



(11) **EP 3 406 503 A1**

(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
28.11.2018 Bulletin 2018/48

(51) Int Cl.:
B61L 21/04 (2006.01) B61L 27/00 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **18174146.3**

(22) Date de dépôt: **24.05.2018**

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

(71) Demandeur: **ALSTOM Transport Technologies 93400 Saint-Ouen (FR)**

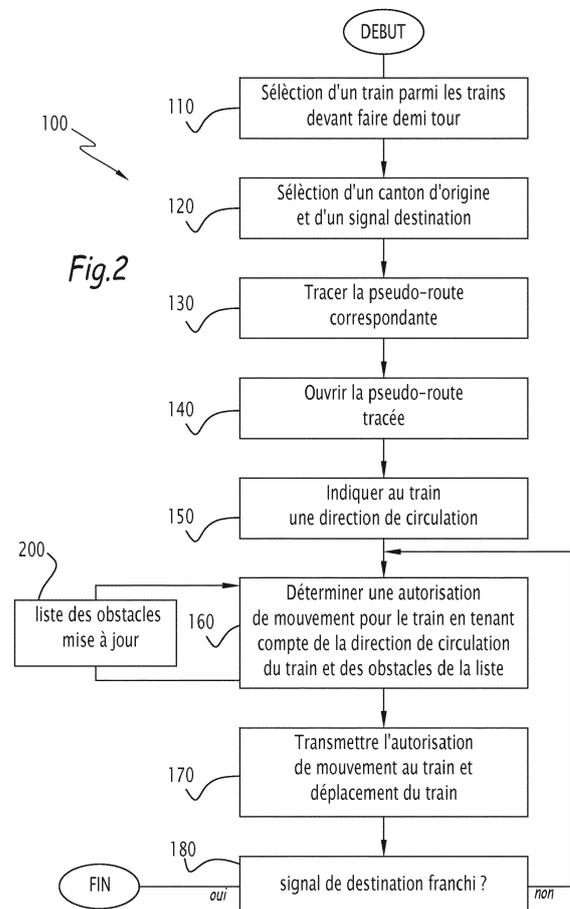
(72) Inventeurs:
• **BRESSON, Mathieu 75012 PARIS (FR)**
• **BALLESTEROS, Javier 75116 PARIS (FR)**

(30) Priorité: **24.05.2017 FR 1754618**

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

(54) **PROCÉDÉ OPTIMISÉ DE GESTION DE LA CIRCULATION D'UN TRAIN ET SYSTÈME DE SIGNALISATION CBTC ASSOCIÉ**

(57) Lorsqu'un événement empêche un train de se déplacer le long d'une route selon une direction nominale, ce procédé permet de le faire circuler selon une direction opposée en : sélectionnant (120) une zone d'origine et un signal de sortie ; traçant (130) une pseudo-route sur les zones successives entre la zone d'origine et le signal de sortie ; ouvrant (140) la pseudo-route en associant à chaque zone une sous-route, correspondant à la réservation de ladite zone pour ledit train ; informant (150) le train qu'il doit circuler selon la direction opposée ; déterminant (160) une autorisation de mouvement pour le train à partir des sous-routes qui lui sont ouvertes et d'une liste d'obstacles régulièrement mise à jour ; transmettant (180) l'autorisation de mouvement au train, les étapes de détermination (160) et de transmission (170) étant itérées jusqu'à ce que le train franchisse le signal de sortie.



EP 3 406 503 A1

Description

[0001] L'invention a pour domaine celui des procédés de gestion de la circulation d'un train le long d'une section d'une voie ferrée, mis en oeuvre par un système de signalisation du type « Communication Based Train Control » - CBTC, le système de signalisation étant propre, dans un mode nominal, à définir une route sur la section permettant la circulation du train selon une direction de circulation nominale, la route s'étendant sur une pluralité de zones successives entre un signal d'origine et un signal de destination.

[0002] Avec un système de signalisation du type CBTC, un train circule le long de routes qui sont tracées par un système de supervision (ATS) et ouvertes par un système d'enclenchement (CBI).

[0003] Une route correspond à une section de la voie ferrée, qui est parcourue selon une direction de circulation nominale prédéterminée.

[0004] Une section regroupe plusieurs zones successives entre un signal d'origine et un signal de destination.

[0005] La tendance étant de réduire le nombre de signaux de signalisation le long de la voie, la longueur des sections et par conséquent des routes augmente.

[0006] Pour le cas où les trains se succèdent à intervalle relativement faible, comme c'est le cas pour une ligne de métro, il est prévu que plusieurs trains peuvent circuler simultanément sur une même section.

[0007] Cependant, si un premier train tombe en panne sur une section, les trains qui se sont engagés sur cette même section et qui le suivent sont empêchés de poursuivre leur déplacement.

[0008] En effet, dans une architecture CBTC, lorsqu'un train s'engage sur une route qui lui a été ouverte par le système d'enclenchement, il doit aller jusqu'au signal de destination.

[0009] Ainsi, en cas d'écart à l'exploitation nominale de la ligne, un grand nombre de trains peuvent être affectés et doivent attendre que l'exploitation nominale soit reprise pour poursuivre leur déplacement selon la route sur laquelle ils se sont engagés.

[0010] L'invention a donc pour but de pallier au problème précité, notamment en proposant un mode dégradé de gestion du trafic par le système de signalisation CBTC, dans lequel un train peut être autorisé à changer de direction de circulation alors qu'il s'est engagé sur une route, pour le faire ressortir de la section de voie ferrée correspondante.

[0011] A cet effet, l'invention a pour objet un procédé de gestion de la circulation d'un train le long d'une section d'une voie ferrée, mis en oeuvre par un système de signalisation du type CBTC, le système de signalisation étant propre, dans un mode nominal, à définir une route sur la section permettant la circulation du train selon une direction de circulation nominale, la route s'étendant sur une pluralité de zones successives entre un signal d'origine et un signal de destination, caractérisé en ce qu'il consiste, en cas de survenue d'un événement empê-

chant le train de poursuivre son déplacement le long de ladite route, à faire circuler le train selon une direction de circulation opposée à la direction de circulation nominale :

- 5 - en sélectionnant une zone d'origine et un signal de sortie ;
- en traçant, par un système de supervision du système de signalisation, une pseudo-route pour le train sur les zones successives entre la zone d'origine et le signal de sortie ;
- 10 - en ouvrant, par un dispositif d'enclenchement du système de signalisation, la pseudo-route en associant à chaque zone entre la zone d'origine et le signal de sortie, une sous-route, chaque sous-route correspondant à la réservation de ladite zone pour ledit train dans la direction de circulation opposée ;
- 15 - en informant le train qu'il doit modifier sa direction de circulation courante pour qu'elle corresponde à la direction de circulation opposée ; et,
- 20 - en déterminant par un contrôleur de zones du système de signalisation, une autorisation de mouvement pour le train à partir de la direction de circulation courante du train et des sous-routes ouvertes pour ledit train et en tenant compte d'une liste d'obstacles régulièrement mise à jour par le contrôleur de zones ;
- 25 - en transmettant l'autorisation de mouvement au train pour piloter le déplacement dudit train,

les étapes de détermination et de transmission d'une autorisation de mouvement étant itérées jusqu'à ce que le train franchisse le signal de sortie.

