



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
02.05.2018 Bulletin 2018/18

(51) Int Cl.:
B61D 17/12 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **17196839.9**

(22) Date de dépôt: **17.10.2017**

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

(30) Priorité: **17.10.2016 FR 1660048**

(71) Demandeurs:
• **ALSTOM Transport Technologies**
93400 Saint-Ouen (FR)
• **Université de Valenciennes et du Hainaut**
Cambrésis
59313 Valenciennes (FR)

(72) Inventeurs:
• **MIGLIANICO, Denis**
75009 Paris (FR)
• **DEQUIDT, Antoine**
59730 Solesmes (FR)
• **DANG, Quoc-Viet**
75019 Paris (FR)
• **MOUCHEL, Mathieu**
59141 Iwuy (FR)
• **LOUVEAU, François**
53170 Villiers-Charlemagne (FR)

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

(54) **PROCEDE DE COMMANDE D'UN MANIPULATEUR DE CONDUITE DE VEHICULE FERROVIAIRE A RETOUR DE FORCE**

(57) Le procédé de commande est prévu pour un manipulateur (2) comprenant une manette (12) manoeuvrable par le conducteur, au moins un capteur (22) pour mesurer au moins un paramètre dynamique de la manette (12), et au moins un actionneur configuré pour exercer une force sur la manette (12) de manière à générer un retour de force.

Le procédé de commande comprend :
- le calcul d'une consigne de retour de force (F_C) en fonction du paramètre dynamique (P) et d'au moins un para-

mètre contextuel (P_{eco}) reçu par le manipulateur (2) de manière à transmettre un premier signal haptique fonction du paramètre dynamique et indépendant du paramètre contextuel (P_{eco}), et un deuxième signal haptique fonction du paramètre contextuel (P_{eco}), le premier signal haptique et le deuxième signal haptique étant superposées ; et

- la commande de l'actionneur en fonction de la consigne de retour de force (F_C).

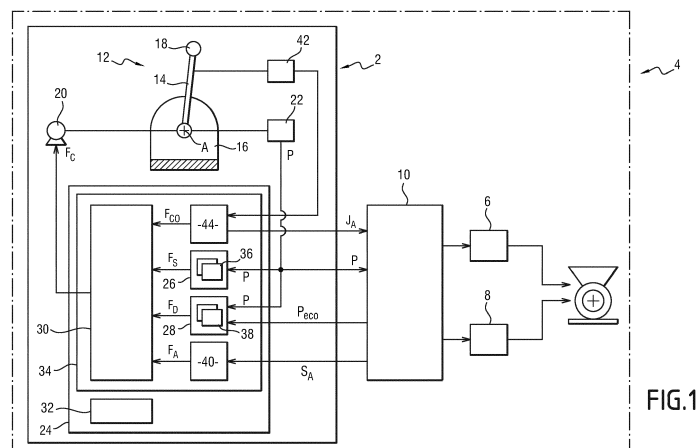


FIG.1

Description

[0001] La présente invention concerne le domaine des manipulateurs de conduite de véhicule ferroviaire à retour de force.

[0002] Un véhicule ferroviaire est configuré pour se déplacer le long d'une voie ferrée. Il s'agit par exemple d'un métro, d'un tramway, d'un train régional ou d'un train à grande vitesse.

[0003] Un manipulateur de conduite de véhicule ferroviaire est un dispositif de commande comprenant un organe de commande mobile ou « manette » manoeuvrable par le conducteur pour commander la traction et/ou le freinage du véhicule ferroviaire.

[0004] La fonction de retour de force permet de transmettre des signaux haptiques au conducteur. Le conducteur peut alors adapter son comportement en fonction des signaux haptiques qui lui sont transmis par le biais de la fonction de retour de force.

[0005] Un des buts de l'invention est de proposer un procédé de commande d'un manipulateur de conduite ferroviaire à retour de force, qui soit amélioré.

[0006] A cet effet, l'invention propose un procédé de commande d'un manipulateur de conduite de véhicule ferroviaire à retour de force, le manipulateur comprenant une manette manoeuvrable par le conducteur, au moins un capteur pour mesurer au moins un paramètre dynamique de la manette, et au moins un actionneur configuré pour exercer une force sur la manette de manière à générer un retour de force, le procédé de commande comprenant :

- le calcul d'une consigne de retour de force en fonction du paramètre dynamique et d'au moins un paramètre contextuel reçu par le manipulateur de manière à transmettre un premier signal haptique fonction du paramètre dynamique et indépendant du paramètre contextuel, et un deuxième signal haptique fonction du paramètre contextuel, le premier signal haptique et le deuxième signal haptique étant superposées ; et
- la commande de l'actionneur en fonction de la consigne de retour de force.

[0007] Le procédé de commande comprend en option une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prises isolément ou selon toutes les combinaisons techniquement possibles :

- la consigne de retour de force est fonction d'au moins un paramètre dynamique de la manette choisi parmi : la position, la vitesse, l'accélération et une force subie par la manette ;
- un paramètre contextuel est déterminé à partir d'au moins une donnée choisie parmi : la position du véhicule le long de son trajet, la vitesse du véhicule et la charge du véhicule ;
- la consigne de retour de force est calculée comme

la somme d'une première consigne calculée pour générer le premier signal haptique et d'une deuxième consigne calculée pour générer le deuxième signal haptique ;

- 5 - il comprend le plafonnement de la consigne de force pour éviter de générer une force d'intensité trop élevée ;
- un paramètre contextuel est une position recommandée de la manette ;
- 10 - la consigne de retour de force ou une composante de la consigne de retour de force est configurée pour générer au moins un effet parmi les suivants : un effet d'encoche autour d'au moins une position de référence stable, la consigne générant une force de rappel vers la position de référence stable dans une zone d'encoche située autour de la position stable ; un effet d'encoche autour d'une position neutre correspondant à une absence de traction et une absence de freinage, la consigne générant une force de
- 15 rappel vers la position neutre dans une zone de neutre d'encoche située autour de la position stable ; un effet d'encoche pour atteindre et quitter une position de freinage d'urgence, la consigne générant une force de rappel s'opposant à l'atteinte de la position de freinage d'urgence, puis, une fois la position de freinage d'urgence atteinte, une force de rappel à vaincre pour quitter la position de freinage d'urgence ; un effet de crantage, la manette comprenant une
- 20 série de positions stables, la consigne générant une force de rappel ramenant la manette vers chaque position stable lors du déplacement de la manette vers la position stable suivante ou précédente ;
- la consigne de retour de force est configurée pour générer une force de rappel seulement à partir d'une position de référence qui est fonction du paramètre contextuel.
- 25 - la consigne de retour de force est configurée pour générer un effet de dentelure, la consigne générant une force de rappel oscillant régulièrement ou aléatoirement autour d'une valeur de référence ;
- il comprend la détermination d'une consigne d'alerte, et le calcul de la consigne de retour de force en fonction en outre de la consigne d'alerte de manière à générer un signal haptique d'alerte ;
- 30 - il comprend la détermination de la consigne d'alerte en fonction d'un signal fourni par un capteur de force disposé sur la manette.
- 35
- 40
- 45

[0008] L'invention concerne également un manipulateur de conduite de véhicule ferroviaire à retour de force, pour commander la traction et/ou le freinage du véhicule ferroviaire, le manipulateur comprenant une manette manoeuvrable par le conducteur, au moins un actionneur configuré pour exercer une force sur la manette, et une unité électronique de commande configurée pour la mise en oeuvre d'un procédé de commande selon l'une quelconque des revendications précédentes.

[0009] L'invention et ses avantages seront mieux com-

pris à la lecture de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple, et faite en référence aux dessins annexés, sur lesquels :

- la Figure 1 est un schéma illustrant un manipulateur de conduite de véhicule ferroviaire à retour de force ; et
- les Figures 2 à 10 sont des graphiques illustrant des lois de consignes pour la commande d'un actionneur du manipulateur permettant de générer un retour de force.

[0010] Le manipulateur 2 de conduite de véhicule ferroviaire de la Figure 1 est configuré pour permettre à un conducteur de commander la traction et/ou le freinage d'un véhicule ferroviaire 4.

[0011] Le véhicule ferroviaire 4 comprend un système de traction 6 et un système de freinage 8. Le système de traction 6 comprend par exemple un ou plusieurs bogies moteurs. Le système de freinage 8 comprend par exemple des freins disposés sur des roues de bogies du véhicule ferroviaire.

