

19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

11) N° de publication : **2 905 105**
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

21) N° d'enregistrement national : **06 07537**

51) Int Cl⁸ : B 61 L 23/00 (2006.01), G 05 D 13/62

12) **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION**

A1

22) Date de dépôt : 25.08.06.

30) Priorité :

43) Date de mise à la disposition du public de la demande : 29.02.08 Bulletin 08/09.

56) Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du présent fascicule*

60) Références à d'autres documents nationaux apparentés :

71) Demandeur(s) : *ALSTOM TRANSPORT SA Société anonyme — FR.*

72) Inventeur(s) : DEMAYA BERNARD et FOREAU JEROME.

73) Titulaire(s) :

74) Mandataire(s) : CABINET LAVOIX.

54) **DISPOSITIF DE COMMANDE REGULÉE DE VEHICULE A PRECISION RECENTREE.**

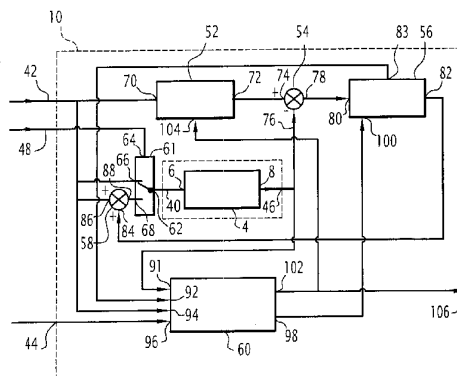
57) Le dispositif de commande régulée (10) d'arrêt de précision destiné à un véhicule (4) avec pilotage automatique comprend :

une entrée cinématique (44, 46) observée apte à recevoir au moins une grandeur variable cinématique observée du véhicule (4),

une entrée de consigne (42) prédéterminée, apte à recevoir un signal de consigne, de commande non régulée,

une sortie (40) de commande régulée fonction de l'entrée cinématique (44, 46) observée et de l'entrée de consigne (42) selon une fonction de transfert caractéristique prédéterminée comportant au moins un paramètre interne (K, τ).

Le dispositif comprend une unité de commande d'adaptation (60) apte à modifier au moins un paramètre interne (K, τ) en fonction de l'entrée cinématique (44, 46) observée et l'entrée de consigne (42).



FR 2 905 105 - A1



La présente invention concerne un dispositif de commande d'arrêt de précision destiné à un train avec pilotage automatique.

Il est bien connu que les trains, en particulier les métros, sont dotés de systèmes de pilotage automatiques assurant la conduite sécurisée des véhicules entre des stations et assurant l'arrêt précis du train à chaque station.

Lorsque les quais des stations sont équipés de portes palières, les portes du train doivent être alignées avec les portes du quai car il en résulte autrement une perturbation pour l'exploitation des trains automatiques, particulièrement les métros sans conducteur.

Si le freinage du train est réglé trop intensément, le train présente un caractère sur-freineur qui entraîne que le centre des portes du train se trouve décalé en amont des portes palières correspondantes.

Si à l'inverse le freinage du train est réglé trop mou, le train présente un caractère sous-freineur qui entraîne que le centre des portes du train se trouve décalé en aval des portes palières correspondantes.

Le réglage du dispositif de commande d'un train doit donc permettre de s'affranchir des caractères sur freineur ou sous freineur d'un train.

Il est connu qu'après la mise en service d'un train dont le dispositif de commande d'arrêt a été initialement réglé, les caractéristiques du train varient au cours de son exploitation du fait de l'usure ou du vieillissement.

La régulation mise en œuvre est alors mal adaptée à compenser ces évolutions, ce qui se traduit par une reprise plus fréquente en commande manuelle à distance du train et une perte de temps d'exploitation.

Le problème technique objectif est la diminution de la durée d'indisponibilité des trains et de la perte du trafic du système à l'exploitation.

Le but de l'invention est donc d'améliorer la disponibilité et le trafic des trains.

A cet effet, l'invention a pour objet un dispositif de commande régulée, d'arrêt de précision destiné à un véhicule avec pilotage automatique comprenant une entrée cinématique observée apte à recevoir au moins une grandeur variable cinématique observée du véhicule, une entrée de consigne prédéterminée, apte à recevoir un signal de consigne, de commande non régulée, une sortie de commande régulée apte à fournir au moins une grandeur de commande

dynamique régulée au véhicule, fonction de l'entrée cinématique observée et de l'entrée de consigne selon une fonction de transfert caractéristique prédéterminée du dispositif, la fonction de transfert comportant au moins un paramètre interne, caractérisé en ce que le dispositif comprend une unité de commande d'adaptation apte à modifier par une commande d'adaptation au moins un paramètre interne, la commande d'adaptation étant fonction de l'entrée cinématique observée et de l'entrée de consigne.

Suivant des modes particuliers de réalisation, le dispositif de commande comprend l'une ou plusieurs des caractéristiques suivantes prise(s) isolément ou selon toutes les combinaisons techniquement possibles :

- le dispositif comprend deux paramètres internes modifiables, le premier paramètre étant un retard de réponse dynamique associé au véhicule et le deuxième paramètre étant une commande de biais de régulation dynamique ;
- la commande d'adaptation est fonction d'un écart entre, d'une part, l'entrée cinématique observée, et, d'autre part, une grandeur cinématique attendue, déterminée à partir d'un modèle de réponse dynamique prédéterminé associé au véhicule et à partir de l'entrée de consigne ;
- la commande d'adaptation dépend en outre d'au moins un paramètre de convergence fonction d'une commande de régulation ;
- la fonction de commande est partitionnée en des classes définies en fonction de l'écart entre l'entrée cinématique observée et la grandeur cinématique attendue, et l'au moins un paramètre de convergence ;
- l'entrée de consigne est une entrée de réception d'une consigne de décélération du véhicule,
- l'entrée cinématique observée comprend une entrée de réception d'une vitesse observée et une entrée de réception d'une décélération observée,
- la sortie de commande régulée est une sortie de fourniture d'un signal de commande régulée de décélération du véhicule,
- et il comprend un ensemble d'unités composantes de la fonction de transfert du dispositif ;
- le dispositif comprend :

- une unité de modélisation représentant une réponse dynamique attendue du véhicule à la consigne de décélération et permettant de déterminer la décélération attendue du véhicule comme grandeur cinématique attendue,
- une unité de comparaison du signal de décélération attendue et du
5 signal de décélération observée,
- une unité de régulation permettant de fournir un signal de commande rétroactif de correction de l'écart existant entre la décélération attendue et la décélération observée,
- une unité de synthèse pour déterminer un signal de commande régulée
10 en fonction du signal de consigne et du signal rétroactif de correction ;
- l'unité de commande d'adaptation comprend :
 - une première entrée d'unité de commande d'adaptation destinée à recevoir la consigne de décélération,
 - une deuxième entrée de commande d'adaptation destinée à recevoir la
15 décélération observée,
 - un estimateur d'un temps de réponse en comparant la courbe de variation temporelle de la décélération attendue à celle de la décélération observée,
 - au moins un estimateur statistique de paramètre de convergence
20 représentatif de la précision d'arrêt fonction de la décélération observée du véhicule et de la consigne de décélération du train ;
- l'unité de régulation comprend
 - une entrée d'unité de régulation destinée à recevoir l'écart existant entre la décélération attendue et la décélération observée,
25
 - une sortie de fourniture d'une composante de régulation de type intégral dite commande intégrale,
- et l'unité d'adaptation comprend une troisième entrée connectée à la sortie de commande intégrale de l'unité de régulation ;
- un estimateur de l'unité d'adaptation est apte à déterminer un critère de
30 convergence fondé sur le signal de commande intégrale de régulation fournie en entrée ;
- l'unité de commande d'adaptation est apte à :

identifier par un procédé de classification une classe de freinage de véhicule fonction, d'une part, de l'écart d'un temps de réponse observé et d'un temps prédit par l'unité de modélisation de l'effet de la consigne envoyée au véhicule et d'autre part d'au moins un paramètre de convergence,