[0012] Suivant des modes particuliers de réalisation, le procédé comporte une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prises isolément ou selon toutes les combinaisons techniquement possibles :

- 30 - la liste d'obstacles pour un train se déplaçant selon une direction de circulation courante, comporte l'ensemble des autorisations de mouvement déjà transmises aux autres trains circulant sur ladite section dans la direction opposée à la direction de circulation courante ;
- 35 - la liste d'obstacles, pour un train se déplaçant selon une direction de circulation courante, comporte, en outre, une enveloppe de sécurité calculée par le contrôleur de zones pour un autre train non-CBTC ou CBTC non-communicant circulant sur ladite section ;
- 40 - la liste d'obstacles, pour un train se déplaçant selon une direction de circulation courante, comporte, en outre, une enveloppe de sécurité calculée par le contrôleur de zones pour un autre train CBTC en conduite manuelle circulant sur ladite section dans la direction opposée à la direction de circulation courante, la direction de circulation dudit train CBTC en conduite manuelle étant déterminée à partir d'un
- 45 - la liste d'obstacles, pour un train se déplaçant selon une direction de circulation courante, comporte, en outre, une enveloppe de sécurité calculée par le contrôleur de zones pour un autre train CBTC en conduite manuelle circulant sur ladite section dans la direction opposée à la direction de circulation courante, la direction de circulation dudit train CBTC en conduite manuelle étant déterminée à partir d'un
- 50 - la liste d'obstacles, pour un train se déplaçant selon une direction de circulation courante, comporte, en outre, une enveloppe de sécurité calculée par le contrôleur de zones pour un autre train CBTC en conduite manuelle circulant sur ladite section dans la direction opposée à la direction de circulation courante, la direction de circulation dudit train CBTC en conduite manuelle étant déterminée à partir d'un
- 55 - la liste d'obstacles, pour un train se déplaçant selon une direction de circulation courante, comporte, en outre, une enveloppe de sécurité calculée par le contrôleur de zones pour un autre train CBTC en conduite manuelle circulant sur ladite section dans la direction opposée à la direction de circulation courante, la direction de circulation dudit train CBTC en conduite manuelle étant déterminée à partir d'un

identifiant de sa cabine active ;

- le système d'enclenchement verrouille une sous-route pour un train tant que : ledit train occupe la zone associée à ladite sous-route ; ou ledit train n'occupe pas la zone associée à ladite sous-route, mais une sous-route, qui est associée à une zone qui précède, selon la direction de circulation de ladite sous-route, la zone associée à ladite sous-route, est verrouillée ;
- le procédé comporte une étape initiale de sélection du train engagé sur la section de voie ferrée qui doit circuler selon une direction de circulation opposée à la direction de circulation nominale ;
- le procédé comporte une étape de configuration consistant à définir chaque zone de la section de voie ferrée susceptible d'être utilisée en tant que zone d'origine d'une pseudo-route.

[0013] L'invention a également pour objet un système de signalisation du type CBTC pour la mise en oeuvre d'un procédé de gestion de la circulation d'un train le long d'une section d'une voie ferrée conforme au procédé précédent, le système de signalisation comportant un système de supervision, un contrôleur de zones et un système d'enclenchement, caractérisé en ce que :

- le système de supervision est propre à tracer une pseudo-route entre une zone d'origine et un signal de destination pour ledit train ;
- le système d'enclenchement est propre à ouvrir une pseudo-route tracée par le système de supervision, en définissant, pour chaque zone de la pseudo-route, une sous-route réservant, pour ledit train, ladite zone dans une direction de circulation particulière ; et,
- le contrôleur de zones est propre à tenir à jour une liste d'obstacles et à déterminer une autorisation de mouvement pour le train en tenant compte de la liste d'obstacles.

[0014] Suivant des modes particuliers de réalisation, le système comporte une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prises isolément ou selon toutes les combinaisons techniquement possibles :

- la liste d'obstacles comporte des autorisations de mouvement transmises aux autres trains circulant sur la section ;
- la liste d'obstacles comporte, en outre, des enveloppes de sécurité calculées autour de chacun des trains non-CBTC ou CBTC non-communicants, circulant sur la section ;
- la liste d'obstacles comporte, en outre, des enveloppes de sécurité calculées autour de chacun des trains CBTC en conduite manuelle, circulant sur la section, chaque enveloppe de sécurité étant associée à un identifiant de la cabine active du train CBTC en conduite manuelle correspondant ;

- le système de supervision est configuré de manière à définir les zones de la section de la voie ferrée susceptibles de pouvoir être utilisées en tant que zone d'origine d'une pseudo-route.

[0015] L'invention sera mieux comprise à l'aide de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple illustratif et non limitatif, et faite en se référant aux dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 est une représentation schématique d'un système de signalisation CBTC propre à mettre en oeuvre le procédé de gestion de la circulation d'un train selon l'invention ;
- la figure 2 est une représentation schématique sous forme de blocs d'un mode de réalisation du procédé selon l'invention ; et,
- les figures 3 à 9 représentent différentes étapes de l'exploitation d'une ligne, équipée du système de signalisation CBTC de la figure 1, exploitation au cours de laquelle le procédé selon l'invention est mis en oeuvre.

[0016] La figure 1 représente un système de signalisation 10 fondé sur une architecture ATC (« Automatic Train Control ») du type « à gestion des trains basée sur la communication », aussi dénommée architecture CBTC, pour « Communication Based Train Control ». Une architecture CBTC repose sur la présence de calculateurs embarqués à bord des trains, aussi dénommés partie embarqué d'un système ATP (« Automatic Train Protection »).

[0017] Ainsi, dans le système de signalisation 10, le calculateur 6 du train T assure, d'une part, la couverture des besoins fonctionnels du train T, c'est-à-dire par exemple les stations à desservir, et, d'autre part, le contrôle de points de sécurité, c'est-à-dire par exemple vérifier que le train T n'a pas une vitesse excessive en un point kilométrique particulier de la ligne.

[0018] Ainsi, le calculateur 6 du train T détermine un certain nombre de paramètres de fonctionnement du train T et communique avec différents systèmes au sol pour permettre au train T de réaliser, en sécurité, la mission qui lui a été attribuée.

[0019] Le calculateur 6 est connecté à au moins une unité 7 de communication radio embarquée, propre à établir une liaison radio avec des stations de base 8 d'une infrastructure de communication sol, elle-même connectée à un réseau de communication 19 de l'architecture CBTC.

[0020] Au sol, le système de signalisation 10 comporte un système d'enclenchement 14, aussi dénommé CBI selon l'acronyme anglais pour « Computer Based Interlocking ». Le CBI 14 est propre à piloter les équipements à la voie, tels que des feux de signalisation, des actionneurs d'aiguillage, etc., ces équipements permettant le mouvement en sécurité des trains tout en évitant les mouvements conflictuels entre ceux-ci. Autrefois à

base de relais électromécaniques, le système d'enclenchement est aujourd'hui réalisé informatiquement par des calculateurs adaptés. Le CBI 14 est situé à distance des équipements de la voie et est relié à ceux-ci par un réseau de communication 13 adapté, de préférence du type ETHERNET. Le CBI 14 comporte sur la figure 1 une mémoire de stockage 15, notamment pour le stockage des informations relatives aux sous-routes.

[0021] Le système de signalisation 10 comporte un contrôleur de zones 16, aussi dénommé ZC (« Zone Controller »), qui constitue la partie sol d'un système ATP (« Automatic Train Protection »). Le ZC 16 est notamment en charge, d'une part, de suivre la présence des trains sur le réseau ferroviaire et, d'autre part, dans une architecture centralisée, de fournir des autorisations de mouvement aux trains. Ces autorisations de mouvement doivent garantir la sécurité des déplacements des trains, c'est-à-dire par exemple ne pas fournir à un train une autorisation de mouvement qui le conduirait à aller au-delà du train qui le précède. Le ZC 16 comporte sur la figure 1 une mémoire de stockage 17, notamment pour le stockage des informations relatives aux obstacles à prendre en compte dans la détermination des autorisations de mouvement.