[0012] Le véhicule ferroviaire 4 comprend un système électronique de commande 10 pour commander le système de traction 6 et le système de freinage 8. Le système de commande 10 est par exemple un système de contrôle et de commande de train, généralement désigné TCMS (« Train control and management system »).

[0013] Le manipulateur 2 comprend une manette 12 manoeuvrable manuellement par un conducteur. Le déplacement de la manette 12 permet de commander la traction et/ou le freinage du véhicule ferroviaire 4.

[0014] La manette 12 comprend ici un levier 14 monté pivotant sur un support 16 autour d'un axe de rotation A, le levier 14 portant une poignée de préhension 18 destinée à être saisie par le conducteur.

[0015] Le manipulateur 2 comprend un actionneur 20 configuré pour exercer un couple sur la manette 12 de manière à générer un retour de force. L'actionneur 20 est ici un servomoteur couplé à la manette 12 pour exercer un couple C sur la manette 12. La force F perçue par le conducteur, est égale au couple C exercé par l'actionneur 20 sur la manette 12, divisé par la distance d (bras de levier) entre l'axe de rotation A de la manette 12 et la poignée de préhension 18 ($F = C/d$).

[0016] Le manipulateur 2 comprend au moins un capteur pour mesurer un paramètre dynamique de la manette 12. Les paramètres dynamiques de la manette 12 sont les paramètres dont dépend le mouvement de la manette 12. Les paramètres dynamiques de la manette 12 comprennent la position, la vitesse, l'accélération et les forces subies par la manette 12. Le manipulateur comprend ici un capteur de position 22 configuré pour mesurer la position P de la manette 12.

[0017] Le système de commande 10 est configuré pour commander le système de traction 6 et le système de freinage 8 en fonction d'une consigne de conduite générée par le manipulateur 2. La consigne de conduite est

par exemple la position P de la manette 12.

[0018] Le manipulateur 2 comprend une unité électronique de commande 24 configurée pour mettre en oeuvre un procédé de commande du manipulateur 2, comprenant le calcul d'une consigne de retour de force F_C en fonction d'au moins un paramètre dynamique de la manette 12 et d'au moins un paramètre contextuel reçu par le manipulateur 2 de manière à transmettre un premier signal haptique fonction du paramètre dynamique et indépendant du paramètre contextuel, et un deuxième signal haptique fonction du paramètre contextuel et éventuellement du paramètre dynamique, le premier signal haptique et le deuxième signal haptique étant superposés, et la commande de l'actionneur 20 en fonction de la consigne de retour de force F_C .

[0019] Dans un mode de réalisation, l'unité de commande 24 est configurée pour mettre en oeuvre le calcul d'une première consigne F_S pour générer le premier signal haptique, et d'une deuxième consigne F_D pour générer le deuxième signal haptique, et pour calculer la consigne de retour de force F_C comme la somme de la première consigne F_S et de la deuxième consigne F_D .

[0020] L'unité de commande 24 comprend par exemple un premier module de calcul 26 pour calculer la première consigne F_S , un deuxième module de calcul 28 pour calculer la deuxième consigne F_D , et un module de calcul de consigne 30 pour calculer la consigne de retour de force F_C , en sommant la première consigne F_S et la deuxième consigne F_D .

[0021] Dans un mode de réalisation, l'unité de commande 24 comprend un processeur 32 et une mémoire 34, les modules de l'unité de commande 24 (premier module de calcul 26, deuxième module de calcul 28 et module de calcul de consigne 30) étant prévus sous la forme d'instructions de codes logicielles enregistrées dans la mémoire 34 et exécutables par le processeur 32. En variante ou en option, au moins un module de l'unité de commande 24 est prévu sous la forme d'un circuit intégré dédié ou d'un circuit logique programmable.

[0022] Dans un mode de réalisation, la première consigne F_S et la deuxième consigne F_D sont calculées à partir de tables prédéfinies 36, 38 et/ou de formules de calcul.

[0023] Les Figures 2 à 10 illustrent des lois de consignes présentées sous la forme de courbes. Chaque loi de consigne indique la consigne de retour de force (ordonnée) en fonction de la position P de la manette 12 (abscisse).

[0024] Sur les Figures 2 à 10, une flèche sur une courbe signifie que la consigne s'applique pour un déplacement de la manette 12 dans le sens correspondant à celui de la flèche.

[0025] Par convention, la consigne de conduite est fonction de la position de manette de la manière suivante :

- $P = P_{\min}$: position de freinage maximum (freinage d'urgence) ;

- $P_{\min} < P < P_{\text{neutre}}$: position de freinage ;
- $P = P_{\text{neutre}}$: position neutre (ni freinage, ni traction) ;
- $P_{\text{neutre}} < P < P_{\max}$: position de traction ; et
- $P = P_{\max}$: position de traction maximale.

[0026] Par convention, une consigne positive correspond à une force générée par l'actionneur 20 déplaçant la manette 2 vers la position de traction maximale $P_{\max}$, une consigne négative correspond à une force générée par l'actionneur 20 déplaçant la manette 12 vers la position de freinage maximum $P_{\min}$.

[0027] Dans un mode de réalisation, la première consigne F_S est calculée comme la somme d'une première composante F_{S1} et d'une deuxième composante F_{S2} .

[0028] La Figure 2 illustre la première composante F_{S1} . La première composante F_{S1} est ici configurée pour simuler une force retour qui serait générée par un organe mécanique passif tel qu'une came.

[0029] La première composante F_{S1} est fonction uniquement de la position P de la manette 12.

[0030] La première composante F_{S1} varie selon quatre zones de position P distinctes séparées par trois positions de références $P1, P2, P3$ telles que $P_{\min} < P3 < P2 < P_{\text{neutre}} < P1 < P_{\max}$, à savoir :

- une zone de freinage d'urgence ($P_{\min} < P < P3$),
- une zone de freinage ($P3 < P < P2$),
- une zone de neutre ($P2 < P < P1$), et
- une zone de traction ($P1 < P < P_{\max}$).

[0031] La première composante F_{S1} est strictement négative et sensiblement constante dans la zone de traction (courbe C10). Si le conducteur lâche la manette 12 dans la zone de traction, celle-ci revient automatiquement vers la zone de neutre.

[0032] La zone de neutre est située autour de la position neutre P_{neutre} qui est une position stable de la manette 12. Dans la zone de neutre, la consigne de première composante F_{S1} rappelle la manette 12 en position neutre P_{neutre} . La consigne de première composante F_{S1} produit un effet d'encoche dans la zone de neutre. La consigne de première composante F_{S1} est négative et décroissante sur l'intervalle $P_{\text{neutre}} < P < P1$ (courbe C11), nulle à la position P_{neutre} et positive et décroissante sur l'intervalle $P2 < P < P_{\text{neutre}}$ (courbe C12). La consigne de première composante F_{S1} est possiblement non linéaire dans la zone de neutre N , afin de produire une sensation d'encoche très nette.

[0033] Dans la zone de freinage, la consigne de première composante F_{S1} est nulle.

[0034] Dans la zone de freinage d'urgence, la consigne de première composante F_{S1} est d'abord positive et augmente de la position $P3$ à la position de freinage d'urgence $P_{\min}$ (courbe C13), puis une fois que la position de freinage d'urgence $P_{\min}$ a été atteinte, la consigne de première composante F_{S1} est négative et diminue de la position de freinage d'urgence $P_{\min}$ vers la position $P3$ (courbe C14).

[0035] La première composante F_{S1} génère d'abord une force s'opposant au déplacement de la manette 12 vers la position de freinage d'urgence $P_{\min}$, puis, une fois la position de freinage d'urgence $P_{\min}$ atteinte, une force de rappel de la manette 12 vers la position de freinage d'urgence $P_{\min}$. La position de freinage d'urgence $P_{\min}$ est une position stable.

[0036] La Figure 3 illustre la première consigne F_S résultant de la combinaison de la première composante F_{S1} de la Figure 1 et de la composante F_{S2} qui est fonction de la vitesse V de la manette 12. La deuxième composante F_{S2} simule un frottement.