5 affecter des commandes d'adaptation fonction de la classe de freinage du véhicule ;

- l'unité de commande d'adaptation comprend :

- une entrée de fourniture d'une vitesse observée du train,

- un premier estimateur statistique d'un premier paramètre de convergence

10 représentatif de la performance d'arrêt fonction de la décélération observée et de la consigne de décélération,

- un deuxième estimateur statistique d'un deuxième paramètre de convergence représentatif de la performance d'arrêt fonction de la vitesse observée, de la décélération observée et de la consigne de décélération ;

15 - l'unité de commande d'adaptation comprend

une première sortie apte à délivrer une commande de biais de régulation de la commande,

une deuxième sortie apte à délivrer une commande d'ajustement du retard de réponse dynamique,

20 - la première sortie de l'unité de commande d'adaptation est connectée à l'entrée de l'unité de régulation, et

la deuxième sortie de l'unité de commande d'adaptation est connectée à l'entrée de l'unité de modélisation pour lui fournir une commande d'ajustement de retard ;

25 - le dispositif comprend :

une entrée d'enclenchement / déclenchement du dispositif de commande d'arrêt, et

des moyens d'enclenchement / déclenchement de la mise en fonctionnement du dispositif de commande d'arrêt ;

30 - le dispositif de d'enclenchement / déclenchement comprend :

une entrée de commande apte à recevoir une entrée de commande de déclenchement de mode d'arrêt précis de tir au but,

un commutateur à deux entrées et une sortie simple, la sortie étant connectée directement à l'entrée du véhicule,

et la connexion d'une entrée à la sortie dépend du signal de commande d'enclenchement / déclenchement fournie en entrée de commande.

5 L'invention a pour objet également un procédé de commande régulée d'arrêt de précision de véhicule mis en oeuvre par un dispositif de commande régulée défini par une fonction de transfert ayant au moins un paramètre interne, comprenant les étapes consistant à :

- recevoir, en une entrée de consigne, une consigne prédéterminée de
10 commande non régulée de véhicule,

- recevoir en une entrée cinématique observée une grandeur cinématique observée du véhicule,

- fournir en une sortie de commande régulée, un signal de commande réglée au véhicule,

15 caractérisé en ce qu'il comprend en outre une étape consistant à

- commander l'adaptation d'au moins un paramètre interne en fonction de l'entrée de consigne et de l'entrée cinématique observée.

Suivant des modes particuliers de réalisation, le procédé comprend l'une ou plusieurs des caractéristiques suivantes prise(s) isolément ou selon toutes les
20 combinaisons techniquement possibles :

- le procédé comprend le étapes consistant à :

- modéliser et calculer une réponse dynamique de véhicule à une consigne de commande du véhicule sous la forme d'une grandeur cinématique attendue,

25 - comparer la grandeur cinématique attendue à la grandeur de décélération observée,

- réguler la consigne de commande par la fourniture d'un signal de rétroaction formant une correction de l'écart existant entre la grandeur cinématique attendue et la grandeur cinématique observée,

30 - effectuer la combinaison de la consigne et du signal rétroactif de correction pour déterminer une commande régulée ;

- l'étape de commande d'adaptation comprend les étapes consistant à :

- recevoir en une première entrée la consigne commande,

- recevoir en une deuxième entrée la grandeur cinématique observée,
- estimer le temps de réponse dynamique en comparant la variation temporelle de la grandeur cinématique attendue à la grandeur cinématique observée,
- 5 - estimer par une statistique un paramètre de convergence représentatif de la précision d'arrêt en fonction de la grandeur cinématique observée et de la consigne de commande ;
 - l'étape de commande d'adaptation comprend l'étape consistant à :
 - recevoir une composante de régulation de type intégral fournie à l'étape
- 10 de régulation,
 - et
 - l'estimation d'un critère de convergence est fondée sur la composante de régulation de type intégral fournie ;
 - l'étape de commande d'adaptation comprend en outre les étapes
- 15 consistant à :
 - identifier par un procédé de classification une classe de freinage de train fonction, d'une part, de l'écart du temps de réponse observé et du temps prédit de l'effet de la consigne envoyée au véhicule au travers du dispositif de commande et d'autre part d'au moins un paramètre de convergence représentatif
- 20 d'un arrêt,
 - affecter des commandes d'adaptation fonction de la classe de freinage du train ;
 - l'étape de commande d'adaptation comprend en outre l'étape consistant
- à :
 - 25 - recevoir en une entrée une vitesse observée du véhicule,
 - et l'étape d'estimation comprend
 - une première étape d'estimation consistant à déterminer, par une première statistique, un premier paramètre de convergence représentatif de la performance du réglage, fonction de la décélération observée du train et de la
- 30 consigne de décélération,
 - une deuxième étape d'estimation par une deuxième statistique un deuxième paramètre de convergence représentatif de la performance de réglage,

fonction de la vitesse observée, de la décélération observée et de la consigne de décélération ;

- l'étape de commande d'adaptation comprend en outre les étapes consistant à :

5 délivrer en une première sortie une commande de biais de régulation de la commande régulée,

 délivrer en une deuxième sortie une commande d'ajustement de retard ;

- la commande d'ajustement de retard est fournie à l'unité de modélisation de la réponse dynamique du véhicule ;

10 - l'étape de commande d'adaptation comprend en outre l'étape consistant à :

 fournir un message d'avertissement du caractère hors gabarit d'un train en cas d'échec de la convergence des critères de convergence et/ou d'alignement du temps de réponse la prise d'effet de la consigne de décélération après un

15 nombre d'arrêts prédéterminé ; et

- le procédé comprend en outre une étape consistant à :

 enclencher / déclencher le dispositif de commande régulée.

L'invention a pour objet également un train comportant le dispositif selon l'invention pour commander l'action du moteur et/ou du frein.

20 L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description d'un mode de réalisation qui va suivre uniquement donnée à titre d'exemple et faite en se référant aux dessins sur lesquels :

- la figure 1 est un schéma fonctionnel d'un dispositif de pilotage automatique de train selon l'invention ;

25 - la figure 2 est un graphique d'une courbe de vitesse d'un train en fonction de la distance correspondant à une stratégie d'arrêt ;

- la figure 3 est un schéma fonctionnel du dispositif de commande régulée d'arrêt de précision ;

30 - la figure 4 est un organigramme du procédé d'élaboration de commandes d'adaptation ;

- la figure 5 est un graphique de courbe servant à l'identification du retard de prise d'effet de la consigne de décélération associé à un train sous-freineur ;

- la figure 6 est un graphique de courbe servant à l'identification du retard de prise d'effet de la consigne de décélération associé à un train sur-freineur ;

5 - la figure 7 est un graphique de classification des deux premières classes de freinage selon le critère C_1 , le retard du modèle étant égal du retard identifié ;

- la figure 8 est une paire de graphiques de classification des autres classes par rapport à la figure 7 en fonction des critères C_1 et C_2 , le retard du modèle étant différent du modèle identifié ;

10 - la figure 9 est un diagramme de classification qualitatif représentant les différentes étapes de classification suivant différents critères d'identification ;

- la figure 10 est un graphique de détermination des domaines de commande du dispositif de commande ;

15 - la figure 11 est un graphique des performances simulées des précisions d'un parc de trains lorsque l'unité de commande d'adaptation est inactive ; et

- la figure 12 est un graphique des performances simulées des précisions d'arrêt des trains lorsque l'unité de commande d'adaptation est active.

20 La figure 1 représente un dispositif de pilotage automatique 2 d'un train 4 fonctionnant sans commandes fournies par un conducteur.