[0022] Le système de signalisation 10 comporte un système de supervision automatique des trains 18, aussi dénommé système ATS (« Automatic Train Supervision »). Le système ATS 18 est mis en oeuvre dans un central opérationnel et comporte des interfaces homme / machine permettant à des opérateurs d'intervenir sur les différentes composantes du système de signalisation 10.

[0023] Le réseau ferroviaire 2 est subdivisé en sections, chaque section s'étendant entre deux signaux de signalisation et étant subdivisée en une pluralité de zones. Sur la figure 1, trois zones successives, 24, 25 et 26 sont représentées. Une section est parcourue par un train selon une direction de circulation nominale D1 prédéterminée.

[0024] L'occupation d'une zone est une donnée fondamentale de la sécurité ferroviaire. La détermination de cette information, connue de l'homme du métier, va maintenant être présentée de manière générale.

[0025] Le ZC 16 reçoit des informations d'une part d'un système primaire de détection et, d'autre part, d'un système secondaire de détection et réconcilie ces informations pour déterminer les zones occupées et libres du réseau.

[0026] Le système primaire de détection détermine la zone occupée par un train à partir de la position instantanée du train calculée par le calculateur embarqué de celui-ci. Par exemple, cette position est déterminée par le calculateur embarqué à partir de la détection de balises implantées le long de la voie et dont les positions géographiques sont connues, et à partir des mesures délivrées par des capteurs d'odométrie équipant le train et permettant au calculateur 6 de déterminer la distance parcourue depuis la dernière balise croisée.

[0027] À partir de la position instantanée, le ZC 16 détermine, au moyen d'un plan géographique du réseau identifiant chaque zone de manière unique, la zone à l'intérieur de laquelle se trouve le train. La zone est alors placée dans l'état « occupé ». De cette manière, une première information d'occupation de chaque zone est déterminée par le ZC 16 et stockée dans la mémoire 17.

[0028] Le système secondaire de détection est propre à redonder le système primaire de détection, au cas où, par exemple, l'unité 7 de communication d'un train T ne fonctionnerait plus et que le ZC 16 ne puisse plus obtenir la position instantanée du train. Alors qu'un système « purement CBTC » peut fonctionner uniquement avec la détection primaire, un système secondaire de détection est nécessaire pour, d'une part, couvrir les modes de pannes de la communication bord sol pour un train CBTC et, d'autre part, permettre la circulation sur le réseau de trains non CBTC, c'est-à-dire qui ne sont pas équipés de calculateur de bord compatible avec l'architecture CBTC.

[0029] Par des capteurs à la voie, le système secondaire de détection est apte à détecter la présence d'un train dans une zone. Comme représenté à la figure 1, ces capteurs peuvent être des capteurs d'essieux 11 (« Axle Counter ») situés à chaque extrémité d'une zone, telle que la zone 25. Ainsi, lorsque le train T entre dans la zone 25, le capteur 11 amont (selon la direction de circulation nominale D1) permet l'incrémentation d'une unité d'un compteur d'état associé à la zone 25, à chaque détection du passage d'un essieu 4 du train T. Lorsque le train T sort de la zone 25, le capteur 11 aval permet de décrémenter d'une unité le même compteur d'état, à chaque détection du passage d'un essieu 4 du train T. Ainsi, la zone 25 est dans l'état « libre » lorsque le compteur d'état associé est égal à zéro. À défaut, la zone 25 est dans l'état « occupé ».

[0030] Dans un autre mode de réalisation, ces capteurs sont des circuits de voie (« Track Circuit ») permettant de détecter la présence d'un court-circuit entre les files de rails causé par la présence de l'essieu d'un train.

[0031] Dans ces deux modes de réalisation, le système secondaire de détection comporte, outre une pluralité de capteurs 11, une pluralité d'équipements intermédiaires 12 permettant de générer, à partir des signaux analogiques de mesure en sortie des capteurs 11, l'information d'occupation. Celle-ci est transmise via le réseau 13 au CBI 14 puis au ZC 16.

[0032] Le procédé 100 selon l'invention va maintenant être décrit à partir de la figure 2, d'une part, et des figures 3 à 9, d'autre part.

[0033] Les figures 3 à 9 illustrent différents instants du trafic sur la voie ferrée 2.

[0034] La voie ferrée 2 est subdivisée en sections. Trois sections A, B et C sont représentées sur les figures 3 à 9.

[0035] La section B comporte neuf zones successives (référéncées de 20 à 28) entre les signaux de signalisa-

tion S1 et S3.

[0036] La zone 20, qui intègre une aiguille, possède une frontière commune avec la section A. Lorsque l'aiguille est correctement positionnée, un train peut entrer sur la section B depuis la section A.

[0037] La zone 20 est encadrée par les signaux S1 et S2.

[0038] Les sections 21 à 28 sont des sections linéaires qui se succèdent et définissent une voie de circulation des trains selon une direction de circulation nominale D1 (de gauche à droite sur les figures 3 à 9).

[0039] Les zones 21, 24, 26 et 28 sont plus particulièrement associées à des stations 31, 32, 33 et 34 permettant l'échange de passagers.

[0040] La zone 28 permet à un train de quitter la section B en s'engageant sur la section C.

[0041] Le section C comporte une zone 29, qui intègre une aiguille et est encadrée de deux signaux S3 et S4.

[0042] Dans le mode nominale d'exploitation est associée à la section B une route R, délimitée par le signal S1 en tant que signal d'origine et le signal S3 en tant que signal de destination.

[0043] Comme cela est illustré par la figure 3, pour la réalisation de la mission du train T2 et alors que le train T2 s'approche de la frontière entre les sections A et B, l'ATS 18 trace, pour le train T2, la route R.

[0044] L'ATS 18 communique cette route R au CBI 14.

[0045] Le CBI 14 ouvre cette route R en réservant, pour le train T2, chacune des zones 20 à 28 dans la direction de circulation nominale D1. Ainsi, pour le train T2, le CBI 14 verrouille des objets dénommés sous-routes : une sous-route associe un zone réservée pour le train T2 et une direction de circulation du train T2 sur cette zone. Les sous-routes sont mémorisées dans la mémoire 15 associé au CBI 14.

[0046] Le ZC 16 détermine ensuite, à partir des sous-routes verrouillées pour le train T2 et de la direction de circulation courante du train T2 correspondant à la direction de circulation nominale D1, une autorisation de mouvement. Cette autorisation de mouvement est déterminée en fonction des zones de la route R ouverte pour le train T2 qui sont occupées par d'autres trains. En l'occurrence, sur la figure 3, la zone 27 est occupée par un train T1. Le train T1 se déplace selon la direction de circulation nominale D1. Il précède le train T2 sur la section B. En conséquence, l'autorisation de mouvement délivrée au train T2 par le ZC 16 s'étend au plus loin jusqu'à la frontière entre les zones 26 et 27.

[0047] Comme représenté à la figure 4, et selon l'autorisation de mouvement qu'il a reçu du ZC 16, le train T2 s'engage sur la route R. Il rentre sur la section B en franchissant le signal d'origine S1. Il progresse ensuite le long de la route R.