[0037] La vitesse V de la manette 12 est par exemple déterminée par dérivation numérique de la position P de la manette 12 en fonction du temps ($V = dP/dt$). En variante ou en option, le manipulateur 2 comprend un capteur de vitesse configuré pour mesurer la vitesse de la manette 12.

[0038] Par convention, la vitesse V de la manette 12 est positive lorsque la manette 12 est déplacée de la position de freinage maximum $P_{\min}$ vers la position de traction maximale $P_{\max}$, et négative lorsque la manette 12 est déplacée de la position de traction maximale $P_{\max}$ vers la position de freinage maximum $P_{\min}$.

[0039] La deuxième composante F_{S2} est configurée pour la génération d'une force qui s'oppose au déplacement de la manette 12. La consigne de deuxième composante F_{S2} est négative si la vitesse V est positive, et est positive si la vitesse V est négative.

[0040] La deuxième composante F_{S2} prend une première valeur négative pour les vitesses V positives et une deuxième valeur positive pour les vitesses V négatives.

[0041] Il en résulte que dans la zone de freinage, la force de rappel est différente pour les vitesses V négatives (courbe C21) et pour les vitesses positives (courbe C22). De même, dans la zone de traction, la force de rappel est différente pour les vitesses V négatives (courbe C23) et pour les vitesses positives (courbe C24). De même également, dans la zone de neutre, la force de rappel est différente pour les vitesses V négatives (courbes C25 et C26) et pour les vitesses V positives (courbes C27 et C28).

[0042] Dans l'exemple illustré, la première valeur et la deuxième valeur sont de même valeur absolue. En variante, elles sont de valeurs absolues différentes.

[0043] Dans l'exemple illustré, la deuxième composante F_{S2} est invariable en fonction de la position P de la manette 12. En variante, la deuxième composante F_{S2} varie en fonction de la position P de la manette 12.

[0044] Dans une variante, la deuxième composante F_{S2} est elle-même calculée à partir de deux composantes : une composante de frottement sec et une composante de frottement visqueux. La composante de frottement sec favorise l'immobilisation de la manette 12 lorsque le conducteur la lâche et la composante de frottement visqueux favorise la stabilité de la manette 12.

[0045] Un mode de calcul possible d'une telle consigne

de deuxième composante F_{S2} utilise la fonction suivante : $F_{S2} = -C1 \times \text{signe}(V) - C2 \times V$, dans laquelle C1 et C2 sont des constantes et la fonction « signe » de la vitesse étant définie par : $\text{signe}(V) = +1$ si $V > 0$, $\text{signe}(V) = -1$ si $V < 0$, $\text{signe}(V) = 0$ si $V = 0$.

[0046] En variante, si le ou les capteurs du manipulateur 2 permettent de déterminer la vitesse de la manette 12 seulement par incrément : la fonction « signe » de la vitesse peut être définie par : $\text{signe}(V) = +1$ si $V > +e$, $\text{signe}(V) = -1$ si $V < -e$, $\text{signe}(V) = 0$ si $-e < V < e$, e étant l'incrément de vitesse.

[0047] En variante, un autre mode de calcul de la deuxième composante F_{S2} utilise la fonction suivante : $F_{S2} = -C1 \times \tanh(V/C3) - C2 \times V$, les paramètres C1, C2 et C3 étant des constantes à ajuster pour obtenir les caractéristiques souhaitées de sensation de frottement et de stabilité, $\tanh$ étant la fonction tangente hyperbolique.

[0048] L'unité de commande 24 est par exemple configurée pour calculer la première consigne F_S en fonction d'une table prédéfinie 36 indiquant la première consigne F_S en fonction de la position P et de la vitesse V de la manette 12.

[0049] En variante, l'unité de commande 24 est configurée pour calculer séparément la première composante F_{S1} , par exemple à partir d'une table prédéfinie 36, et la deuxième composante F_{S2} , par exemple en appliquant une formule de calcul, puis pour calculer la première consigne F_S comme la somme des première et deuxième composantes F_{S1} , F_{S2} .

[0050] L'invention n'est pas limitée à la première consigne F_S décrite ci-dessus. Des variantes sont envisageables en fonction du retour de force souhaité.

[0051] Dans une variante, la première consigne F_S est nulle dans la zone de traction. Dans une autre variante, la première consigne F_S est non nulle et constante sur la zone de freinage, la zone de neutre et la zone de traction.

[0052] La Figure 4 illustre une première consigne F_S selon une variante, configurée pour un manipulateur 2 dédié exclusivement à la commande de freinage (aussi nommé « manipulateur de freinage ») avec une incrémentation du niveau de freinage. La position de la manette 12 varie ici entre la position neutre P_{neutre} et la position de freinage d'urgence P_{min} .

[0053] La première consigne F_S est configurée pour générer un effet de crantage, permettant de déplacer la manette 12 par incrément. La manette 12 possède pluralité de positions de freinage $PF_1, \dots, PF_i, \dots, PF_n$ stables, la première consigne F_S étant configurée pour générer une force de rappel vers chaque position de freinage PF_i stable lorsque la manette 12 se déplace de la position de freinage stable PF_i vers la position de freinage suivante PF_{i+1} (courbes C31 ou C32), ou vers la position de freinage précédente PF_{i-1} (courbe C33).

[0054] Les Figures 5 à 7 illustrent des exemples de deuxième consignes F_D configurées pour générer un deuxième signal haptique contextuel, qui est fonction d'un paramètre contextuel et éventuellement d'un paramètre dynamique de la manette 12.

[0055] Un paramètre contextuel est distinct d'un paramètre dynamique de la manette 12 (position, vitesse, accélération et force subie). Un paramètre contextuel est en particulier associé aux conditions de fonctionnement du véhicule ferroviaire. Les conditions de fonctionnement du véhicule ferroviaire comprennent par exemple la position le long du trajet, la vitesse et la charge du véhicule ferroviaire.

[0056] La Figure 5 illustre une deuxième de consigne F_D visant à inciter le conducteur à adopter une conduite permettant de minimiser l'énergie consommée par le véhicule ferroviaire pour réaliser son trajet.

[0057] La deuxième consigne F_D varie en fonction d'un paramètre contextuel indiquant ici une position recommandée P_{eco} de la manette 12, permettant de minimiser l'énergie consommée.

[0058] La position recommandée P_{eco} varie par exemple en fonction de la position du véhicule ferroviaire le long de son trajet. Ainsi, la deuxième consigne F_D variera donc au cours du temps, en fonction de la position du véhicule ferroviaire le long de son trajet.

[0059] Le paramètre contextuel, ici la position recommandée P_{eco} , est par exemple calculée par le système de commande 10 et transmise au manipulateur 2. La position recommandée P_{eco} peut être calculée en fonction de la topologie du trajet (montées, descentes...)

[0060] La deuxième consigne F_D est par exemple configurée pour ne pas générer de force sur la manette 12 lorsque la position P de la manette 12 est inférieure à la position recommandée P_{eco} , et pour exercer une force de rappel lorsque la manette 12 dépasse la position recommandée P_{eco} .

[0061] Sur la Figure 5, la deuxième consigne F_D est nulle pour une position inférieure à la position recommandée P_{eco} , et présente, à partir de la position recommandée P_{eco} ($P \geq P_{\text{eco}}$), une rampe décroissante (Courbe C41) prolongée par un plateau (Courbe C42) à une valeur de référence constante strictement négative.

[0062] Pour permettre de mieux discerner le premier signal haptique et le deuxième signal haptique qui peuvent se concrétiser sous la forme de forces de rappel qui s'ajoutent, il est possible de prévoir une deuxième consigne F_D présentant une rampe qui ne soit pas linéaire et/ou un plateau qui ne soit pas constant, mais qui oscille autour d'une valeur de référence.

[0063] Dans la variante de la Figure 6, la deuxième consigne F_D présente à partir de la position recommandée P_{eco} une rampe non linéaire décroissante (Courbe C43) suivie d'une ondulation sinusoïdale autour d'une valeur de référence strictement négative (Courbe C44).

[0064] Dans la variante de la figure 7, la deuxième consigne F_D présente à partir de la position recommandée P_{eco} une rampe linéaire suivie d'une ondulation triangulaire autour d'une valeur de référence strictement négative.

[0065] Dans une autre variante, la deuxième consigne F_D présente à partir de la position recommandée P_{eco} une rampe linéaire décroissante (courbe C45) suivie

d'une ondulation aléatoire autour d'une valeur de référence strictement négative (courbe C46). Ceci permet de simuler une rugosité.