Le train 4 comprend un ensemble de voitures avec des moteurs de traction et des freins servant au freinage et à l'arrêt du train. En variante, le train peut être un véhicule automatique quelconque.

25 Le train 4 est apte à recevoir, à une entrée de commande 6, une commande régulée d'accélération/décélération et à fournir, en une sortie d'observation 8, l'accélération/décélération observée ici sous la forme d'une mesure à bord du train.

30 Le dispositif de pilotage automatique 2 comprend un dispositif de commande régulée 10 d'arrêt de précision, un estimateur de paramètres cinématiques 12 du train 4 et une unité centrale 14 de pilotage du train sans conducteur.

L'estimateur de paramètres cinématiques 12 comprend une première entrée 16 d'estimateur destinée à recevoir une consigne

d'accélération/décélération élaborée par et issue de l'unité centrale 14. L'estimateur de paramètres cinématiques comprend également une première et deuxième sorties 18, 20 d'estimateur aptes à fournir respectivement une distance estimée d par rapport à une balise de localisation au sol et une vitesse cinématique v estimée du train.

L'estimateur de paramètres cinématiques 12 comprend en amont, un circuit 22 de retard d'effet de la consigne et, en aval, un intégrateur cinématique 24 à prédicteur/correcteur. Le circuit de retard 22 est apte à recevoir la consigne d'accélération/décélération en provenance de l'entrée 16 et à recevoir, en une entrée 26 de réglage de retard, une commande de réglage de retard notée τ . L'estimateur de paramètres cinématiques 28 comprend en outre une entrée d'initialisation 27, destinée à recevoir des paramètres d'initialisation de traitement cinématique.

L'unité centrale de pilotage 14 chargée de la coordination des tâches du dispositif de pilotage automatique 2 comprend une première entrée 30 et une deuxième entrée 32 destinées à recevoir respectivement la distance estimée d et la vitesse estimée v issues de l'estimateur de paramètres cinématiques 12. L'unité centrale de pilotage 14 comprend en outre une première sortie de signal de consigne d'accélération / décélération 34 et une deuxième sortie 36 de fourniture de signal de sélection de mode conduite / freinage et une troisième sortie 38 de fourniture de la vitesse v cinématique du train.

Le dispositif de commande régulée 10 comporte une sortie de commande régulée 40, apte à délivrer un signal de commande régulée du train, et, connectée à l'entrée 6 du train 4.

Le dispositif de commande d'arrêt de précision comprend également une première entrée 42 apte à recevoir une consigne d'accélération/décélération issue de la sortie 34 de l'unité centrale, une deuxième entrée 44 de réception du signal d'estimation de vitesse v issu de la sortie 38, une troisième entrée 46, apte à recevoir la décélération observée du train, issue de la sortie 8 du train 4 et une quatrième entrée 48 de commande de sélection de mode issue de la sortie 36 de l'unité centrale

En fonctionnement, le dispositif de pilotage automatique 2 permet de mettre en œuvre une stratégie d'arrêt telle que représentée par la figure 2.

La figure 2 représente l'allure de la vitesse réalisée du train 50 en fonction de la distance pour la stratégie d'arrêt choisie.

La phase 1, référencée par un chiffre 1 encadrée par un carré, représente une phase de freinage jusqu'à une distance proche du point d'arrêt en station succédant à une conduite à vitesse constante.

La phase 2 permet d'annuler l'effort de freinage de manière à assurer le confort des passagers en évitant l'à-coup final de freinage.

La phase 3 est une phase à vitesse constante $v_{\phi 3}$ dite « vitesse de palier ». Cette vitesse doit être suffisamment faible pour optimiser le confort et pas trop faible pour éviter à un train sur-freineur de s'arrêter en amont du point d'arrêt en station. La distance parcourue à faible vitesse doit être la plus petite possible, et ce pour assurer un confort visuel en plus d'un confort de conduite.

La phase 4 est optionnelle. Elle est utile pour des trains où il est impossible de maintenir le système de freinage pneumatique en pression en appliquant un effort de freinage nul. Cette phase lorsqu'elle est présente est la phase de mise en pression d'un freinage pneumatique.

Enfin, la phase 5 dite « phase de tir au but » est la phase de freinage final. Le freinage final ne doit pas être trop fort toujours pour assurer le confort des passagers. Le freinage doit permettre de maintenir le train à l'arrêt.

Pendant les phases 1 à 4, l'unité centrale de pilotage 14 sélectionne un premier mode de commande, dit de conduite, par l'envoi d'une commande de sélection de mode issue de la sortie 36 au dispositif de commande d'arrêt de précision 10. Dans ce mode de conduite, le dispositif de commande d'arrêt 10 est transparent et transmet la consigne de décélération issue de l'unité centrale de pilotage 14, et la transmet intégralement à l'entrée du train. Durant les quatre phases 1 à 4, la commande effective reçue par le train 4 est élaborée seulement par l'unité centrale de pilotage 14 et est égale à la consigne de pilotage.

Pendant la phase 3, l'unité centrale de pilotage 14 vérifie si la phase de tir au but doit être déclenchée en comparant une valeur de seuil à la distance d'arrêt parcourue, calculée par l'estimateur de paramètres cinématiques.

Pour déterminer la distance d'arrêt parcourue, l'estimateur des paramètres cinématiques 12 utilise une modélisation de freinage du train en accélération/décélération et sa dérivée appelée aussi « jerk ». L'estimateur des

paramètres cinématiques 12 intègre le modèle en accélération/décélération deux fois, une fois pour obtenir la vitesse cinématique v et une deuxième fois pour obtenir la distance d , des conditions initiales ayant été réglées en entrée 27 à partir d'un signal de localisation.

5 Le calcul prédictif est fait à chaque cycle de calcul de l'unité centrale 14 et les deux intégrations sont faites à partir d'une méthode d'intégration numérique basée sur un prédicteur correcteur 24.

Ainsi, lorsque la distance parcourue d calculée est proche du point d'arrêt en station, les phases 4 et 5 sont déclenchées par l'unité centrale de
10 pilotage 14.

En utilisant ce principe de calcul de la distance d'arrêt, l'unité de pilotage s'affranchit du comportement de train sous-freineur ou sur-freineur. De plus, cela permet de ne pas utiliser une balise de déclenchement dédiée pour le freinage et située en entrée de station pour les phases 4 et 5, et de surcroît la
15 précision d'arrêt est augmentée.

La figure 3 représente une forme de réalisation du dispositif de commande régulée 10.

Le dispositif de commande régulée 10 comprend une unité de modélisation ou circuit de modèle 52 de la réponse dynamique du train, une unité
20 de comparaison 54, ici un comparateur, de la réponse du modèle à la réponse réelle du train 4, une unité de régulation 56 de fourniture d'une commande globale rétroactive de correction, et une unité de synthèse, ici un additionneur 58 pour déterminer un signal de commande régulée du train fonction du signal de consigne et du signal rétroactif de correction.

25 Le dispositif de commande régulée 10 comprend en outre une unité de commande d'adaptation 60 pour régler des paramètres de commandes caractéristiques de la performance en précision de l'arrêt du train, et des moyens d'enclenchement / déclenchement de la mise en fonctionnement du dispositif de commande d'arrêt, ici un commutateur de mode 61.

30 Par commodité de représentation des connexions, le train 4 est représenté sur la figure 3 à l'intérieur d'un grand carré tracé en pointillés délimitant le dispositif de commande régulée 10 mais le train ne fait pas partie du dispositif de commande régulée 10. C'est pourquoi, il est délimité à l'intérieur

d'un deuxième carré plus petit en pointillés destiné à le séparer du dispositif de commande régulée 10 qui l'entoure.