[0048] A chaque fois que le train T2 franchit la frontière entre deux zones de la route R, le CBI 14 libère la sous-route associée à la zone que vient de quitter le train T2. Ainsi, sur la figure 4, lorsque le train T2 se trouve dans la zone 24, les zones 20 à 23 précédemment verrouillées

sont maintenant libérées. Elles sont effacées de la mémoire 15 du CBI 14.

[0049] Le maintien dans l'état verrouillé d'une sous-route par le CBI 14 réunit les deux conditions suivantes :

- le train pour lequel la route a été ouverte occupe la zone associée à la sous-route considérée ; ou
- le train pour lequel la route a été ouverte ne se trouve pas sur la zone associée à la sous-route considérée, mais la sous-route associée à la zone qui précède, selon la direction de circulation nominale, la zone associée à la sous-route considérée est dans l'état verrouillé.

[0050] A contrario si l'une ou l'autre de ces deux conditions n'est pas réalisée, le CBI 14 libère la sous-route considérée.

[0051] En mode nominal, le train T1 devrait poursuivre son déplacement selon la direction de circulation nominale D1 et finir par quitter la section B en franchissant le signal S3. A chaque mouvement du train T1, le ZC 16 détermine les zones de la route R qui ne sont plus occupées par le train T1 et met à jour l'autorisation de mouvement du train T2. En mode nominal, le train T2 devrait donc poursuivre son déplacement le long de la route R pour sortir de la section B en franchissant le signal S3.

[0052] Cependant, en cas de survenue d'un événement empêchant le train T1 de poursuivre son déplacement, le train T2 est également empêché de poursuivre son déplacement. En mode nominal, le train T2 est bloqué.

[0053] Un tel événement peut être par exemple une panne du train T1 ou une personne sur la voie au niveau de la zone 28 nécessitant la coupure de l'alimentation électrique dans cette zone de sorte que le train T1 ne puisse plus poursuivre son déplacement.

[0054] Le procédé 100 selon l'invention est alors mis en oeuvre de la façon suivante.

[0055] Lors de la survenue de l'évènement empêchant la poursuite de l'exploitation nominale, un opérateur décide de basculer le système de signalisation 10 dans un mode dégradé de l'exploitation de la ligne dans lequel les trains vont être autorisés à rebrousser chemin et leurs manoeuvres supervisée en sécurité.

[0056] A l'étape 110, depuis le centre de contrôle de l'ATS 18, l'opérateur prend la main et sélectionne un train engagé sur la section de voie considérée pour lui faire changer de direction de circulation pour qu'il ressorte de la section considérée. Ainsi, comme illustré à la figure 5, l'opérateur sélectionne le train T2 pour qu'il se déplace selon une direction de circulation opposée D2, qui est la direction opposée à la direction de circulation nominale D1, pour qu'il ressorte de la section B sur laquelle il s'est engagé.

[0057] A l'étape 120, après avoir sélectionné un train parmi les trains devant faire demi-tour, l'opérateur sélectionne également la zone à partir de laquelle le train sélectionné va être autorisé à se déplacer selon la direction

de circulation opposée D2 et le signal de destination que le train sélectionné doit franchir pour ressortir de la section sur laquelle il s'est engagé.

[0058] Avantagement, les zones à partir desquels initier un changement de direction de circulation des trains sont prédéterminées. Il s'agit par exemple des zones appartenant à des sections de voies étendues sur lesquelles plusieurs trains peuvent être engagés au même instant. En général, sur une section, ces zones correspondent à des zones d'attente où un train est amené lors de la survenue d'un événement avant que soit prise la décision de passer dans le mode dégradé. Il s'agit essentiellement des zones correspondant à des stations, tels que la zone 24.

[0059] Ainsi, comme représenté par des flèches sur la figure 5, l'opérateur sélectionne la zone 24 comme zone d'origine de la manoeuvre et le signal S2 comme signal de destination ou de sortie.

[0060] Ces informations sont utilisées par l'ATC 18 qui, à l'étape 130, trace, c'est-à-dire définit, une pseudo-route entre la zone d'origine et le signal de destination sélectionnés à l'étape 120 pour le train sélectionné à l'étape 110. Il s'agit là d'une pseudo-route puisqu'une route est normalement définie entre deux signaux de signalisation, un signal d'origine et un signal de destination. C'est bien la possibilité de choisir comme origine d'une route une zone plutôt qu'un signal qui permet la gestion automatique de la manoeuvre par le système de signalisation.

[0061] Cette pseudo-route une fois tracée est indiquée au CBI 14, qui l'ouvre à l'étape 140. Pour ce faire, le CBI 14 réserve, pour le train sélectionné, les différentes zones de la pseudo-route entre la zone d'origine (incluse) et le signal de destination, en associant à chacune de ces zones une direction de circulation correspondant à la direction de circulation opposée. Comme cela est représenté sur la figure 6 par les flèches orientées de droite à gauche, la pseudo-route PR est ouverte par le CBI 14 pour le train T2 en verrouillant les zones 21 à 24 selon la direction de circulation opposée D2.

[0062] Le CBI 14 mémorise et tient à jour les sous-routes correspondantes dans la mémoire 15.

[0063] On notera que, sur la figure 6, le train T2 se trouvant sur la zone 24, les sous-routes associées aux sections 24 à 28 de la route R initialement suivie par le train T2 restent verrouillées, les conditions de maintien étant respectées.

[0064] Parallèlement, à l'étape 150, l'ATS 18, après avoir tracé la pseudo-route, informe le calculateur embarqué du train sélectionné qu'il lui faut changer la direction de circulation courante du train pour qu'elle corresponde à la direction de circulation opposée. Soit le train est un train totalement automatique et le calculateur embarqué gère de lui-même ce changement de direction de circulation ; ou bien le train est piloté et le conducteur est invité à changer de cabine de manière à ce que la cabine active, qui était la cabine de tête lorsque le train se déplaçait selon la direction de circulation nominale D1, soit maintenant la cabine de tête lorsque le train se déplace

selon la direction de circulation opposée D2. Ce changement de cabine active est réalisé de manière sécurisée par l'emploi d'une clé adaptée que le conducteur doit utiliser pour indiquer la cabine active.

[0065] Une fois le changement de cabine active validé par le calculateur de bord, celui-ci transmet l'information de direction de circulation courante du train au ZC 16.

[0066] Dans notre exemple, le train T2 informe donc le ZC 16 que sa direction de circulation courante est maintenant la direction D2.

[0067] Dans l'étape 160 suivante, le ZC 16, connaissant la direction de circulation courante du train et recevant du CBI 14 les sous-routes verrouillées pour ce train, calcule une autorisation de mouvement pour ce train.

Ainsi, dans notre exemple, le ZC 16 sachant que le train T2 va maintenant circuler selon la direction D2, va périodiquement calculer une autorisation de mouvement à partir des sous-routes qui lui ont été réservées et qui correspondent à la direction de circulation opposée D2.

[0068] De proche en proche, les autorisations de mouvement calculées par le ZC 16 doivent permettre au train T2 d'avancer le long de la pseudo-route PR, jusqu'à franchir le signal de destination S2 et ressortir de la section B.

[0069] Cependant, il se peut qu'avant de débiter la manoeuvre de changement de direction de circulation du train ou après que cette manoeuvre a été initiée, un autre train, T3 sur les figures 5 à 9, se soit engagé sur la section B, c'est-à-dire occupe une zone de la section B et se déplace selon la direction de circulation nominale D1. Il y a donc un risque que le train T2 qui se déplace maintenant selon la direction D2 se retrouve face à face avec le train T3 qui se déplace selon la direction D1.