[0066] La consigne de retour de force F_C résulte de la combinaison d'une première consigne F_S et d'une deuxième consigne F_D , en particulier de la somme d'une première consigne F_S et d'une deuxième consigne F_D .

[0067] Les Figures 8 et 9 illustrent une consigne de retour de force F_C résultant de la somme d'une première consigne F_S et d'une deuxième consigne F_D selon la Figure 5, pour deux positions recommandées P_{eco} différentes.

[0068] Pour des raisons de clarté des dessins, la première consigne F_S est une première consigne dépendant uniquement de la position P et correspondant à la première composante de la Figure 2. Bien entendu, la première consigne F_S pourrait être en variante celle de la Figure 3 résultant de la somme d'une première composante F_{S1} selon la Figure 1 et d'une deuxième composante F_{S2} , et dépendant de la position P et de la vitesse V .

[0069] La Figure 8 illustre une situation dans laquelle le véhicule avance en marche avant et la position recommandée P_{eco} est strictement positive ($P_{eco} > 0$). La position P_{eco} est dans la zone de traction. Dans la zone de traction, la consigne de retour de force F_C génère par défaut une force de rappel (Courbe C51) résultant de la première consigne F_S . A partir de la position recommandée P_{eco} , la consigne de retour de force F_C génère une force de rappel de la manette plus élevée (Courbes C52 et C53), résultant de l'ajout de la deuxième consigne F_D .

[0070] La Figure 9 illustre une situation dans laquelle le véhicule ferroviaire freine et dans laquelle la position recommandée P_{eco} est strictement négative ($P_{eco} < 0$), et est plus particulièrement dans la zone de freinage (hors de la zone de freinage d'urgence). Au-dessous de la position recommandée P_{eco} , la consigne de retour de force est nulle et ne génère aucune force de rappel sur la manette 12 (courbe C54). Au-dessus de la position recommandée P_{eco} , la consigne de retour de force F_C génère un effort de rappel vers la position recommandée P_{eco} (courbes C55 et C56).

[0071] La Figure 10 illustre une consigne de retour de force F_C selon une variante, résultant de la combinaison d'une première consigne F_S selon la Figure 2 et d'une variante de deuxième consigne F_D configurée pour produire un effet d'encoche autour d'une position de freinage P_{BB} de référence qui traduit par exemple un découpage de la zone de freinage en deux : une zone de freinage électrique au-dessus de la position de freinage P_{BB} de référence, et une zone de freinage combiné - électrique et pneumatique - au-dessous de la position de freinage P_{BB} de référence.

[0072] La deuxième consigne F_D comprend ici une zone d'encoche autour de la position de freinage P_{BB} de référence, dans laquelle la consigne de retour de force génère une succession de effort de rappel de sens opposé au sens de déplacement du manipulateur dans la zone d'encoche (courbes C61 à C64). En variante, la

deuxième consigne F_D comprend une série de zones d'encoche autour de la position de freinage P_{BB} de référence.

[0073] La position de freinage P_{BB} de référence est variable, par exemple en fonction de la vitesse du véhicule ferroviaire, qui définit alors un paramètre contextuel pour la détermination de la consigne de retour de force F_C . La position de freinage P_{BB} de référence est par exemple fournie par le système de commande 10 au manipulateur 2.

[0074] En fonctionnement, il est possible de modifier la sensibilité de freinage électrique ou du freinage combiné du véhicule ferroviaire en faisant varier la valeur de la position de freinage P_{BB} de référence, par exemple en fonction de la vitesse du véhicule ferroviaire, ce qui permet d'étendre la zone de freinage électrique à petite vitesse et d'étendre la zone de freinage combiné à haute vitesse.

[0075] Dans le mode de réalisation décrit en référence à la Figure 1, l'unité de commande 24 est configurée pour calculer séparément la première consigne F_S et la deuxième consigne F_D , et pour calculer la consigne de retour de force F_C comme la somme de la première consigne F_S et de la deuxième consigne F_D .

[0076] En variante, l'unité de commande 24 est configurée pour calculer la consigne de retour de force en fonction d'une loi prédéfinie combinant la première consigne F_S et la deuxième consigne F_D et indiquant la consigne de retour de force F_C en fonction de chaque paramètre dynamique et de chaque paramètre contextuel.

[0077] La première consigne F_S et la deuxième consigne F_D peuvent chacune résulter de la somme de plusieurs composantes, comme cela a été vu précédemment.

[0078] De préférence, l'unité de commande 24 est configurable de manière à modifier la ou les lois prédéfinies de calcul de la consigne de retour de force F_C (le cas échéant les lois prédéfinies de calcul de la première consigne F_S et de la deuxième consigne F_D), par exemple en fonction des souhaits de l'utilisateur.

[0079] Dans l'exemple illustré, la modification ou la sélection de tables prédéfinies 36, 38 dans la mémoire 34 permet de modifier la fonction de retour de force. Il est possible, pour au moins une consigne (consigne de retour de force, premier consigne et/ou deuxième consigne) de prévoir plusieurs tables prédéfinies 36, 38 enregistrées dans la mémoire de l'unité de commande 24, et un sélecteur permettant à l'utilisateur de sélectionner une loi prédéfinie à appliquer.

[0080] La consigne de retour de force F_C est donc calculée en fonction de lois prédéfinies paramétrables. Le cas échéant les lois prédéfinies de calcul de la première consigne F_S et de la deuxième consigne F_D sont paramétrables.

[0081] La combinaison d'une première consigne F_S déterminée uniquement à partir d'un ou plusieurs paramètres dynamiques de la manette 12 (position, vitesse, accélération et force subie) et indépendamment de tout

paramètre contextuel, et d'une deuxième consigne F_D déterminée à partir d'au moins un paramètre contextuel, permet de retourner simultanément un premier signal haptique et un deuxième signal haptique superposés et susceptibles d'être perçus par le conducteur.

[0082] Les paramètres contextuels comprennent par exemple la position du véhicule ferroviaire le long de son trajet, la vitesse du véhicule ferroviaire et/ou la charge du véhicule ferroviaire. Ces paramètres contextuels relatifs au fonctionnement du véhicule ferroviaires sont notamment déterminants pour le calcul d'une position recommandée P_{eco} limitant la consommation d'énergie ou d'une position de freinage P_{BB} de référence.

[0083] En option, il est possible de retourner au conducteur un signal haptique d'alerte par l'intermédiaire du manipulateur 2, par exemple pas le biais d'une consigne d'alerte F_A s'ajoutant à la première consigne F_S et à la deuxième consigne F_D pour obtenir la consigne de retour de force F_C .

[0084] Ce signal haptique d'alerte doit être perceptible par le conducteur de façon non équivoque dans toutes les situations possibles et il ne doit pas modifier la position de la manette 12 afin de ne pas parasiter la consigne de conduite envoyée par le manipulateur 2 au système de commande 10.

[0085] Une consigne d'alerte est par exemple une signal périodique de faible amplitude, par exemple vis-à-vis d'une deuxième composante F_{S2} de la première consigne F_S simulant un frottement, tout en étant perceptible par le conducteur (par exemple une force d'amplitude comprise entre 0,1 et 0,5 N) et en utilisant une fréquence élevée par rapport aux fréquences utilisées par les autres consignes, comme par exemple les consignes dynamiques des Figures 7 et 8. La fréquence de ce signal haptique d'alerte peut par exemple est comprise entre 10 et 30 Hz.

[0086] L'unité électronique de commande 24 comprend ici un module d'alerte 40 pour calculer la consigne d'alerte F_A , le module de calcul 30 étant configuré pour calculer la consigne de retour de force en fonction de la consigne d'alerte F_A , en ajoutant la consigne d'alerte.

[0087] Le module d'alerte 40 détermine par exemple la consigne d'alerte F_A en fonction d'un signal d'alerte SA envoyé par le système de commande 10.

[0088] La consigne de retour de force F_C générée par l'unité de commande 24 ne doit pas générer une force F perçue par le conducteur qui dépasse une force maximale F_{max} (par exemple 5 N), pour ne pas exposer le conducteur à un niveau d'effort inconfortable ou traumatisant. Les amplitudes des différentes consignes superposées doivent donc être ajustées pour ne pas dépasser cette valeur.