Le commutateur de modes 61 est pourvu d'une sortie simple 62 destinée à fournir le signal de commande régulée en entrée 6 du train 4 au travers de la sortie 40. Le commutateur de modes 61 comprend également une première entrée 64 de commande connectée à 44, apte à recevoir une commande de mode, une deuxième entrée 66 de mode de conduite connectée à 42 destinée à recevoir le signal de consigne d'accélération/décélération, et une troisième entrée 68 apte à recevoir un signal de commande régulée d'arrêt.

Le circuit de modèle 52 de la réponse dynamique du train comprend une première entrée 70 pour recevoir le signal de consigne de décélération du train 4 et une sortie 72 pour délivrer la réponse dynamique de décélération modélisée du train 4. La sortie 72 du circuit de modèle 52 est connectée à une première entrée 74 du comparateur 54 de réception de la réponse du modèle.

Le comparateur 54 comprend également une deuxième entrée 76 connectée à l'entrée 48 pour recevoir la décélération observée du train issue de la sortie 8 du train 4.

Le comparateur comprend enfin une sortie 78 de fourniture de signal d'erreur connectée à une première entrée 80 de l'unité de régulation 56.

L'unité de régulation 56 permet de déterminer un signal de correction dit de « régulation » selon deux composantes, une première dite proportionnelle et une deuxième dite intégrale.

L'unité de régulation 56 comprend une première sortie 82 pour délivrer le signal de correction globale et une deuxième sortie 83 permettant de délivrer le signal de commande intégrale.

L'additionneur 58 comprend une première entrée 84 connectée à la première sortie 82 de l'unité de régulation 56 et une deuxième entrée 86 connectée à 42 permettant de recevoir le signal de consigne de décélération. L'additionneur 58 comprend également une sortie 88 d'additionneur permettant de délivrer le résultat de l'addition des deux signaux fournis en entrées 84 et 86.

L'unité de commande d'adaptation 60 comprend une première entrée 91 connectée à 48 destinée à recevoir l'observation d'accélération / décélération du train issue de 8, une deuxième entrée 92 connectée à 83 apte à recevoir la

commande intégrale de l'unité de régulation 56, une troisième entrée 94 connectée à 42 apte à recevoir la consigne de décélération, et une quatrième entrée 96 connectée à 44 pour recevoir l'information de vitesse cinématique v du train 4.

5 L'unité de commande d'adaptation 60 comprend également une première sortie 98 apte à fournir un biais de commande de régulation noté K à une deuxième entrée 100 d'adaptation de l'unité de régulation 56.

L'unité de commande d'adaptation 60 comprend également une deuxième sortie 102 apte à fournir une commande d'adaptation relative au retard
10 notée τ à une deuxième entrée 104 de réglage du circuit de modèle 52 de la réponse dynamique du train 4. En outre, de manière optionnelle la deuxième sortie de l'unité d'adaptation est connectée à une sortie auxiliaire 106 du dispositif de commande permettant de fournir la valeur τ de la commande d'adaptation de retard à un autre circuit.

15 En fonctionnement au cours des phases 4 et 5, le signal de commande de sélection est placé dans un deuxième mode dit mode d'arrêt. Ainsi, le dispositif de commande d'arrêt 10 est activé pour commander l'arrêt de précision dans la phase de tir au but.

En fonctionnement, un procédé est mis en œuvre par l'unité de
20 commande d'adaptation 60, dans lequel des classes d'appartenance du train caractérisant son type de freinage sont déterminées. En fonction de la classe d'appartenance du train, l'unité de commande d'adaptation 60 fournit différentes commandes, à savoir le biais de commande de régulation K en 56 et la commande d'adaptation de retard τ en 52.

25 Le procédé mise en œuvre par l'unité de commande d'adaptation 60 est décrit en détail ci-dessous.

Dans une étape initiale 108, un compteur d'arrêts i est initialisé à la valeur 1. Pour chaque arrêt i d'un train considéré ayant une charge d'inertie Q , supposée ici quasiment constante et permanente, une étape de calcul de critère
30 110 et une étape d'identification du retard 112 sont mises en œuvre.

Dans l'étape 110, un premier critère $C_1^i(Q)$ et un deuxième $C_2^i(Q)$ sont calculés de la façon suivante.

$$C_1^i(Q) = \sum_{k=1}^N \text{Re } g_{\text{int}}(k) / N$$

$$C_2^i(Q) = v_{\varphi_3} \sum_{k=1}^N \text{Re } g_{\text{int}}(k)$$

5 où : k désigne un numéro d'échantillon d'un échantillonnage de mesures effectué pendant les phases 4 et 5,

N désigne la taille d'une statistique,

$\text{Re } g_{\text{int}}(k)$ désigne la composante intégrale de la commande de l'unité de régulation 56 correspondant à l'échantillonnage d'ordre k fournie en entrée 92,

10 v_{φ_3} désigne la valeur de la vitesse palier du train durant la phase 3 fournie en entrée 96,

Il est supposé que la valeur de N est choisie de manière à permettre la détermination d'une valeur de $C_1^i(Q)$ et d'une valeur de $C_2^i(Q)$ convergentes par rapport à la variable k.

15 Dans l'étape 112, l'identification du retard de prise d'effet effective de la consigne de décélération est mise en oeuvre.

Un test dans l'étape 114 est effectué sur le nombre d'arrêts réalisé par le train, comptabilisé par la valeur i du compteur d'arrêts en comparant i à une valeur de seuil x prédéterminée. Si la valeur seuil n'est pas atteinte, la valeur i du compteur est incrémentée d'une unité et les étapes 110,112 sont à nouveau effectuées.

Lorsque la valeur seuil x est atteinte par le compteur, des premier et second critères moyens $C_1^i(Q)$ et $C_2^i(Q)$ ainsi qu'un retard moyen $T(Q)$ sont calculés à l'étape 118 selon les algorithmes suivants :

25

$$C_1(Q) = \sum_{i=1}^X C_1^i(Q) / X$$

$$C_2(Q) = \sum_{i=1}^X C_2^i(Q) / X$$

$$T(Q) = \sum_{i=1}^X T^i(Q) / X$$

Où :

i : désigne un ordre d'arrêt du train ou indice d'essai

5 x : désigne la taille d'une statistique d'arrêts,

$C_1^i(Q)$: désigne la valeur du premier critère calculé à l'étape 110 pour l'arrêt d'ordre i du train considéré,

$C_2^i(Q)$: désigne la valeur du deuxième critère calculé à l'étape 110 pour l'arrêt d'ordre i du train considéré

10 $T^i(Q)$: désigne la valeur de retard de prise d'effet de la consigne identifiée pendant l'essai d'ordre i du train.

Dans une étape suivante 120, en se fondant sur un procédé de classification, une classe de freinage caractérisant un type de freinage de train est identifiée et attribuée au train en fonction des critères moyens de convergence $C_1(Q)$, $C_2(Q)$ et du retard moyen $T(Q)$ que nous supposons ici indépendants de Q et que nous noterons par simplification C_1 , C_2 et T .

Dans une étape suivante 122, les commandes d'adaptation, fonctions de la classe de freinage du train, sont déterminées sur la base d'un procédé d'affectation de commande qui va être décrit ci-dessous.

20 Dans une étape finale 124, il est vérifié que les paramètres de réglage ont bien été modifiés.

Les figures 5 et 6 représentent des graphiques de courbes servant à mettre en œuvre le procédé d'identification du retard $T^i(Q)$ de l'étape 112.

25 Ici, les graphiques de courbes sont enregistrés par l'unité de commande d'adaptation 60 sous forme de suite d'échantillons numérisés de la décélération mesurée du train 4 fournie en entrée 91.

30 La décélération cible indiquée sur les figures 5 et 6 est la consigne de décélération de tir au but fournie par l'unité centrale de pilotage 14 à la troisième entrée 94 de l'unité de commande d'adaptation 60 avant l'exécution de la phase de tir au but.

L'instant de déclenchement 126 de la phase de tir au but est l'instant de réception de la consigne de décélération cible par le dispositif d'arrêt et donc également par l'unité de commande d'adaptation.