[0070] Selon le procédé 100, pour garantir la sécurité et éviter ces événements de face à face, le ZC 16 tient compte, lorsqu'il calcule une autorisation de mouvement pour le train considéré, d'une liste d'obstacles. Cette liste d'obstacles est maintenue à jour (étape 200) par le ZC 16.

[0071] Pour le train T2 se déplaçant selon la direction D2, les obstacles sont définis à partir de l'ensemble des autorisations de mouvement déjà calculées et transmises pour exécution aux autres trains circulant sur la section B et se déplaçant selon la direction D1.

[0072] Ainsi, comme illustré à la figure 7, si une autorisation de mouvement a déjà été transmise au train T3, cette autorisation de mouvement autorisant le train T3 à aller jusqu'à l'extrémité de la section 22, référencée par le point P, alors le point P est considéré comme un obstacle pour le train T2.

[0073] Le ZC 16 détermine alors l'autorisation de mouvement pour le train T2 en tenant compte de la contrainte qu'il ne faut pas que le train T2, circulant selon la direction D2, soit autorisé à aller au-delà du point P. Ainsi l'autorisation de mouvement transmise au train T2 ne pourra pas s'étendre au-delà de la zone 23.

[0074] Cette manière de faire permet donc de garantir la sécurité du train circulant en sens contraire vis-à-vis des risques de face à face avec un train contrôlé au moyen d'autorisations de mouvement, c'est-à-dire d'un

train CBTC ou compatibles avec l'architecture CBTC.

[0075] Cependant, si l'on souhaite que la circulation sur la voie 2 soit ouverte à des trains non CBTC, il faut également que le ZC 16 évite tout face à face entre un train circulant en sens contraire et un train non-CBTC.

[0076] Pour cela, le ZC 16 détermine la zone sur laquelle se situe à l'instant courant le train non-CBTC et calcule, autour de cette position instantanée, une enveloppe de sécurité E. C'est ce cas qui est représenté sur la figure 8 par le trait épais pour le train T3, considéré sur cette figure comme un train non CBTC. L'enveloppe de sécurité E déterminée par le ZC 16 pour le train T3 recouvre, à titre d'exemple, les zones 21 et 22.

[0077] Cette enveloppe de sécurité E constitue un obstacle dans la liste à prendre en compte pour la détermination d'une autorisation de mouvement pour le train T2 car elle limite le mouvement dans la direction D2 (mais pas la direction D1). Ainsi sur la figure 8, si l'enveloppe de sécurité E du train T3 s'étend jusqu'au point P, l'autorisation de mouvement qui va être calculée par le ZC 16 pour le train T2 ne pourra pas s'étendre au-delà du point P (selon la direction D2). On évite ainsi tout risque de face à face entre le train T2, qui est un train CBTC, et le train T3 non CBTC.

[0078] Une fois qu'une autorisation de mouvement a été calculée pour le train T2, elle est transmise au calculateur de bord du train T2.

[0079] Le calculateur de bord du train T2 pilote le train T2 conformément à cette autorisation de mouvement. Par exemple, comme cela est représenté à la figure 9, si l'autorisation de mouvement donnée au train T2 permet de s'avancer jusqu'au point P, le train T2 quitte la zone 24 et s'avance sur la zone 23.

[0080] On notera qu'en quittant la zone 24, les conditions de verrouillage des sous-routes de la route R, selon la direction D1, ne sont plus respectées : en ce qui concerne la sous-route associée à la zone 24 dans la direction D1, le train T2 ne se trouve plus sur cette zone et la sous-route dans la direction D1 qui précède (selon la direction D1) celle de la zone 24, à savoir la sous-route associée à la zone 23, n'est pas verrouillée. En conséquence, le CBI 14 libère la sous-route 24 pour la route R.

[0081] De proche en proche toutes les sous-routes de la route R sont donc libérées, les conditions de verrouillage n'étant plus respectées jusqu'à la zone 27, qui elle est verrouillée par le train T1.

[0082] En quittant la zone 24, les conditions de verrouillage de la sous-route de la pseudo-route PR associée à la zone 24 dans la direction D2, ne sont plus vérifiées et cette sous-route est donc libérée.

[0083] En revanche, le train T2 occupant maintenant la zone 23, la sous-route de la pseudo-route PR associée à la zone 23 dans la direction D2 est maintenue verrouillée. Il en va de même des sous-routes de la pseudo-route associées aux zones 22 et 21 dans la direction D2, puisque la sous-route de la zone 23, qui précède la zone 22 selon la direction D2 est verrouillée.

[0084] A l'étape 170, l'autorisation de mouvement cal-

culée par le ZC 16 est transmise au train pour exécution. L'autorisation de mouvement est représentée par une flèche en pointillés sur les figures 7 et 8.

[0085] Tant que le train n'a pas franchi le signal de destination de la pseudo-route (étape 180), le procédé 100 réitère l'étape 160 pour mettre à jour l'autorisation de mouvement du train.

[0086] Ainsi, par exemple, le train T3 peut être manoeuvré de manière à rebrousser chemin. A chaque déplacement du train T3, la liste des obstacles est mise à jour (étape 200) par le ZC 16, ce qui lui permet de mettre à jour une autorisation de mouvement pour le train T2.

[0087] De proche en proche le train T2 se déplace le long de la pseudo-route et finit par franchir le signal S2. Il quitte alors la section B. Ceci met un terme à la manoeuvre et au procédé 200.

[0088] Un autre cas, est constitué par un train T3 qui serait un train du type CBTC mais en conduite manuelle, les mécanismes sécuritaires du système ATP étant alors shuntés. Cependant le train T3 communique au sol l'identifiant de sa cabine active.

[0089] L'enveloppe de sécurité E autour du train T3 reste active empêchant un mouvement selon la direction D2 du train T2 sur les zones correspondantes uniquement si la cabine active du train T3 est celle de droite sur les figures, cette cabine active indiquant que le train T3 se déplace selon la direction D1.

[0090] À partir du moment où la cabine active du train T3 change pour celle de gauche sur les figures, indiquant que le train T3 circule maintenant selon la direction D2, l'enveloppe de sécurité E qui empêchait le train T2 de circuler selon la direction D2 disparaît.

[0091] Si le train T3 du type CBTC est non-communicant (en particulier qu'il ne peut plus indiquer sa cabine active), il n'y a pas de moyen de connaître la direction de circulation du train T3. On se retrouve dans le cas de la prise en compte systématique de l'enveloppe de sécurité E comme pour un train non-CBTC. C'est donc seulement lorsque le train T3 libérera une zone, que l'enveloppe de sécurité disparaîtra permettant au second train T2 de s'avancer sur cette zone par un déplacement selon la direction D2.

[0092] L'invention permet donc une exploitation de la ligne en mode dégradé autorisant la circulation des trains sur une portion de la voie en sens inverse de la direction de circulation nominale. L'invention permet de contrôler ces déplacements en sécurité.

[0093] Pour cela l'invention définit de nouveaux objets :

- une pseudo-route définie entre un canton d'origine et un signal de destination, qui permet à l'enclenchement de définir une route alternative pour un train déjà engagé sur une route ;
- une sous-route combinant la réservation d'une zone d'une section et d'une direction de circulation sur cette zone.

[0094] L'invention est particulièrement bien adaptée à un métro automatique sans pilote.