[0089] En option, afin de garantir que cette force maximale F_{max} ne soit pas dépassée en fonctionnement, il est possible de réaliser un plafonnement de la consigne de retour de force F_C . Par exemple, l'unité de commande 24 est configurée pour calculer une consigne de retour de force plafonnée F_{CS} en fonction de la consigne de

retour de force F_C , et pour commander l'actionneur 20 en fonction de la consigne de retour de force plafonnée F_{CS} .

[0090] La consigne de retour de force plafonnée F_{CS} est par exemple calculée comme suit :

$$F_{CS} = F_{max} \text{ si } F_C > F_{max}$$

$$F_{CS} = -F_{max} \text{ si } F_C < -F_{max}$$

$$F_{CS} = F_C \text{ si } -F_{max} < F_C < F_{max}.$$

[0091] Le plafonnement de la consigne de retour de force est par exemple implémenté par le module de calcul 30.

[0092] En option ou en variante, le manipulateur 2 comprend un capteur de force 42 disposé sur la manette 12 pour mesurer une force subie par la manette 12. La détermination de la force subie par la manette 12 permet d'estimer la force F perçue par le conducteur. Le capteur de force 42 est par exemple formé d'une ou plusieurs jauges de contrainte disposées sur la manette 12.

[0093] L'estimation de la force F perçue permet de surveiller le bon fonctionnement des différents organes mécaniques du manipulateur 2 tels que l'actionneur 20, un éventuel réducteur disposé entre l'actionneur 20 et la manette 12... etc.

[0094] Une dégradation mécanique ou électrique, même mineure, d'un organe mécanique du manipulateur 2, due par exemple à un phénomène de fatigue, d'usure ou de vieillissement, peut produire une modification par intermittence ou de manière permanente de la force F perçue, de sorte que la force F perçue ne correspond pas à la consigne de retour de force F_C .

[0095] Un écart significatif établi sur une période donnée entre la consigne de retour de force F_C envoyé à l'actionneur et la force F perçue peut être utilisé pour déclencher une alerte envoyée au système de commande 10 avant l'apparition d'un dysfonctionnement lié à un phénomène de fatigue, d'usure ou de vieillissement de l'un des organes.

[0096] En option, un mode de fonctionnement dégradé est déclenché dans ce cas de figure pour assurer la continuité du service jusqu'à la fin du trajet du véhicule ferroviaire en compensant l'excès ou le déficit de force F perçue par rapport à la consigne de force F_C .

[0097] L'unité de commande 24 comprend par exemple un module de surveillance 44 recevant le signal du capteur de force 42, et configuré pour émettre un signal d'alerte J_A vers le système de commande 10 et/ou pour calculer une consigne de compensation F_{CO} envoyée au module de calcul 30.

[0098] En option, une redondance de capteurs de paramètres dynamiques de la manette 12 (position, vitesse, accélération, force subie) permet de vérifier la cohérence

des informations délivrées, et déclencher s'il y a lieu une alerte envoyée au système de commande 10.

[0099] De préférence, si une incohérence provient d'un capteur utilisé pour déterminer la vitesse V de la manette 12, la fonction de retour haptique est désactivée pour éviter tout risque d'instabilité de l'actionneur 20 asservi en fonction de la vitesse V de la manette 12.

[0100] Grâce à l'invention, il est possible d'exploiter pleinement la perception haptique avec un manipulateur de conduite de véhicule ferroviaire générique. Les consignes de retour de force proposées permettent à la fois de repousser les limites de stabilité d'un tel manipulateur 2 et de délivrer des signaux haptiques sans ambiguïté pour le conducteur et comportant plusieurs signaux haptiques discernables par le conducteur, dont certains sont issues du système de commande 10 du véhicule ferroviaire. L'ajustement des lois des première et deuxième consignes F_S , F_D dépend des besoins précis de l'utilisateur de ce manipulateur 2. Il peut être effectué facilement par un paramétrage du manipulateur 2, et en particulier par un paramétrage de lois de calcul de l'unité de commande 24 du manipulateur 2 pour le calcul de la consigne de retour de force, le cas échéant de la première consigne et de la deuxième consigne.

[0101] Grâce à l'invention, il est possible de fournir un retour haptique au conducteur sur le niveau de traction et/ou de freinage (incluant un point neutre entre la traction et le freinage) d'un matériel ferroviaire roulant.

[0102] Le manipulateur réalisant un retour haptique au moyen d'un actionneur commandé selon une consigne de force calculée en fonction d'une ou plusieurs lois de commande prédéfinies permet d'apporter de nouvelles fonctionnalités.

[0103] Le manipulateur peut être générique pour différents types de véhicule ferroviaire, la fonction de retour haptique étant paramétrée sans modifications matériels, en fonction des besoins des clients.

[0104] La fonction de retour haptique peut être mise en oeuvre sans composant mécanique tel qu'une came ou un ressort de rappel. Cela évite les problèmes de vieillissement de tels composants mécaniques.

[0105] L'invention permet encore d'améliorer les fonctionnalités existantes liées à la fonction de retour d'effort liées au matériel roulant (sa vitesse instantanée ou sa charge par exemple) ou au conducteur (sa sensibilité ou ses capacités musculaires par exemple).

[0106] Elle permet en outre de réaliser des fonctionnalités de retour haptique dynamiques très performante en fonction de signaux externes d'alerte ou de conseil, en sollicitant judicieusement le sens haptique du conducteur.

Revendications

1. Procédé de commande d'un manipulateur (2) de conduite de véhicule ferroviaire à retour de force, le manipulateur (2) comprenant une manette (12) ma-

noeuvable par le conducteur, au moins un capteur (22) pour mesurer au moins un paramètre dynamique de la manette, et au moins un actionneur configuré pour exercer une force sur la manette (12) de manière à générer un retour de force, le procédé de commande comprenant :

- le calcul d'une consigne de retour de force (F_C) en fonction du paramètre dynamique (P) et d'au moins un paramètre contextuel (P_{eco}) reçu par le manipulateur (2) de manière à transmettre un premier signal haptique fonction du paramètre dynamique et indépendant du paramètre contextuel (P_{eco}), et un deuxième signal haptique fonction du paramètre contextuel (P_{eco}), le premier signal haptique et le deuxième signal haptique étant superposées ; et
- la commande de l'actionneur en fonction de la consigne de retour de force (F_C).

2. Procédé de commande selon la revendication 1, dans lequel la consigne de retour de force est fonction d'au moins un paramètre dynamique de la manette choisi parmi : la position, la vitesse, l'accélération et une force subie par la manette.

3. Procédé de commande selon la revendication 1 ou 2, dans lequel un paramètre contextuel est déterminé à partir d'au moins une donnée choisie parmi : la position du véhicule le long de son trajet, la vitesse du véhicule et la charge du véhicule.

4. Procédé de commande selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la consigne de retour de force (F_C) est calculée comme la somme d'une première consigne calculée pour générer le premier signal haptique et d'une deuxième consigne calculée pour générer le deuxième signal haptique.

5. Procédé de commande selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant le plafonnement de la consigne de retour de force (F_C) pour éviter de générer une force d'intensité trop élevée.

6. Procédé de commande selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel un paramètre contextuel est une position recommandée de la manette.