L'instant de la prise d'effet de la consigne de décélération par le train est le moment 128 où une décélération égale à 10% de la valeur cible est observée sur la valeur de décélération observée du train fournie en entrée 91.

Le décalage temporel des instants 128 et 126 représente le retard $T^i(Q)$.

Lorsque la décélération réalisée est inférieure en valeur absolue à la décélération cible du train 4, le train est sous freineur comme représenté sur la figure 5.

Lorsque la décélération réalisée stabilisée est supérieure en valeur absolue à la décélération cible du train 4, le train est sur freineur comme représenté sur la figure 6.

Les figures 7 et 8 représentent des graphiques servant à définir le procédé de classification des freinages de train.

Selon un premier niveau de classification fondé sur l'écart entre le retard du modèle D et le retard moyen identifié $T(Q)$, on procède suivant l'une des deux classifications suivantes :

une classification fonction du critère C_1 seulement si l'écart est nul (cas correspondant à la figure 7),

une classification fonction des critères C_1 et C_2 pris ensemble, s'il existe un écart (cas correspondant à la figure 8).

Dans le cas représenté sur la figure 7, où le retard du modèle D est égal au retard identifié T , une valeur de seuil ε permet de partitionner l'ensemble des valeurs de C_1 en trois intervalles dont un central défini par $[-\varepsilon, +\varepsilon]$ et hachuré sur la figure 7.

Il est déterminé que si $|C_1| \leq \varepsilon$ alors le train appartient à la classe 2, et que dans le cas contraire, le train appartient à la classe la classe 1.

Dans le cas où le retard du modèle D est différent du retard identifié T , on procède selon le procédé de classification décrit à la figure 8.

Dans une première étape, selon la même valeur de seuil ε que mentionné ci-dessus, trois familles de classes sont distinguées suivant la valeur de C_1 , à savoir :

- si $|C_1| \leq \varepsilon$, une première famille constituée des classes 5, 6 et 7,
- 5 si la valeur de C_1 est inférieur à $-\varepsilon$, une deuxième famille constituée des classes 8 et 9,
- si la valeur de C_1 est supérieur à $+\varepsilon$, une troisième famille constituée des classes 3 et 4.

10 Ensuite, on procède au sein d'une même famille à une classification plus détaillée du niveau des classes, fondé sur la valeur de C_2 .

Les valeurs de C_2 sont partitionnées selon leur positionnement par rapport à six valeurs de seuil, $\eta_1, \eta_2, \eta_3, -\eta_1, -\eta_2$ et $-\eta_3$ avec $\eta_1 < \eta_2 < \eta_3$.

Au sein de la première famille, lorsque C_2 est compris dans l'intervalle $[-\eta_1, +\eta_1]$, le train appartient à la classe 6, lorsque C_2 est compris dans l'intervalle
 15 $] +\eta_1, +\eta_2]$, le train appartient à la classe 5, lorsque C_2 est compris dans l'intervalle $[-\eta_2, -\eta_1[$, le train appartient à la classe 7.

Au sein de la deuxième famille, lorsque C_2 est compris dans l'intervalle $[-\eta_3, -\eta_2[$, le train appartient à la classe 8, lorsque C_2 est strictement inférieur à $-\eta_3$, le train appartient à la classe 9.

20 Au sein de la troisième famille, lorsque C_2 est compris dans l'intervalle $] +\eta_2, +\eta_3]$, le train appartient à la classe 4, lorsque C_2 est strictement supérieur à $+\eta_3$, le train appartient à la classe 3.

L'ensemble du procédé de classification décrit ci-dessus est représenté dans le tableau 1.

Tableau 1

1 ^{ère} règle	2 ^{ème} règle de sélection	3 ^{ème} règle de sélection	Classe
Si $T = D$	Si $ C_1 \leq \varepsilon$	pas de condition	Classe 2
	Si $ C_1 > \varepsilon$	pas de condition	Classe 1
Si $T \neq D$	Si $ C_1 \leq \varepsilon$	Si $ C_2 \leq \eta_1$	Classe 6
		Si $\eta_1 < C_2 \leq \eta_2$	Classe 5
		Si $-\eta_2 \leq C_2 < -\eta_1$	Classe 7
	Si $C_1 < -\varepsilon$	Si $-\eta_2 \leq C_2 < -\eta_2$	Classe 8
		Si $C_2 < -\eta_3$	Classe 9
	Si $C_1 > \varepsilon$	Si $\eta_3 \geq C_2 > +\eta_2$	Classe 4
		$C_2 < +\eta_3$	Classe 3

Une description du procédé de classification en classes, exprimée en termes qualificatifs est fournie en figure 9. Les trois niveaux de classifications sont repris, le premier étant celui du retard de prise d'effet de la consigne, le deuxième celui de la valeur du critère C_1 , et le troisième celui de la valeur du critère C_2 . Ici un train court signifie un train sur-freineur, et un train long signifie un train sous-freineur.

Selon la classe d'appartenance du train, différentes commandes pourront être fournies par le système d'adaptation de commandes. Deux types de commandes sont fournis, à savoir un biais K à rajouter à la commande de régulation et un décalage de retard τ .

Cinq états de décalages de retard peuvent être fournis à savoir une absence de décalage ou décalage de valeur nulle, un décalage de valeur positive élevée $+T_H$, un décalage de valeur basse positive $+T_L$, un décalage de valeur basse négative $-T_L$ et un décalage de valeur élevée négative $-T_H$.

5 Concernant le biais K rajouté à la commande de régulation, neuf valeurs de commande de biais peuvent être fournies, à savoir une valeur de biais élevée positive $+K_3$, une valeur de biais intermédiaire positive $+K_2$, une valeur de biais basse positive $+K_1$, une valeur de biais élevée négative $-K_3$, une valeur de biais basse négative $-K_1$, une valeur de biais intermédiaire négative $-K_2$, une
 10 valeur de biais positive spécifique à la classe 6 notée $+K_{comb}$, une valeur de biais négative spécifique à la classe 6, $-K_{comb}$, ainsi qu'une valeur de biais nulle.

Pour l'affectation des commandes correspondant à la classe 1, un traitement plus fin est mis en œuvre à l'aide du graphique illustré sur la figure 10.

Pour la classe 1, l'affectation des commandes dépend de la valeur
 15 prise par C_1 et de son positionnement par rapport à un ensemble de valeurs de partitionnement notées $-\lambda_3, -\lambda_2, -\lambda_1, 0, +\lambda_1, +\lambda_2, +\lambda_3$ avec $\lambda_1 < \lambda_2 < \lambda_3$.

Selon l'intervalle auquel appartient C_1 , une commande de biais est attribuée.

Un tableau d'affectation des valeurs de commande définies ci-dessus
 20 aux classes est fourni dans le tableau 2.

20
Tableau 2

N° Classe	Biais régulateur K	Commande de réglage du retard τ
Classe 1	si $+\lambda_1 \leq C_1 < +\lambda_2$: +K1 si $+\lambda_2 \leq C_1 < +\lambda_3$: +K2 si $+\lambda_3 \leq C_1$: +K3 si $-\lambda_2 < C_1 \leq -\lambda_1$: -K1 si $-\lambda_3 < C_1 \leq -\lambda_2$: -K2 si $C_1 \leq -\lambda_3$: -K3	0
Classe 2	0	0
Classe 3	0	$+\tau_H$
Classe 4	0	$+\tau_L$
Classe 5	0	$+\tau_L$
Classe 6	si $D-T \geq 0$: $-K_{comb}$	$-\tau_L$
	si $D-T < 0$: $+K_{comb}$	$+\tau_L$
Classe 7	0	$-\tau_L$
Classe 8	0	$-\tau_L$
Classe 9	0	$-\tau_H$

Il est à noter que la commande de biais de correction de la régulation est limitée à deux bornes $-K3$, $+K3$.

