la vitesse maximale autorisée à l'instant présent à partir de la courbe de vitesse maximale autorisée en fonction du temps déterminée ; et
- le freinage du véhicule ferroviaire (10) en fonction du résultat de la comparaison de la vitesse maximale autorisée avec la vitesse instantanée en cas de dépassement de la vitesse maximale autorisée par la vitesse instantanée à l'instant présent.

2. Procédé selon la revendication 1, comprenant en outre une étape suivante de réception par le véhicule ferroviaire d'au moins une valeur de vitesse maximale (V1, V2, V3) autorisée sur la voie à une position prédéfinie et la prise en compte de la ou chaque valeur de vitesse maximale dans la détermination de la courbe de vitesse maximale autorisée en fonction du temps.

3. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la courbe de vitesse maximale autorisée en fonction du temps comprend l'utilisation d'un modèle de la dynamique du véhicule ferroviaire (10) représentatif des capacités de freinage du véhicule ferroviaire et/ou des capacités d'accélération du véhicule ferroviaire.

4. Procédé selon l'une des revendications précédentes, comprenant en outre

- la détermination (1030) d'une position du véhicule lors de la circulation sur le tronçon maximal que le véhicule est autorisé à parcourir ; et
- la détermination (1050), en utilisant la position déterminée du véhicule, d'une nouvelle courbe de vitesse maximale autorisée en fonction du temps (400) pour le reste du tronçon maximal que le véhicule est autorisé à parcourir et
lors de la circulation du véhicule sur le reste du tronçon maximal que le véhicule est autorisé à parcourir :
- la détermination (1010) d'une vitesse instantanée du véhicule ferroviaire ;
- la comparaison (1020) de la vitesse instantanée avec la vitesse maximale autorisée à l'instant présent à partir de la nouvelle courbe de vitesse maximale autorisée en fonction du temps déterminée ; et
- le freinage du véhicule ferroviaire (10) en fonction du résultat de la comparaison de la vitesse maximale autorisée avec la vitesse instantanée en cas de dépassement de la vitesse maximale autorisée par la vitesse instantanée à l'instant présent.

5. Procédé selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** la détermination (1030) d'une position du véhicule lors de la circulation sur le tronçon maximal comprend la réception par le véhicule (10) depuis une balise (32) agencée sur la voie (11) d'une information permettant au véhicule ferroviaire de déterminer sa position.

6. Procédé selon l'une des revendications précédentes, comprenant en outre

- la détermination (1060, 1065, 1070) d'au moins une valeur de vitesse instantanée fiable du véhicule ferroviaire (401) lors de la circulation sur le tronçon maximal que le véhicule est autorisé à parcourir ; et
- la détermination (1080), en utilisant la vitesse instantanée fiable déterminée du véhicule, d'une nouvelle courbe de vitesse maximale autorisée en fonction du temps (400) pour le reste du tronçon maximal que le véhicule est autorisé à parcourir et
lors de la circulation du véhicule sur le reste du tronçon maximal que le véhicule est autorisé à parcourir :
- la détermination d'une vitesse instantanée du véhicule ferroviaire ;
- la comparaison (1090) de la vitesse instantanée avec la vitesse maximale autorisée à l'instant présent à partir de la nouvelle courbe de vitesse maximale autorisée en fonction du temps déterminée ; et
- le freinage du véhicule ferroviaire (10) en fonction du résultat de la comparaison de la vitesse maximale autorisée avec la vitesse instantanée en cas de dépassement de la vitesse maximale autorisée par la vitesse instantanée à l'instant présent.

7. Véhicule ferroviaire comprenant :

- au moins un dispositif (12, 14) pour déterminer la vitesse instantanée du véhicule ferroviaire,
- un dispositif de réception d'information (18) propre à recevoir un tronçon maximal (dA) que le véhicule est autorisé à parcourir,
- un contrôleur (12) propre à contrôler la vitesse du véhicule ferroviaire en utilisant l'information reçue par le dispositif de réception et un système de freinage (16) connecté au contrôleur,
caractérisé en ce que le contrôleur (12) est propre :
- à déterminer (1001) une courbe de vitesse maximale autorisée en fonction du temps (300) à partir du tronçon maximal (dA) que le véhicule est autorisé à parcourir reçu ; et,
lors de la circulation du véhicule sur le tronçon maximal que le véhicule est autorisé à parcourir,

- à déterminer (1010) une vitesse instantanée du véhicule ferroviaire,
- à comparer (1020) la vitesse instantanée avec la vitesse maximale autorisée à l'instant présent à partir de la courbe de vitesse maximale autorisée en fonction du temps déterminée ; et
- à commander le freinage du véhicule ferroviaire (10) en fonction du résultat de la comparaison de la vitesse maximale autorisée avec la vitesse instantanée en cas de dépassement de la vitesse maximale autorisée par la vitesse instantanée à l'instant présent.