[0095] La possibilité d'un changement de direction de circulation d'un train dans une architecture CBTC est une caractéristique permettant une bonne flexibilité de la gestion du trafic et une gestion optimale du trafic lors de la survenue d'événements opérationnels bloquants en mode nominal d'exploitation de la ligne.

Revendications

1. Procédé (100) de gestion de la circulation d'un train (T2) le long d'une section (B) d'une voie ferrée (2), mis en oeuvre par un système de signalisation (10) du type CBTC, le système de signalisation étant propre, dans un mode nominal, à définir une route (R) sur la section permettant la circulation du train selon une direction de circulation nominale (D1), la route s'étendant sur une pluralité de zones successives (20 - 28) entre un signal d'origine (S1) et un signal de destination (S3), **caractérisé en ce qu'il** consiste, en cas de survenue d'un événement empêchant le train (T2) de poursuivre son déplacement le long de ladite route, à faire circuler le train selon une direction de circulation opposée (D2) à la direction de circulation nominale (D1) :

- en sélectionnant (120) une zone d'origine (24) et un signal de sortie (S2) ;

- en traçant (130), par un système de supervision (18) du système de signalisation (10), une pseudo-route (PR) pour le train (T2) sur les zones successives entre la zone d'origine et le signal de sortie ;

- en ouvrant (140), par un système d'enclenchement (14) du système de signalisation (10), la pseudo-route (PR) en associant à chaque zone entre la zone d'origine et le signal de sortie, une sous-route, chaque sous-route correspondant à la réservation de ladite zone pour ledit train (T2) dans la direction de circulation opposée (D2) ;

- en informant (150) le train (T2) qu'il doit modifier sa direction de circulation courante pour qu'elle corresponde à la direction de circulation opposée (D2) ; et,

- en déterminant (160), par un contrôleur de zones (16) du système de signalisation (10), une autorisation de mouvement pour le train (T2) à partir de la direction de circulation courante du train et des sous-routes ouvertes pour ledit train et en tenant compte d'une liste d'obstacles régulièrement mise à jour par le contrôleur de zones (16) ;

- en transmettant (180) l'autorisation de mouvement au train (T2) pour piloter le déplacement dudit train (T2),

les étapes de détermination (160) et de transmission (170) d'une autorisation de mouvement étant itérées jusqu'à ce que le train franchisse le signal de sortie (S2).

2. Procédé (100) selon la revendication 1, dans lequel la liste d'obstacles pour un train (T2) se déplaçant selon une direction de circulation courante, comporte l'ensemble des autorisations de mouvement déjà transmises aux autres trains circulant sur ladite section dans la direction opposée à la direction de circulation courante.

3. Procédé (100) selon la revendication 2, dans lequel la liste d'obstacles, pour un train (T2) se déplaçant selon une direction de circulation courante, comporte, en outre, une enveloppe de sécurité calculée par le contrôleur de zones (16) pour un autre train non-CBTC ou CBTC non-communicant circulant sur ladite section.

4. Procédé (100) selon la revendication 2 ou la revendication 3, dans lequel la liste d'obstacles, pour un train (T2) se déplaçant selon une direction de circulation courante, comporte, en outre, une enveloppe de sécurité calculée par le contrôleur de zones (16) pour un autre train CBTC en conduite manuelle circulant sur ladite section dans la direction opposée à la direction de circulation courante, la direction de circulation dudit train CBTC en conduite manuelle étant déterminée à partir d'un identifiant d'une cabine de conduite active du train.

5. Procédé (100) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel lors de l'ouverture par le système d'enclenchement de la pseudo-route, le système d'enclenchement verrouille les sous-routes associées à chaque zone entre la zone d'origine et le signal de sortie.

6. Procédé (100) selon la revendication 5, dans lequel le système d'enclenchement (14) maintient verrouillée une sous-route pour un train (T2) tant que :

- ledit train occupe la zone associée à ladite sous-route ; ou

- ledit train n'occupe pas la zone associée à ladite sous-route, mais une sous-route, qui est associée à une zone qui précède, selon la direction de circulation de ladite pseudo-route, la zone associée à ladite sous-route, est verrouillée.

7. Procédé (100) selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, comportant une étape initiale de sélection (110) du train engagé sur la section (B) de voie ferrée (2) qui doit circuler selon une direction de circulation opposée (D2) à la direction de circulation nominale (D1).

8. Procédé (100) selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, comportant une étape de configuration consistant à définir chaque zone de la section (B) de voie ferrée (2) susceptible d'être utilisée en tant que zone d'origine d'une pseudo-route. 5
9. Système de signalisation (10) du type CBTC pour la mise en oeuvre d'un procédé de gestion de la circulation d'un train (T2) le long d'une section (B) d'une voie ferrée (2) selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, le système de signalisation comportant un système de supervision (18), un contrôleur de zones (16) et un système d'enclenchement (14), **caractérisé en ce que** : 10
15
- le système de supervision (18) est propre à tracer une pseudo-route entre une zone d'origine et un signal de destination pour ledit train ;
 - le système d'enclenchement (14) est propre à ouvrir une pseudo-route tracée par le système de supervision (18), en définissant, pour chaque zone de la pseudo-route, une sous-route réservant, pour ledit train, ladite zone dans une direction de circulation particulière ; et, 20
 - le contrôleur de zones (16) est propre à tenir à jour une liste d'obstacles et à déterminer une autorisation de mouvement pour le train (T2) en tenant compte de la liste d'obstacles. 25
10. Système de signalisation (10) selon la revendication 9, dans lequel la liste d'obstacles comporte des autorisations de mouvement transmises aux autres trains circulant sur la section (B). 30
11. Système de signalisation (10) selon la revendication 9 ou la revendication 10, dans lequel la liste d'obstacles comporte, en outre, des enveloppes de sécurité calculées autour de chacun des trains non-CBTC ou CBTC non-communicants, circulant sur la section (B). 35
40
12. Système de signalisation (10) selon la revendication 10 ou la revendication 11, dans lequel la liste d'obstacles comporte, en outre, des enveloppes de sécurité calculées autour de chacun des trains CBTC en conduite manuelle, circulant sur la section (B), chaque enveloppe de sécurité étant associée à un identifiant de la cabine active du train CBTC en conduite manuelle correspondant. 45
50
13. Système de signalisation (10) selon l'une quelconque des revendications 9 à 12, dans lequel le système de supervision est configuré de manière à définir les zones de la section (B) de la voie ferrée (2) susceptibles de pouvoir être utilisées en tant que zone d'origine d'une pseudo-route. 55