Si l'une de ces deux bornes est atteinte et que le freinage du train n'a pas pu être ajusté et est resté dans une classe à performances médiocres, un message pourra être généré pour préciser le caractère non ajustable des paramètres de commandes. Ceci peut signifier que le train n'est pas commandable pour atteindre la performance souhaitée et se trouve hors gabarit.

Avec le dispositif d'adaptation, les performances d'arrêt des trains sont sensiblement améliorées.

Sur la figure 11, sont représentées des précisions d'arrêt simulées d'un parc de trains, commercialisés par ALSTOM TRANSPORT sous le nom commercial « Metropolis », sur un ensemble de 15000 arrêts lorsque le système d'adaptation est inactif tandis que sur la figure 12 sont représentées les précisions d'arrêt simulées lorsque le système d'adaptation est inactif.

Sans le mécanisme d'adaptation, il apparaît que la dispersion des précisions d'arrêt est d'environ plus ou moins 35 cm, tandis qu'avec le mécanisme d'adaptation, la dispersion des arrêts est d'environ plus ou moins 10 cm, une fois le mécanisme d'adaptation établi.

Il apparaît donc qu'en régime stabilisé la dispersion des arrêts est trois fois plus faible que la dispersion sans le mécanisme d'adaptation.

Avantageusement, des reprises en commande manuelle à distance des trains ne sont pas nécessaires pour aligner les trains avec les portes palières.

Avantageusement, il n'est pas nécessaire de prévoir des tâches fréquentes de maintenance en atelier pour la mise à jour du réglage du dispositif de commande d'arrêt du train.

Ainsi, la disponibilité des trains et le trafic sont améliorés.

Avantageusement, un outil d'évaluation du vieillissement du dispositif de commande d'arrêt est fourni avec une simplification des tâches de maintenance qui ne consistent alors qu'à de simples remplacements de modules.

Avantageusement encore, l'installation du train lorsqu'il entre dans le réseau pour sa mise en service est simplifiée et ne nécessite pas de réglages par un opérateur sur le matériel ou le logiciel.

REVENDICATIONS

1. Dispositif de commande régulée (10) d'arrêt de précision destiné à un véhicule (4) avec pilotage automatique comprenant :

une entrée cinématique (44, 46) observée apte à recevoir au moins une
5 grandeur variable cinématique observée du véhicule (4),

une entrée de consigne (42) prédéterminée, apte à recevoir un signal de consigne, de commande non régulée,

une sortie (40) de commande régulée apte à fournir au moins une
grandeur de commande dynamique régulée au véhicule (4), fonction de l'entrée
10 cinématique (44, 46) observée et de l'entrée de consigne (42) selon une fonction de transfert caractéristique prédéterminée du dispositif (10), la fonction de transfert comportant au moins un paramètre interne (K, τ),

caractérisé en ce que le dispositif (10) comprend une unité de commande d'adaptation (60) apte à modifier par une commande d'adaptation au moins un
15 paramètre interne (K, τ), la commande d'adaptation étant fonction de l'entrée cinématique (44, 46) observée et de l'entrée de consigne (42).

2. Dispositif de commande régulée (10) selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend deux paramètres internes modifiables (K, τ), le premier paramètre (τ) étant un retard de réponse dynamique associé au
20 véhicule et le deuxième paramètre (K) étant une commande de biais de régulation dynamique.

3. Dispositif de commande régulée (10) selon l'une quelconque des revendications 1 à 2, caractérisé en ce que

la commande d'adaptation est fonction d'un écart entre, d'une part,
25 l'entrée cinématique (44, 46) observée, et, d'autre part, une grandeur cinématique attendue, déterminée à partir d'un modèle de réponse dynamique (52) prédéterminé associé au véhicule (4) et à partir de l'entrée de consigne (42).

4. Dispositif de commande régulée (10) selon la revendication 3, caractérisé en ce que la commande d'adaptation (K, τ) dépend en outre d'au
30 moins un paramètre de convergence (C_1, C_2) fonction d'une commande de régulation (Reg_{int}).

5. Dispositif de commande régulée (10) selon la revendication 4, caractérisé en ce que la fonction de commande (K, τ) est partitionnée en des

classes définies en fonction de l'écart entre l'entrée cinématique observée (44, 46) et la grandeur cinématique attendue, et l'au moins un paramètre de convergence (C_1, C_2).

5 6. Dispositif de commande régulée selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que :

- l'entrée de consigne est une entrée (42) de réception d'une consigne de décélération du véhicule (4),

- l'entrée cinématique observée comprend une entrée (44) de réception d'une vitesse observée et une entrée (46) de réception d'une décélération observée,

10

- la sortie de commande régulée est une sortie (40) de fourniture d'un signal de commande régulée de décélération du véhicule (4),

et en ce qu'il comprend un ensemble d'unités composantes de la fonction de transfert (52, 56, 58, 61) du dispositif (10).

15 7. Dispositif de commande régulée (10) selon la revendication 6, caractérisé en ce qu'il comprend :

- une unité de modélisation (52) représentant une réponse dynamique attendue du véhicule (10) à la consigne de décélération et permettant de déterminer la décélération attendue du véhicule (4) comme grandeur cinématique attendue,

20

- une unité de comparaison (54) du signal de décélération attendue et du signal de décélération observée,

- une unité de régulation (56) permettant de fournir un signal de commande rétroactif de correction de l'écart existant entre la décélération attendue et la décélération observée,

25

- une unité de synthèse (58) pour déterminer un signal de commande régulée en fonction du signal de consigne et du signal rétroactif de correction,

8. Dispositif de commande régulée (10) selon l'une des revendications 6 à 7, caractérisé en ce que l'unité de commande d'adaptation (60) comprend :

- une première entrée (94) d'unité de commande d'adaptation (60) destinée à recevoir la consigne de décélération,

30

- une deuxième entrée (91) de commande d'adaptation destinée à recevoir la décélération observée,

- un estimateur d'un temps de réponse en comparant la courbe de variation temporelle de la décélération attendue à celle de la décélération observée,

5 - au moins un estimateur statistique de paramètre de convergence (C1, C2) représentatif de la précision d'arrêt fonction de la décélération observée du véhicule et de la consigne de décélération du train.

9. Dispositif de commande régulée selon l'une des revendications 7 à 8, caractérisé en ce que l'unité de régulation (56) comprend

10 - une entrée (80) d'unité de régulation destinée à recevoir l'écart existant entre la décélération attendue et la décélération observée,

- une sortie (83) de fourniture d'une composante de régulation de type intégral dite commande intégrale,

et en ce que l'unité d'adaptation (60) comprend une troisième entrée (92) connectée à la sortie (83) de commande intégrale de l'unité de régulation (56).

15 10. Dispositif de commande régulée selon l'une quelconque des revendications 8 à 9, caractérisé en ce qu'au moins un estimateur de l'unité d'adaptation (60) est apte à déterminer un critère de convergence fondé sur le signal de commande intégrale de régulation fournie en entrée (92).

20 11. Dispositif de commande régulé selon l'une des revendications 1 à 10, caractérisé en ce que l'unité de commande d'adaptation (60) est apte à :

25 identifier par un procédé de classification (120) une classe de freinage de véhicule (4) fonction, d'une part, de l'écart d'un temps de réponse observé (T) et d'un temps prédit (D) par l'unité de modélisation (52) de l'effet de la consigne envoyée au véhicule (4) et d'autre part d'au moins un paramètre de convergence (C1, C2).

affecter des commandes d'adaptation (K , τ) fonction de la classe de freinage du véhicule (4).