8. Véhicule ferroviaire selon la revendication 7, **caractérisé en ce que** le dispositif de réception d'information (18) est propre à recevoir au moins une valeur de vitesse maximale autorisée sur la voie à une position prédéfinie et le contrôleur (12) comporte des moyens de prise en compte de la ou chaque valeur de vitesse maximale lors de la détermination de la courbe de vitesse maximale autorisée.

9. Véhicule ferroviaire selon l'une des revendications 7 à 8, **caractérisé en ce que** le dispositif de réception d'information (18) est propre à recevoir une information sur la position actuelle réelle du véhicule ferroviaire ; **en ce que**
le contrôleur (12) est propre à déterminer (1050) une nouvelle courbe de vitesse maximale autorisée en fonction du temps (300) à partir de la position actuelle réelle pour la partie restante du tronçon maximal (dA) que le véhicule est autorisé à parcourir et **en ce que** le contrôleur (12) est propre, lors de la circulation du véhicule sur la partie restante du tronçon maximal que le véhicule est autorisé à parcourir :

- à déterminer (1010) une vitesse instantanée du véhicule ferroviaire,
- à comparer (1020) la vitesse instantanée avec la vitesse maximale autorisée à l'instant présent à partir de la nouvelle courbe de vitesse maximale autorisée en fonction du temps déterminée ; et
- à commander le freinage du véhicule ferroviaire (10) en fonction du résultat de la comparaison de la vitesse maximale autorisée avec la vitesse instantanée en cas de dépassement de la vitesse maximale autorisée par la vitesse instantanée à l'instant présent.

10. Véhicule ferroviaire selon l'une des revendications 7 à 9, **caractérisé en ce que**
le véhicule est propre à déterminer (1060, 1065, 1070) une information sur un vitesse actuelle réelle du véhicule ferroviaire ; **en ce que**
le contrôleur (12) est propre à déterminer (1080) une nouvelle courbe de vitesse maximale autorisée en fonction du temps (300) à partir de la vitesse actuelle réelle pour la partie restante du tronçon maximal (dA) que le véhicule est autorisé à parcourir et **en ce que** le contrôleur (12) est propre, lors de la circulation du véhicule sur la partie restante du tronçon maximal que le véhicule est autorisé à parcourir :

- à déterminer une vitesse instantanée du véhicule ferroviaire,
- à comparer (1090) la vitesse instantanée avec la vitesse maximale autorisée à l'instant présent à partir de la nouvelle courbe de vitesse maximale autorisée en fonction du temps déterminée ; et
- à commander le freinage du véhicule ferroviaire (10) en fonction du résultat de la comparaison de la vitesse maximale autorisée avec la vitesse instantanée en cas de dépassement de la vitesse maximale autorisée par la vitesse instantanée à l'instant présent.