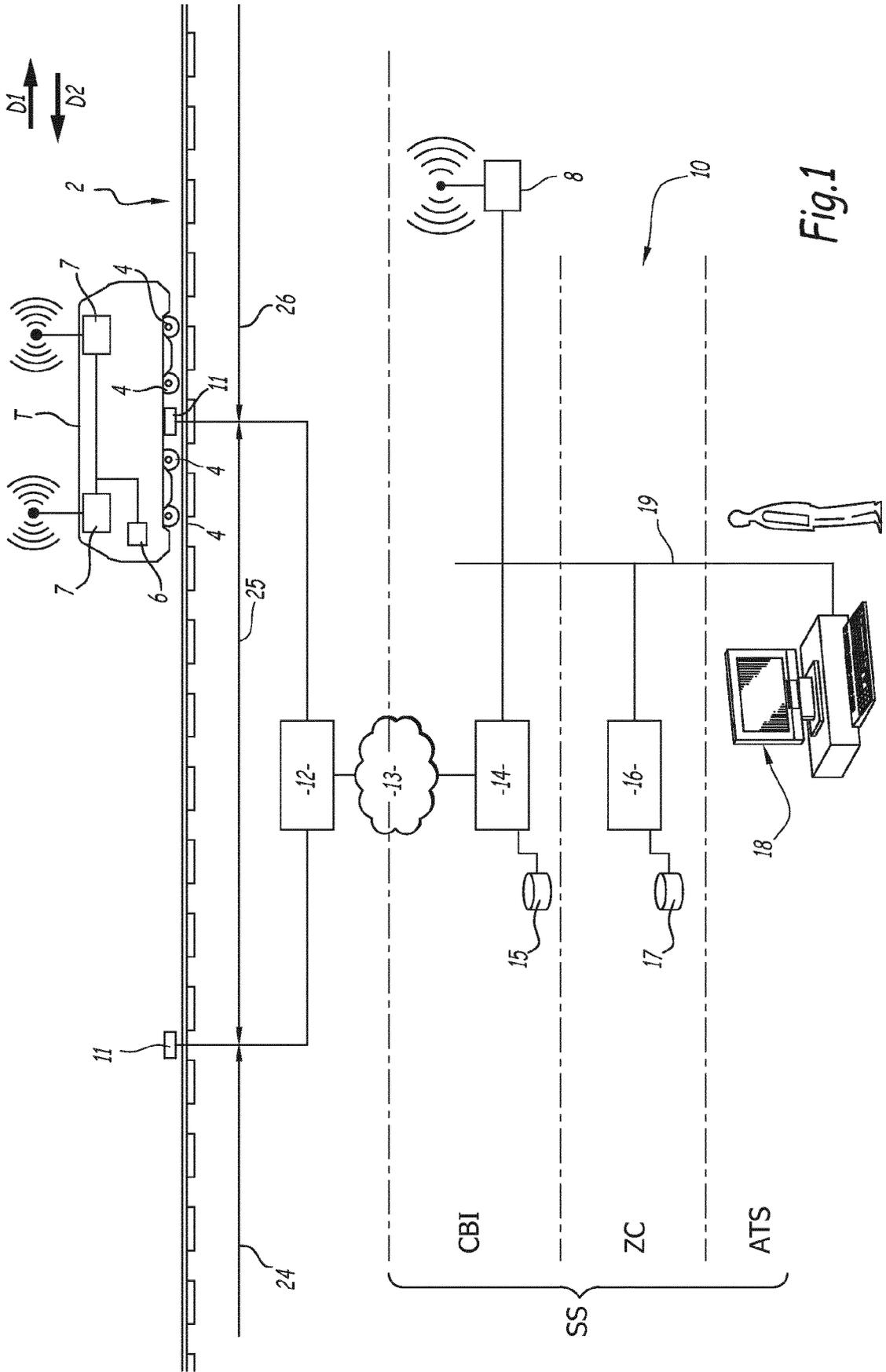
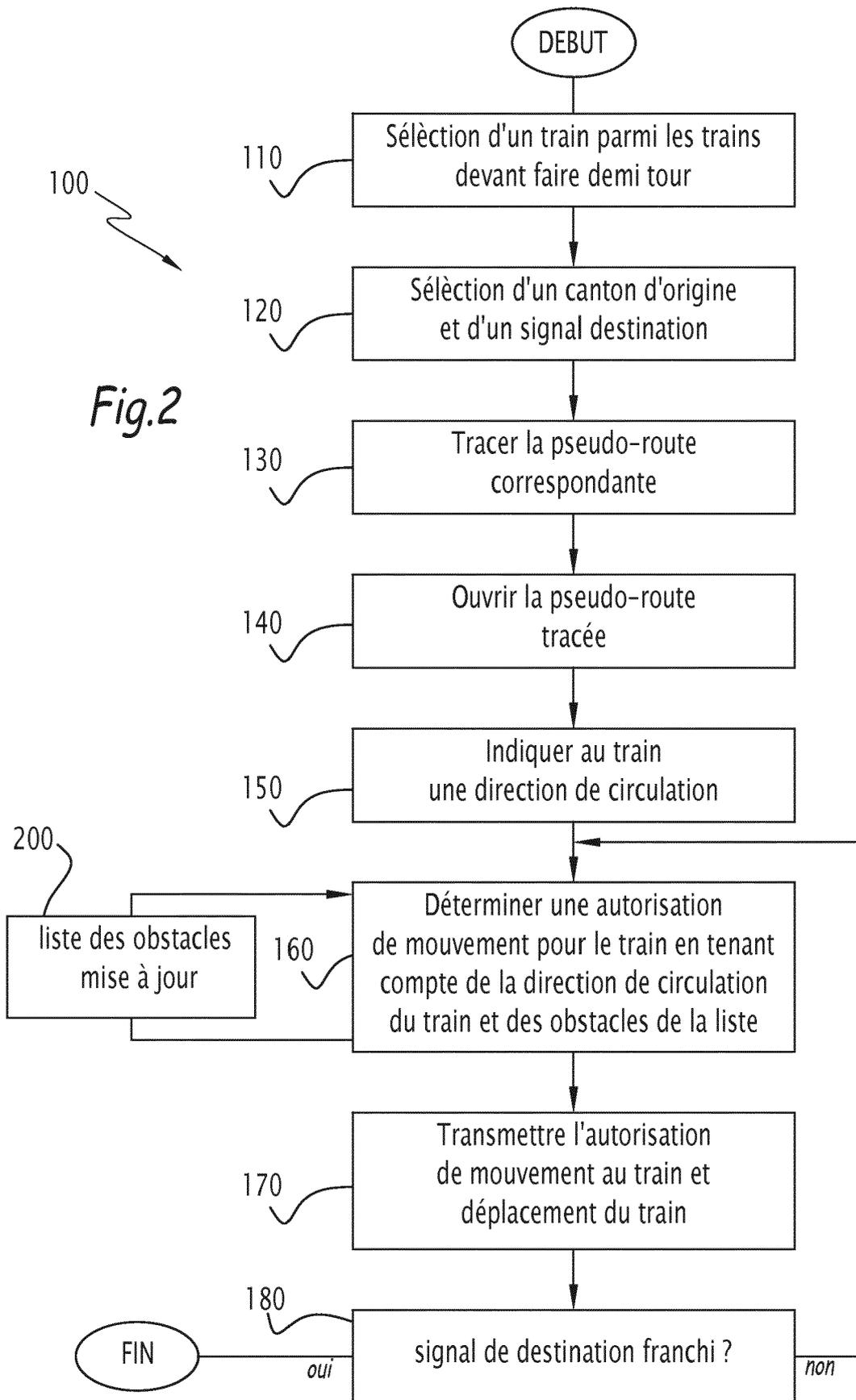