12. Dispositif de commande régulée selon l'une des revendications 6 à 11, caractérisé en ce que l'unité de commande d'adaptation (60) comprend :

30 - une entrée (96) de fourniture d'une vitesse observée (v) du train,

- un premier estimateur statistique d'un premier paramètre de convergence (C1) représentatif de la performance d'arrêt fonction de la décélération observée et de la consigne de décélération,

- un deuxième estimateur statistique d'un deuxième paramètre de convergence (C2) représentatif de la performance d'arrêt fonction de la vitesse ($v_{\phi 3}$) observée, de la décélération observée et de la consigne de décélération.

5 13. Dispositif de commande régulée selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, caractérisé ce que l'unité de commande d'adaptation (60) comprend

une première sortie (98) apte à délivrer une commande de biais de régulation de la commande (K),

10 une deuxième sortie (102) apte à délivrer une commande d'ajustement du retard de réponse dynamique (τ).

14. Dispositif de commande régulée la revendication 13 caractérisé ce que

la première sortie (98) de l'unité de commande d'adaptation (60) est connectée à l'entrée (100) de l'unité de régulation (56), et

15 la deuxième sortie (102) de l'unité de commande d'adaptation (60) est connectée à l'entrée (104) de l'unité de modélisation (52) pour lui fournir une commande d'ajustement de retard (τ).

15. Dispositif de commande régulée selon l'une quelconque des revendications 1 à 14 caractérisé en ce qu'il comprend :

20 une entrée (48) d'enclenchement / déclenchement du dispositif de commande d'arrêt, et

des moyens d'enclenchement / déclenchement (61) de la mise en fonctionnement du dispositif de commande d'arrêt.

25 16. Dispositif de commande régulée de précision selon la revendication 15, caractérisé en ce que le dispositif de d'enclenchement / déclenchement (61) comprend :

une entrée de commande (64) apte à recevoir une entrée de commande de déclenchement de mode d'arrêt précis de tir au but,

30 un commutateur à deux entrées (66, 68) et une sortie simple (62), la sortie (62) étant connectée directement à l'entrée (40) du véhicule (4),

et en ce que la connexion d'une entrée (66, 68) à la sortie (62) dépend du signal de commande d'enclenchement / déclenchement fournie en entrée de commande (64).

17. Procédé de commande régulée d'arrêt de précision de véhicule mis en oeuvre par un dispositif de commande régulée (10) défini par une fonction de transfert ayant au moins un paramètre interne (K, τ),

comprenant les étapes consistant à :

- 5 - recevoir, en une entrée (42) de consigne, une consigne prédéterminée de commande non régulée de véhicule (4),
- recevoir en une entrée (44, 46) cinématique observée une grandeur cinématique observée du véhicule (4),
- fournir en une sortie (40) de commande régulée, un signal de
10 commande réglée au véhicule (4),
- caractérisé en ce qu'il comprend en outre une étape consistant à
- commander l'adaptation d'au moins un paramètre interne (K, τ) en fonction de l'entrée de consigne (42) et de l'entrée cinématique (44, 46) observée.

15 18. Procédé de commande régulée selon la revendication 17, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes consistant à :

- modéliser et calculer une réponse dynamique de véhicule (4) à une consigne de commande du véhicule sous la forme d'une grandeur cinématique attendue,
- 20 - comparer la grandeur cinématique attendue à la grandeur de décélération observée,
- réguler la consigne de commande par la fourniture d'un signal de rétroaction formant une correction de l'écart existant entre la grandeur cinématique attendue et la grandeur cinématique observée,
- 25 - effectuer la combinaison de la consigne et du signal rétroactif de correction pour déterminer une commande régulée.

19. Procédé de commande régulée selon l'une quelconque des revendications 17 à 18 caractérisé en ce que l'étape de commande d'adaptation comprend les étapes consistant à :

- 30 - recevoir en une première entrée (94) la consignes commande,
- recevoir en une deuxième entrée (91) la grandeur cinématique observée,

- estimer le temps de réponse dynamique en comparant la variation temporelle de la grandeur cinématique attendue à la grandeur cinématique observée,

- estimer par une statistique un paramètre de convergence (C1, C2) représentatif de la précision d'arrêt en fonction de la grandeur cinématique observée et de la consigne de commande.

20. Procédé de commande régulée selon l'une quelconque des revendication 17 à 19 caractérisé en ce que l'étape de commande d'adaptation comprend l'étape consistant à :

10 - recevoir une composante de régulation de type intégral fournie à l'étape de régulation,

et en ce que

l'estimation d'un critère de convergence est fondée sur la composante de régulation de type intégral fournie.

15 21. Procédé de commande d'arrêt selon l'une quelconque des revendication 17 à 20 caractérisé en ce que l'étape de commande d'adaptation comprend en outre les étapes consistant à :

20 identifier par un procédé de classification (120) une classe de freinage de train (4) fonction, d'une part, de l'écart du temps de réponse observé (T) et du temps prédit (D) de l'effet de la consigne envoyée au véhicule (4) au travers du dispositif de commande (10) et d'autre part d'au moins un paramètre de convergence (C1, C2) représentatif d'un arrêt,

affecter (122) des commandes d'adaptation (K, τ) fonction de la classe de freinage du train (4).

25 22. Procédé de commande régulée selon l'une quelconque des revendication 19 à 21 caractérisé en ce

que l'étape de commande d'adaptation comprend en outre l'étape consistant à :

- recevoir en une entrée (96) une vitesse observée du véhicule,

30 et l'étape d'estimation comprend

- une première étape d'estimation consistant à déterminer, par une première statistique, un premier paramètre de convergence (C1) représentatif de

la performance du réglage, fonction de la décélération observée du train et de la consigne de décélération,

- une deuxième étape d'estimation par une deuxième statistique un deuxième paramètre de convergence (C2) représentatif de la performance de réglage, fonction de la vitesse ($v_{\varphi 3}$) observée, de la décélération observée et de la consigne de décélération.

23. Procédé de commande régulée selon l'une quelconque des revendications 17 à 22 caractérisé en ce que l'étape de commande d'adaptation comprend en outre les étapes consistant à :

10 délivrer en une première sortie (96) une commande de biais de régulation (K) de la commande régulée,
délivrer en une deuxième sortie (102) une commande d'ajustement de retard (τ).

24. Procédé de commande d'arrêt selon la revendication 23, caractérisé
15 en ce que :

la commande d'ajustement de retard (τ) est fournie à l'unité de modélisation (52) de la réponse dynamique du véhicule (4).

25. Procédé de commande régulée selon l'une des revendications 19 à 24 caractérisé en ce que l'étape de commande d'adaptation comprend en outre
20 l'étape consistant à :

fournir un message d'avertissement du caractère hors gabarit d'un train en cas d'échec de la convergence des critères de convergence et/ou d'alignement du temps de réponse la prise d'effet de la consigne de décélération après un nombre d'arrêts prédéterminé.

26. Procédé de commande d'arrêt selon l'une quelconque des revendications 17 à 25 caractérisé en ce qu'il comprend en outre une étape consistant à :

enclencher / déclencher le dispositif de commande régulée .

27. Véhicule (4) avec un moteur de traction et un frein comportant un
30 dispositif de commande régulée (10) d'arrêt de précision selon l'une quelconque de revendications 1 à 16 pour commander l'action du moteur et/ou du frein.