7. Procédé de commande selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la consigne de retour de force (F_C) ou une composante de la consigne de retour de force (F_C) est configurée pour générer au moins un effet parmi les suivants :

- un effet d'encoche autour d'au moins une position de référence stable, la consigne générant une force de rappel vers la position de référence

- stable dans une zone d'encoche située autour de la position stable ;
- un effet d'encoche autour d'une position neutre correspondant à une absence de traction et une absence de freinage, la consigne générant une force de rappel vers la position neutre dans une zone de neutre d'encoche située autour de la position stable ; 5
 - un effet d'encoche pour atteindre et quitter une position de freinage d'urgence, la consigne générant une force de rappel s'opposant à l'atteinte de la position de freinage d'urgence, puis, une fois la position de freinage d'urgence atteinte, une force de rappel à vaincre pour quitter la position de freinage d'urgence ; 10 15
 - un effet de crantage, la manette comprenant une série de positions stables, la consigne générant une force de rappel ramenant la manette vers chaque position stable lors du déplacement de la manette vers la position stable suivante ou précédente. 20
8. Procédé de commande selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la consigne de retour de force (F_C) est configurée pour générer une force de rappel seulement à partir d'une position de référence qui est fonction du paramètre contextuel. 25
9. Procédé de commande selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la consigne de retour de force (F_C) est configurée pour générer un effet de dentelure, la consigne générant une force de rappel oscillant régulièrement ou aléatoirement autour d'une valeur de référence. 30 35
10. Procédé de commande selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant la détermination d'une consigne d'alerte, et le calcul de la consigne de retour de force en fonction en outre de la consigne d'alerte de manière à générer un signal haptique d'alerte. 40
11. Procédé de commande selon la revendication 10, comprenant la détermination de la consigne d'alerte en fonction d'un signal fourni par un capteur de force disposé sur la manette. 45
12. Manipulateur (2) de conduite de véhicule ferroviaire à retour de force, pour commander la traction et/ou le freinage du véhicule ferroviaire, le manipulateur (2) comprenant une manette (12) manoeuvrable par le conducteur, au moins un actionneur (20) configuré pour exercer une force sur la manette (12), et une unité électronique de commande (24) configurée pour la mise en oeuvre d'un procédé de commande selon l'une quelconque des revendications précédentes. 50 55