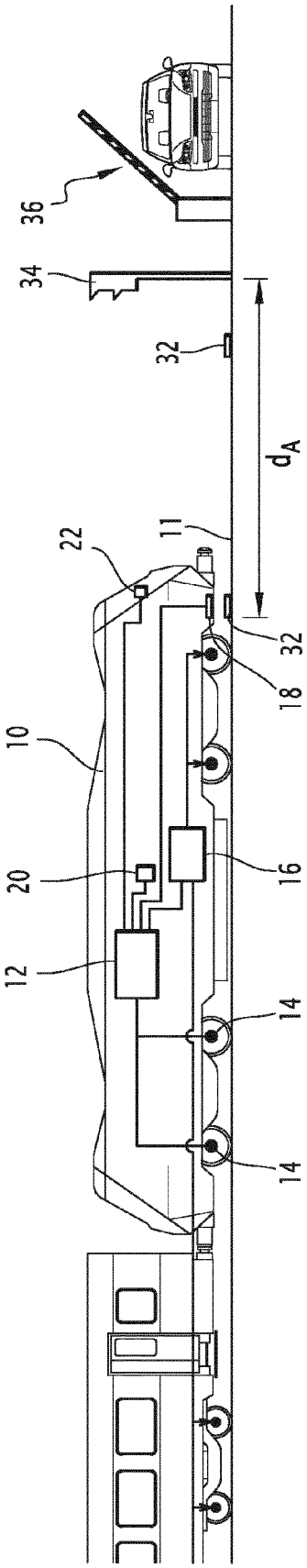


FIG.1

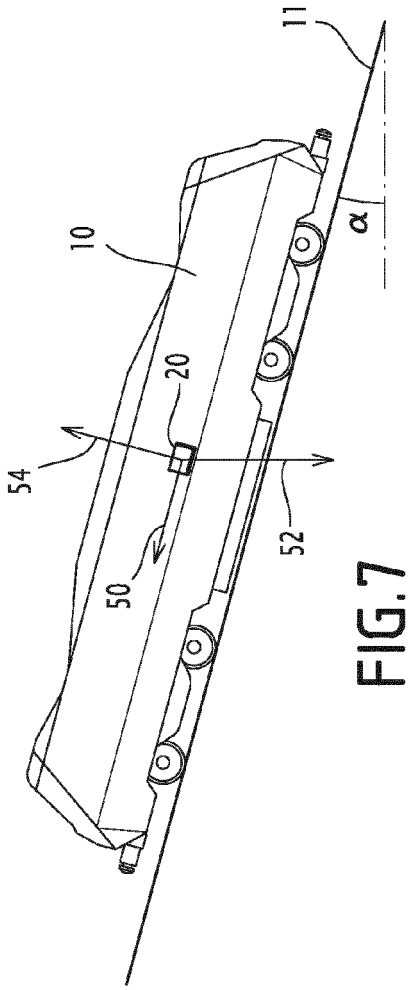


FIG.7

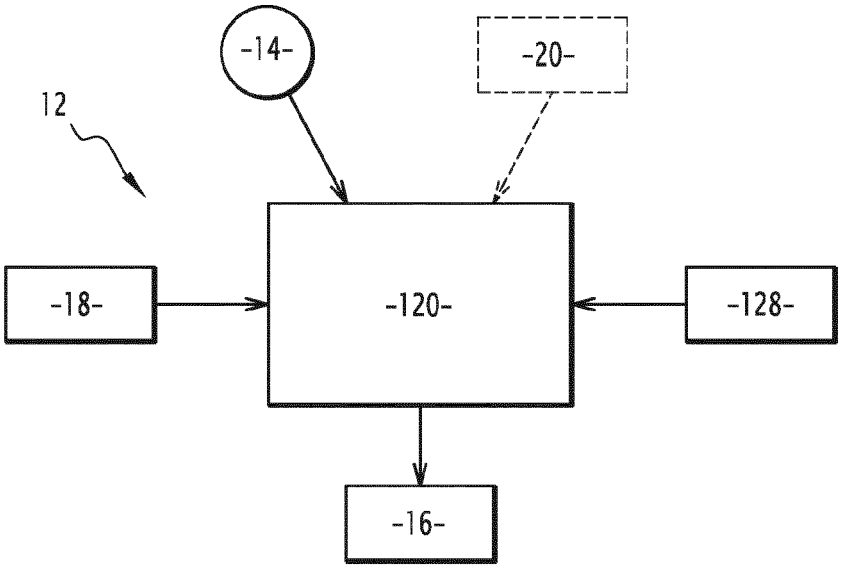


FIG.2

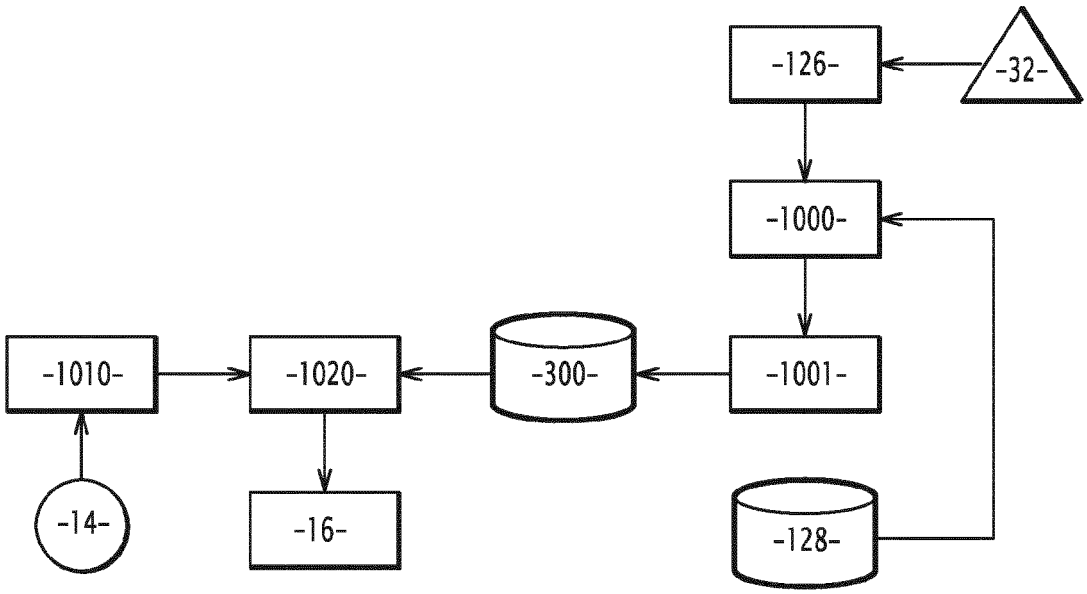


FIG.3

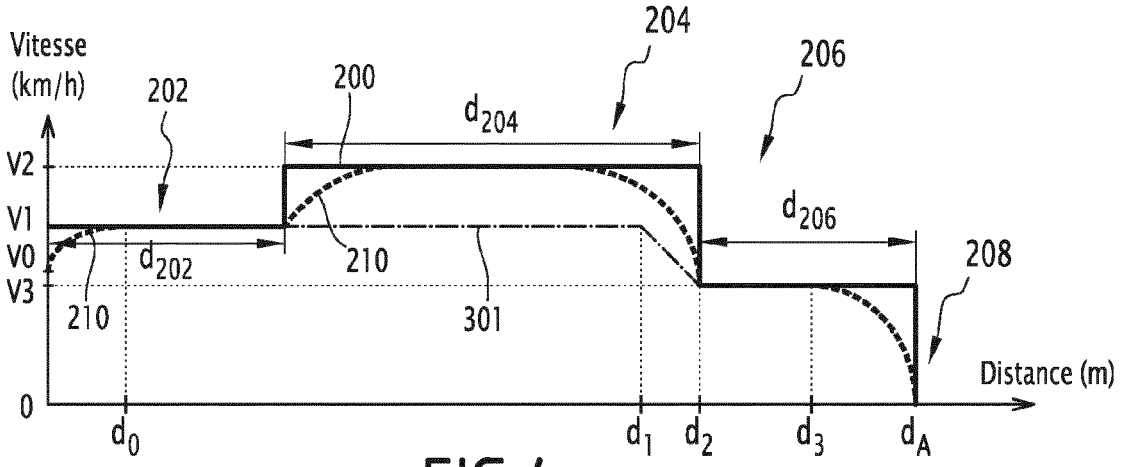


FIG.4

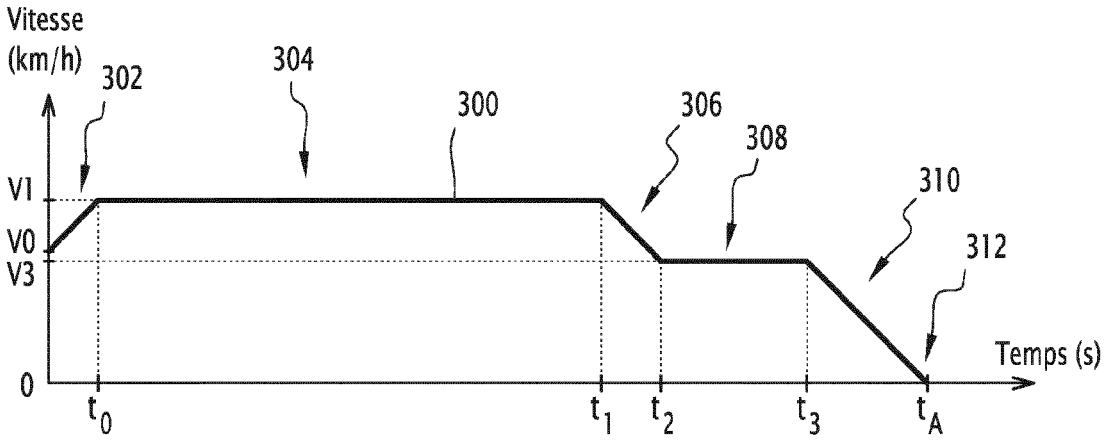


FIG.5

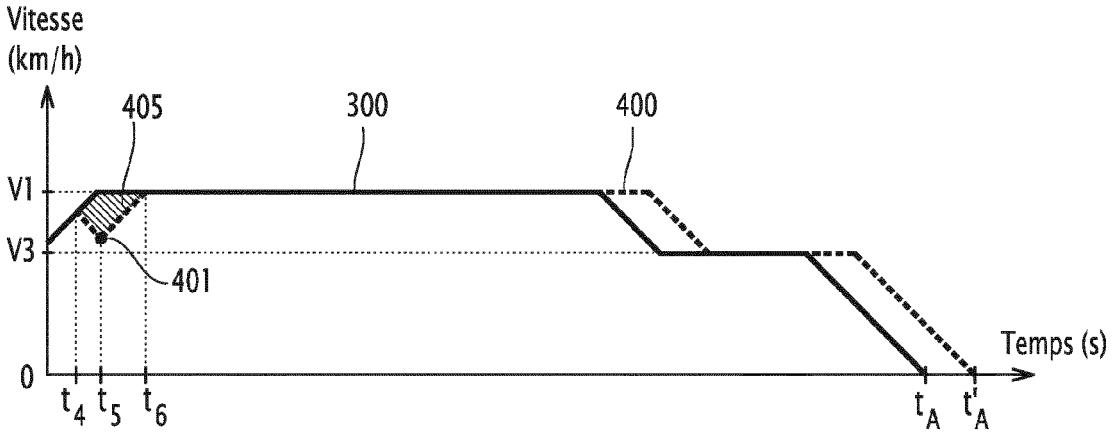


FIG.8

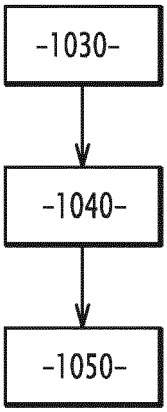


FIG.6

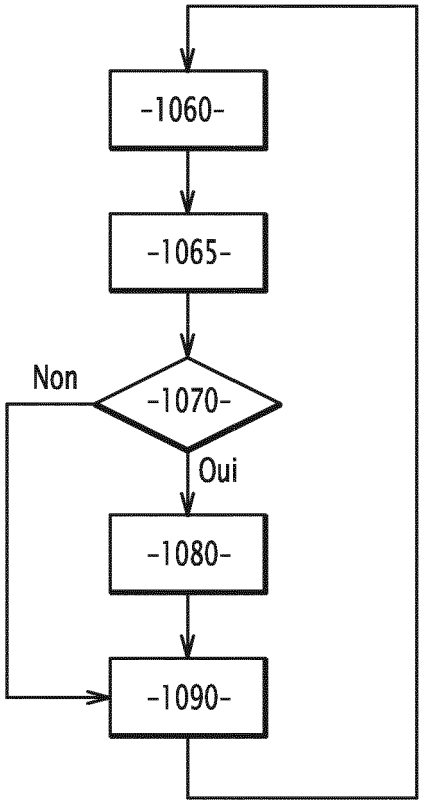


FIG.9

Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 13 16 6525

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	DOPPELBAUER J ET AL: "EINFUEHRUNG DES NEUEN ZUGSICHERUNGSSYSTEMS ERTMS/ETCS AUS DER SICHTEINES HERSTELLERS INTRODUCTION OF THE NEW TRAIN CONTROL SYSTEM ERTMS/ETCS FROM A MANUFACTURER'S POINT OF VIEW", ELEKTROTECHNIK UND INFORMATIONSTECHNIK, SPRINGER VERLAG, WIEN, AT, vol. 117, no. 3, 1 janvier 2000 (2000-01-01), pages 231-235, XP000966084, ISSN: 0932-383X * le document en entier * -----	1-10	INV. B61L3/00 ADD. B61L25/02 B61L3/12 B61L27/00

DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)

B61L

Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications

Lieu de la recherche	Date d'achèvement de la recherche	Examinateur
Munich	31 juillet 2013	Janhsen, Axel

CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES

X : particulièrement pertinent à lui seul
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie
A : arrière-plan technologique
O : divulgation non-écrite
P : document intercalaire

T : théorie ou principe à la base de l'invention
E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date
D : cité dans la demande
L : cité pour d'autres raisons

& : membre de la même famille, document correspondant

1 EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)