Fig.1



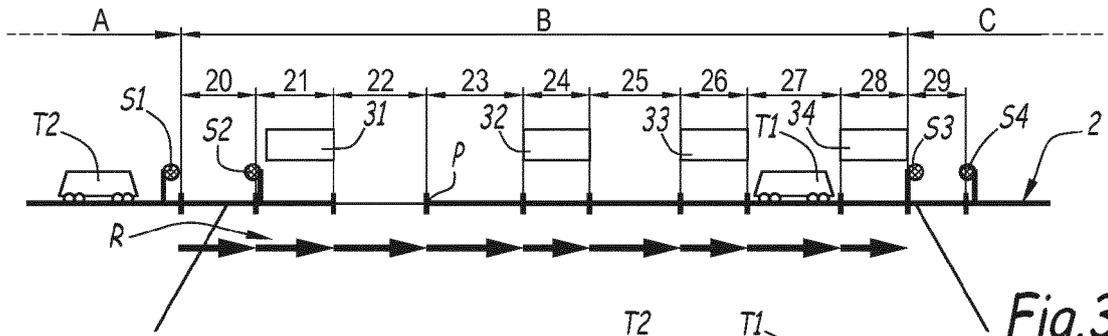


Fig.3

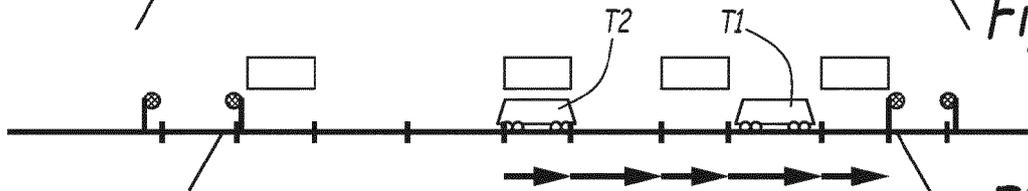


Fig.4

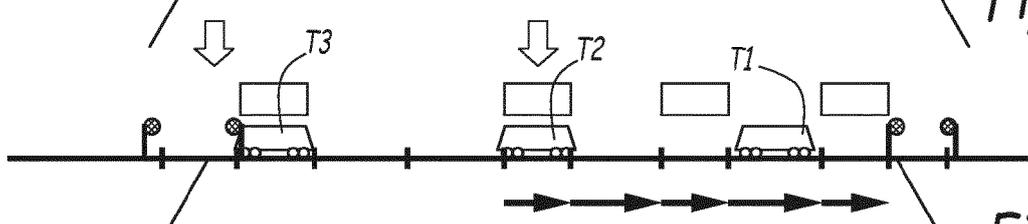


Fig.5

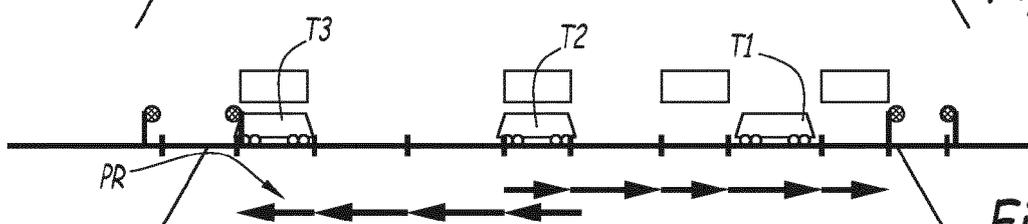


Fig.6

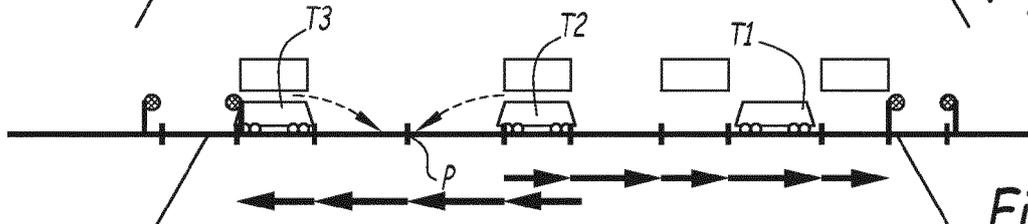


Fig.7

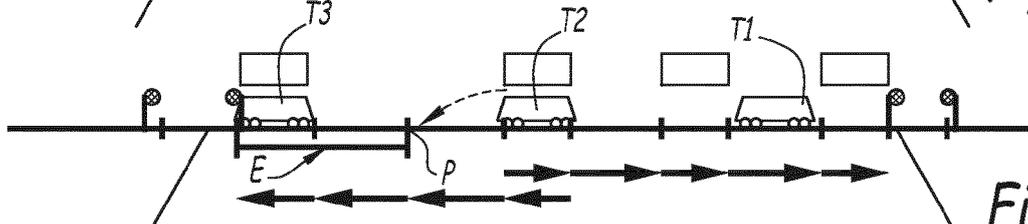


Fig.8

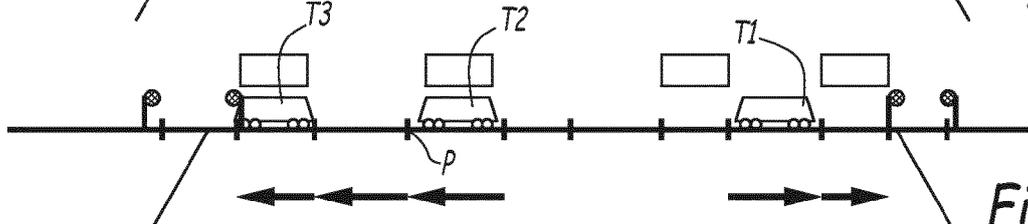


Fig.9



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 18 17 4146

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
A	US 2017/113707 A1 (GHALY NABIL N [US]) 27 avril 2017 (2017-04-27) * alinéas [0069], [0104] - [0111], [0227]; figures 2, 18 *	1,9	INV. B61L21/04 B61L27/00
A	EP 0 822 909 B1 (WESTINGHOUSE BRAKE & SIGNAL [GB]) 27 septembre 2000 (2000-09-27) * alinéas [0273] - [0275] *	1,9	
A	EP 2 921 369 A1 (ALSTOM TRANSP TECH [FR]) 23 septembre 2015 (2015-09-23) * alinéas [0004] - [0027]; figure 1 *	1,9	
A	US 2016/039437 A1 (MIYAJIMA YUTAKA [JP]) 11 février 2016 (2016-02-11) * alinéas [0123] - [0126]; figures 11, 12 *	1,9	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			B61L
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche Munich		Date d'achèvement de la recherche 8 octobre 2018	Examinateur Mäki-Mantila, M
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

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

EP 18 17 4146

5 La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

08-10-2018

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2017113707 A1	27-04-2017	AU 2016342065 A1	14-06-2018
		CA 2982079 A1	27-04-2017
		EP 3365738 A2	29-08-2018
		US 2017113707 A1	27-04-2017
		WO 2017069790 A2	27-04-2017

EP 0822909 B1	27-09-2000	AT 196624 T	15-10-2000
		AU 704058 B2	15-04-1999
		CA 2219756 A1	31-10-1996
		DE 69610494 D1	02-11-2000
		DE 69610494 T2	03-05-2001
		DK 0822909 T3	06-11-2000
		EP 0822909 A1	11-02-1998
		ES 2152018 T3	16-01-2001
		HK 1003630 A1	30-03-2001
		NO 974962 A	22-12-1997
		PT 822909 E	31-01-2001
		US 5947423 A	07-09-1999
		WO 9633899 A1	31-10-1996

EP 2921369 A1	23-09-2015	BR 102015006010 A2	23-05-2017
		CA 2885395 A1	19-09-2015
		CN 104925089 A	23-09-2015
		EP 2921369 A1	23-09-2015
		ES 2629757 T3	14-08-2017
		FR 3018759 A1	25-09-2015
		HK 1209705 A1	08-04-2016
		SG 10201501982W A	29-10-2015

US 2016039437 A1	11-02-2016	JP 6110476 B2	05-04-2017
		JP WO2014155724 A1	16-02-2017
		SG 11201507745Q A	29-10-2015
		US 2016039437 A1	11-02-2016
		WO 2014155724 A1	02-10-2014

EPO FORM P0480

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