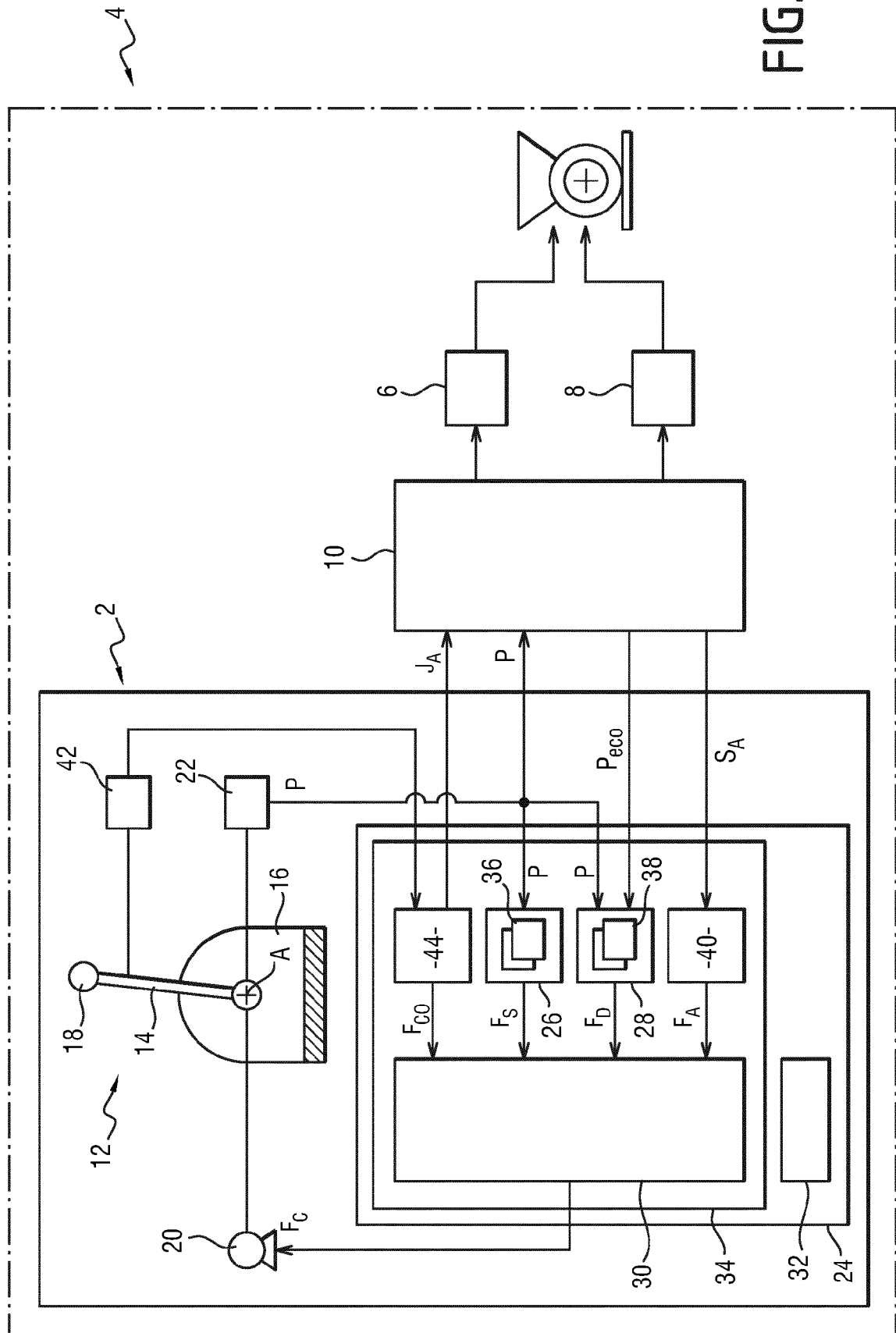


FIG.1

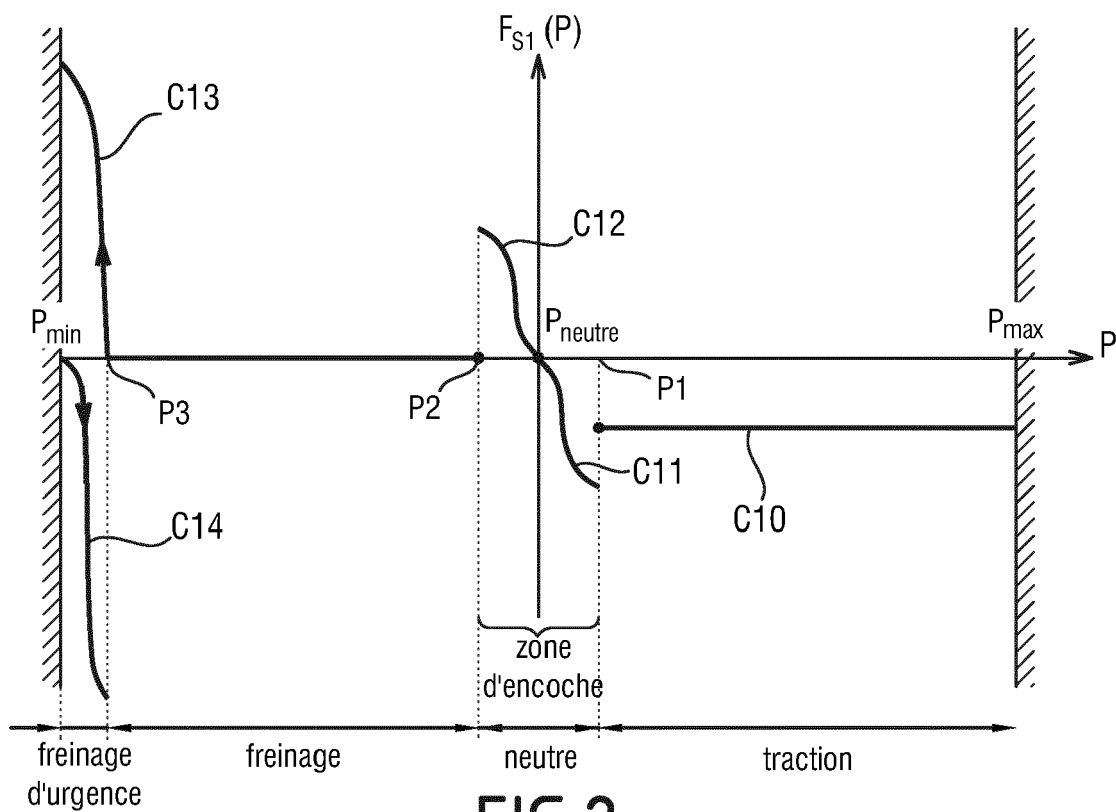


FIG. 2

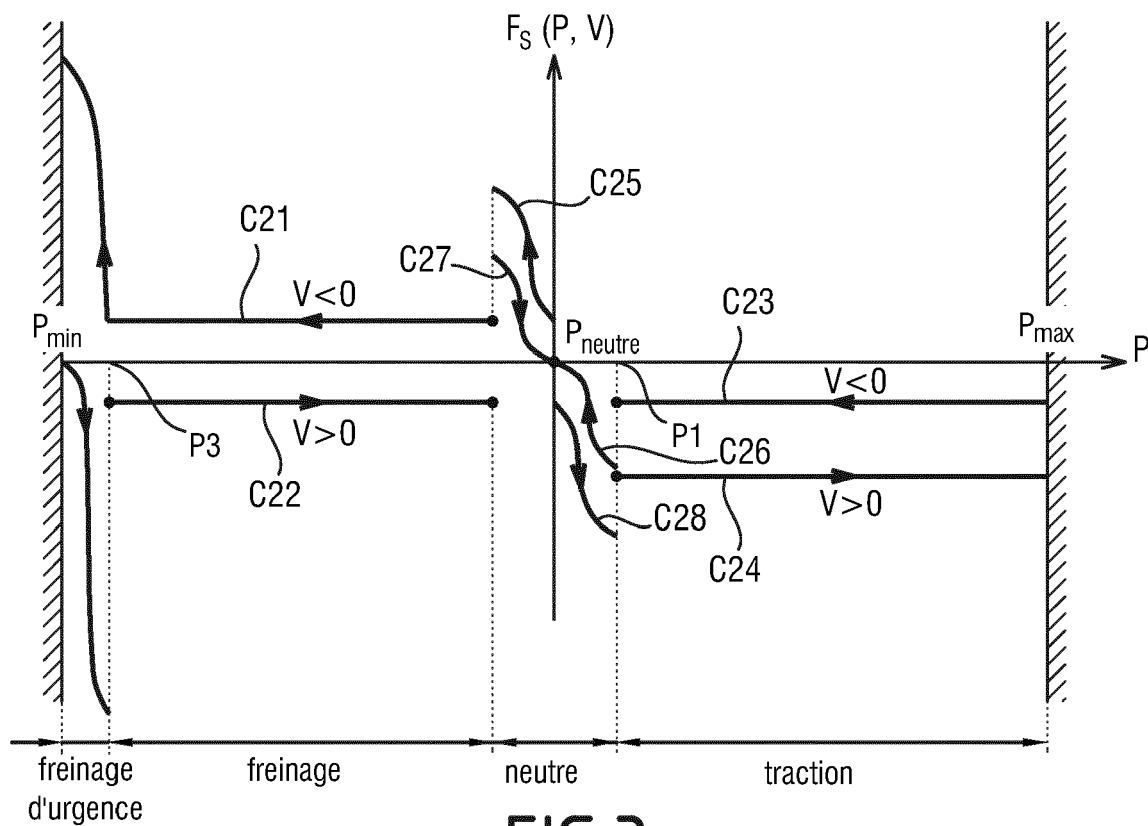


FIG. 3

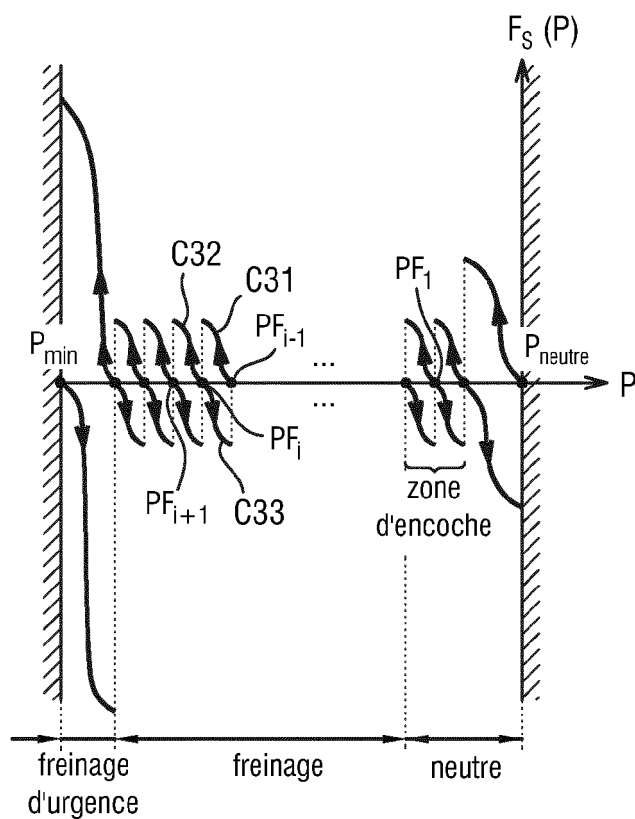


FIG. 4

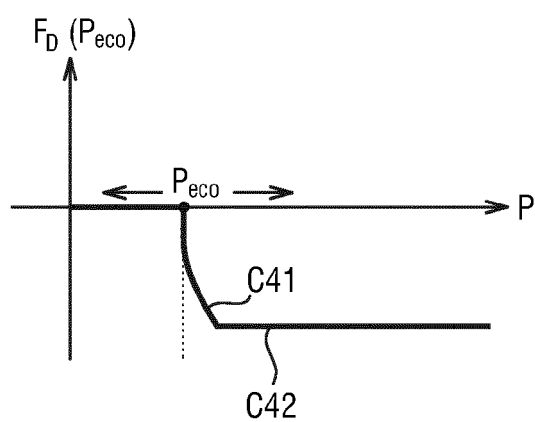


FIG. 5

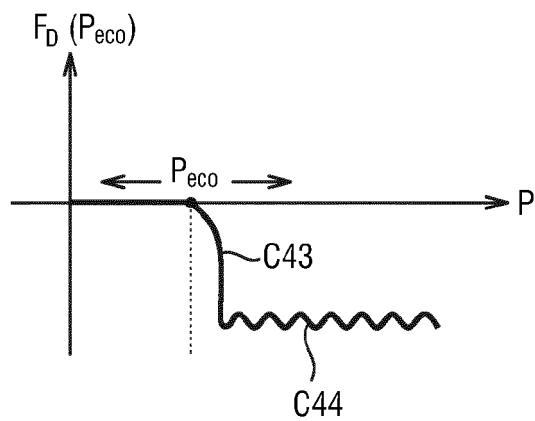


FIG. 6

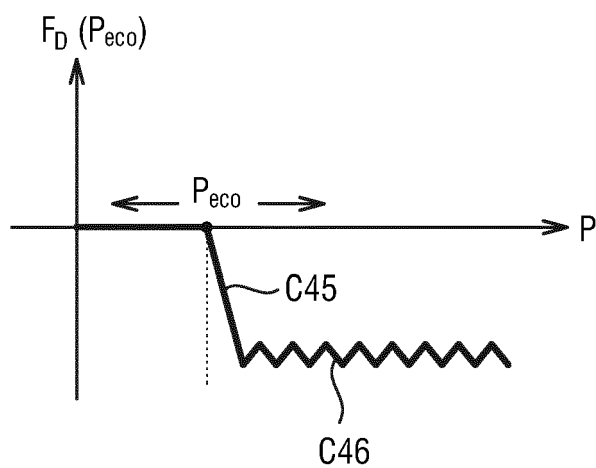


FIG. 7

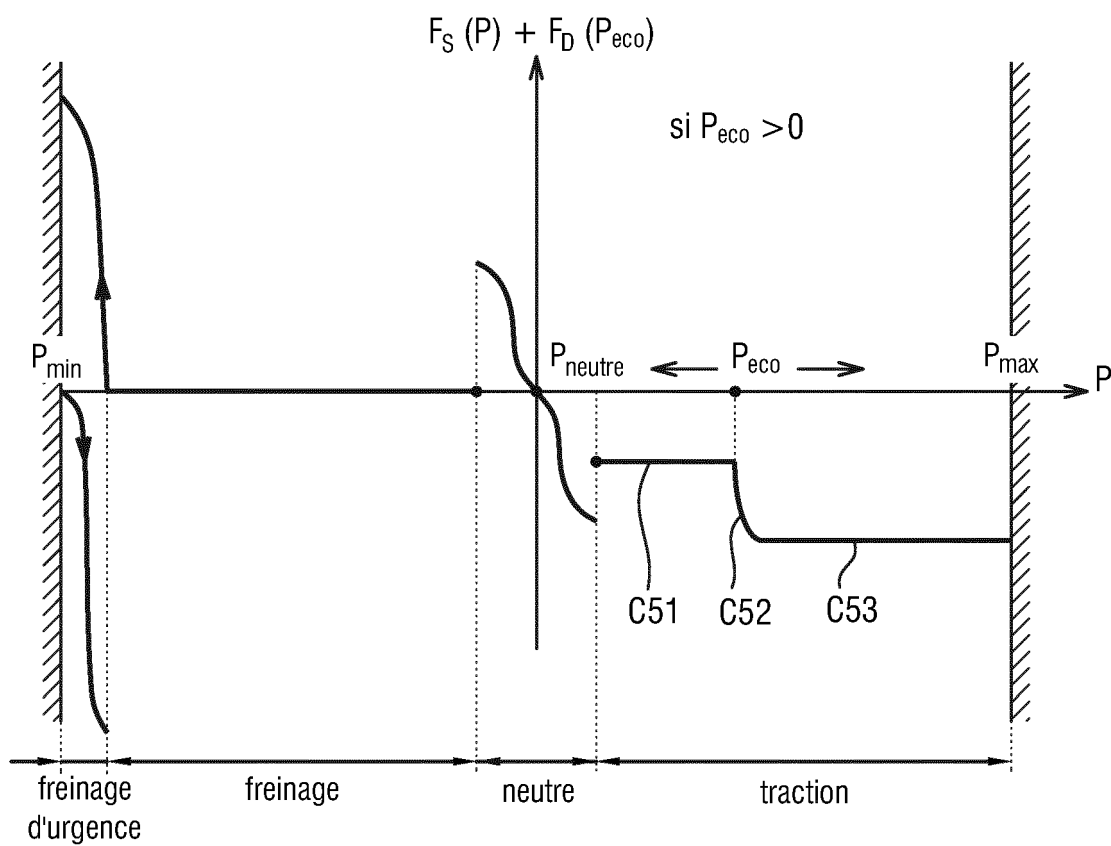


FIG. 8

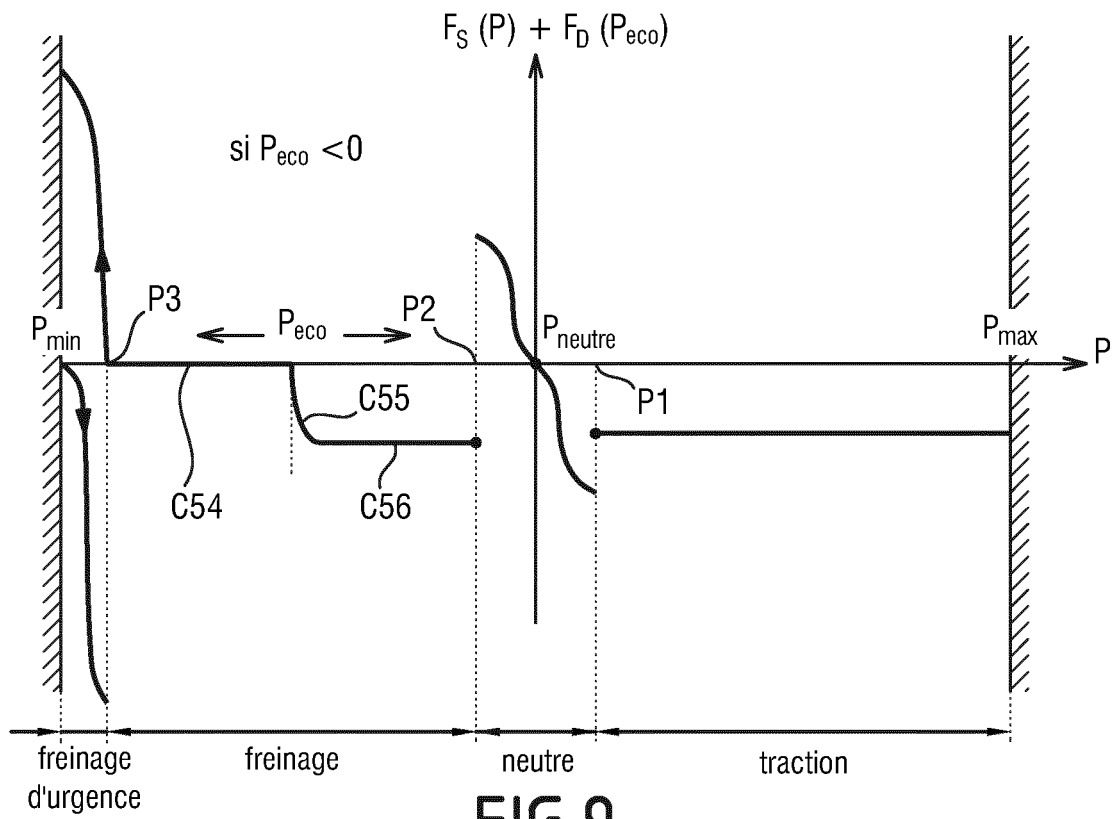


FIG.9

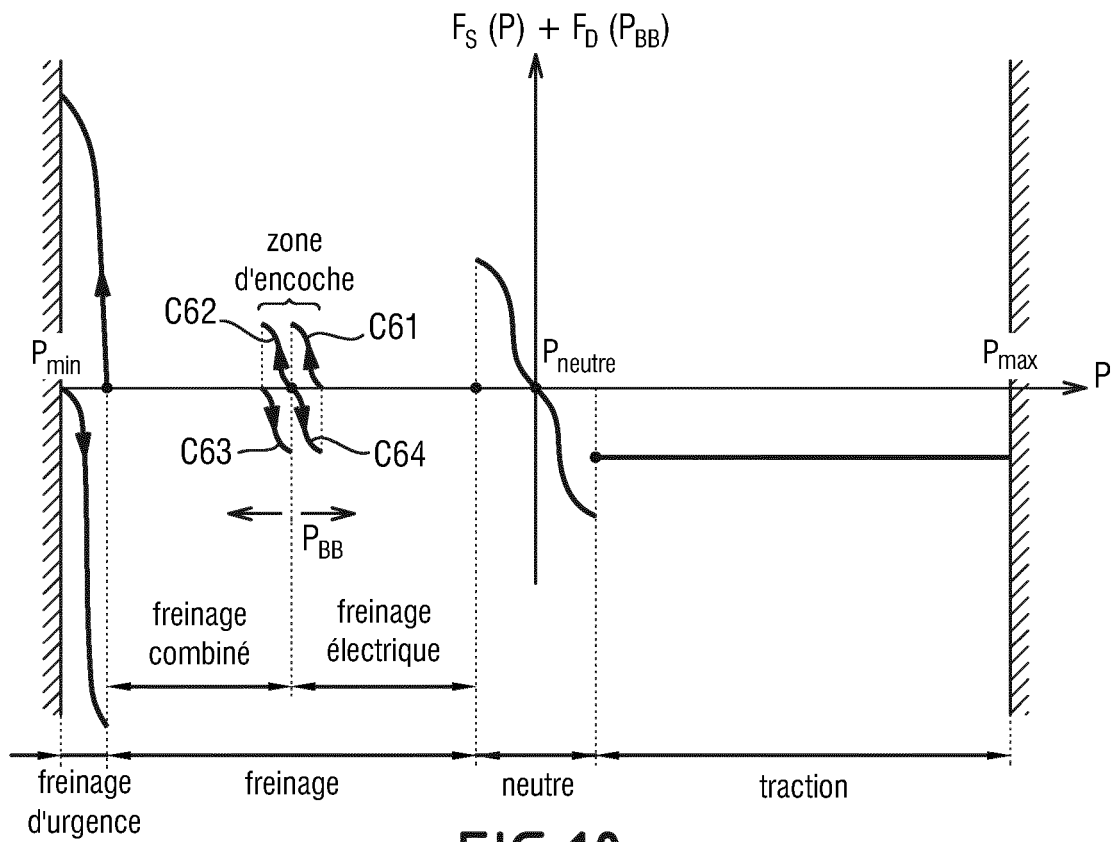


FIG.10



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 17 19 6839

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)
X	EP 2 712 783 A1 (ALSTOM TRANSPORT SA [FR]) 2 avril 2014 (2014-04-02) * le document en entier * -----	1-12	INV. B61D17/12
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			B61D B61C
1 Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche Munich		Date d'achèvement de la recherche 30 janvier 2018	Examineur Lorandi, Lorenzo
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)