1/7

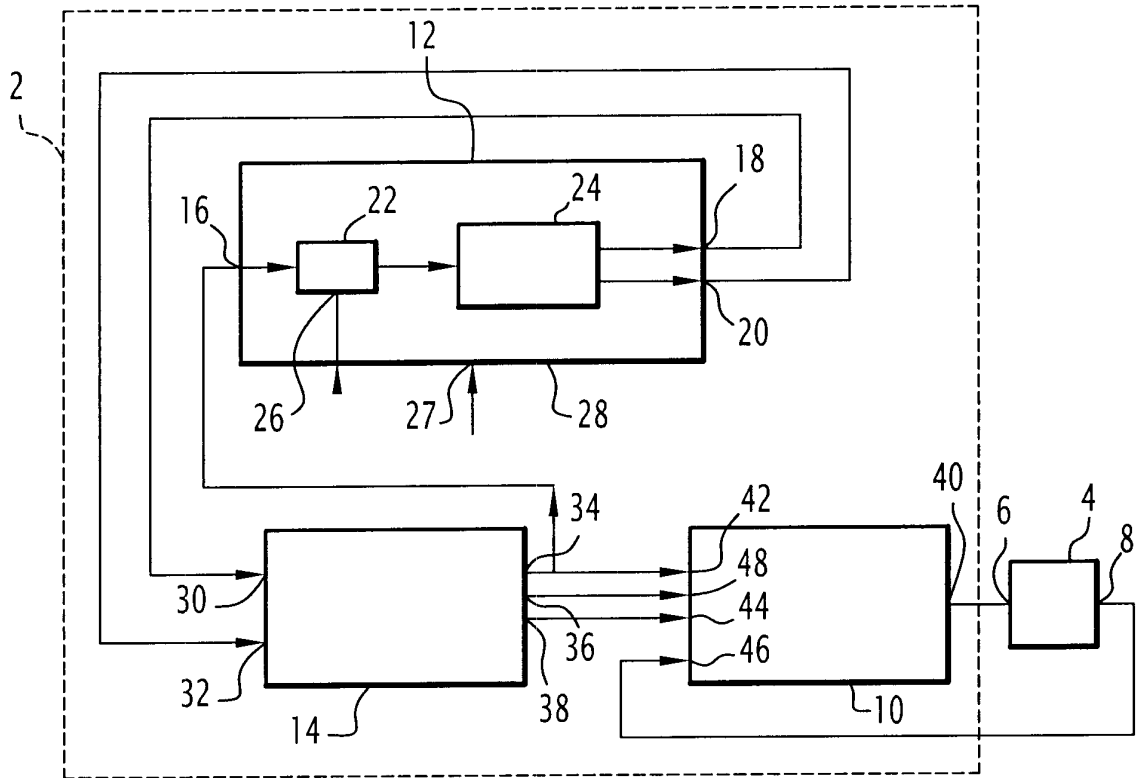


FIG.1

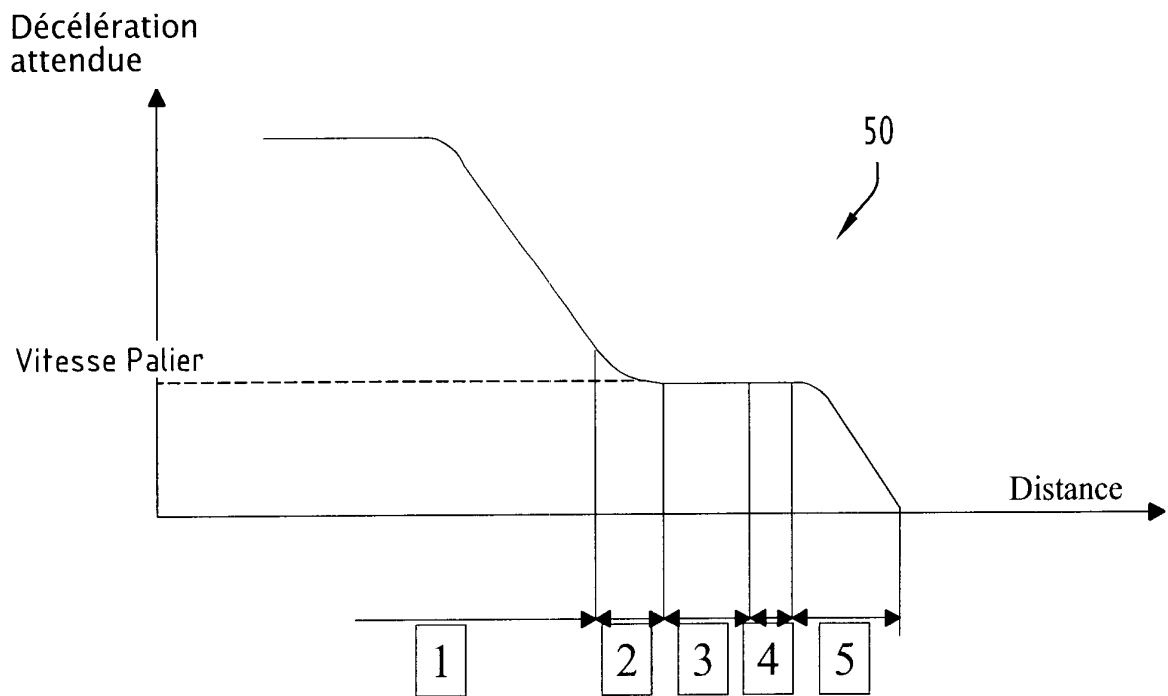


FIG.2

2/7

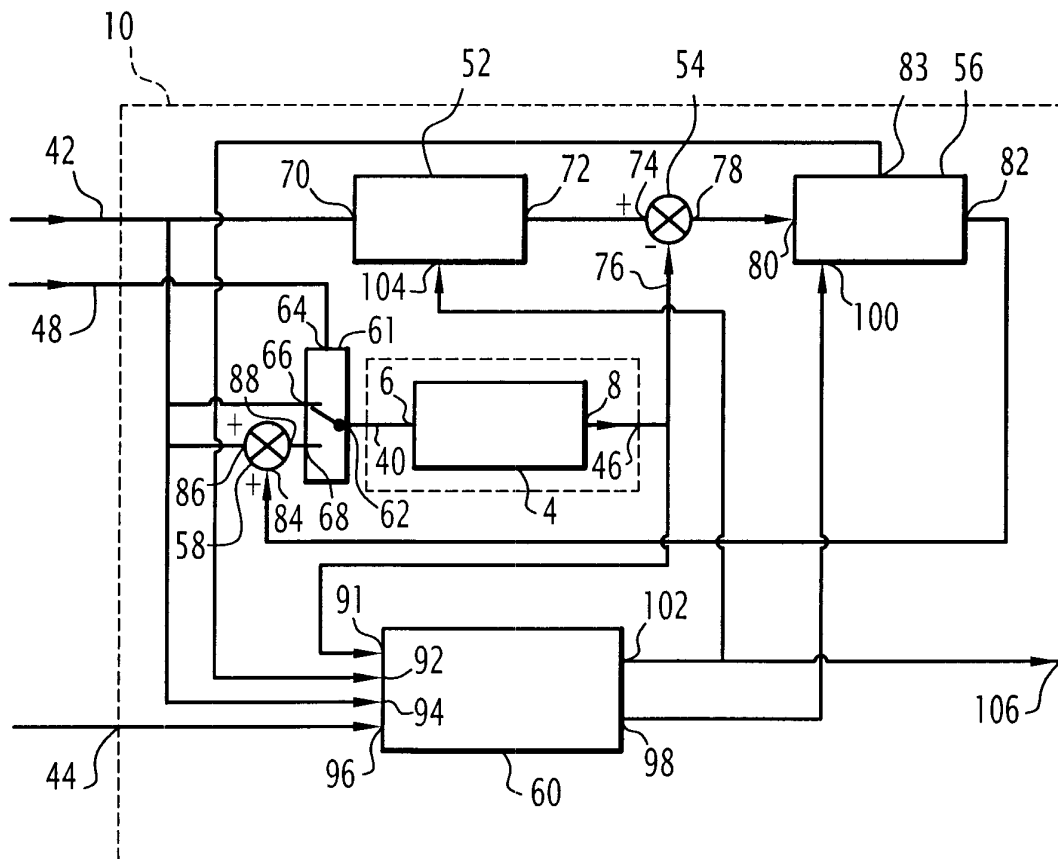


FIG. 3

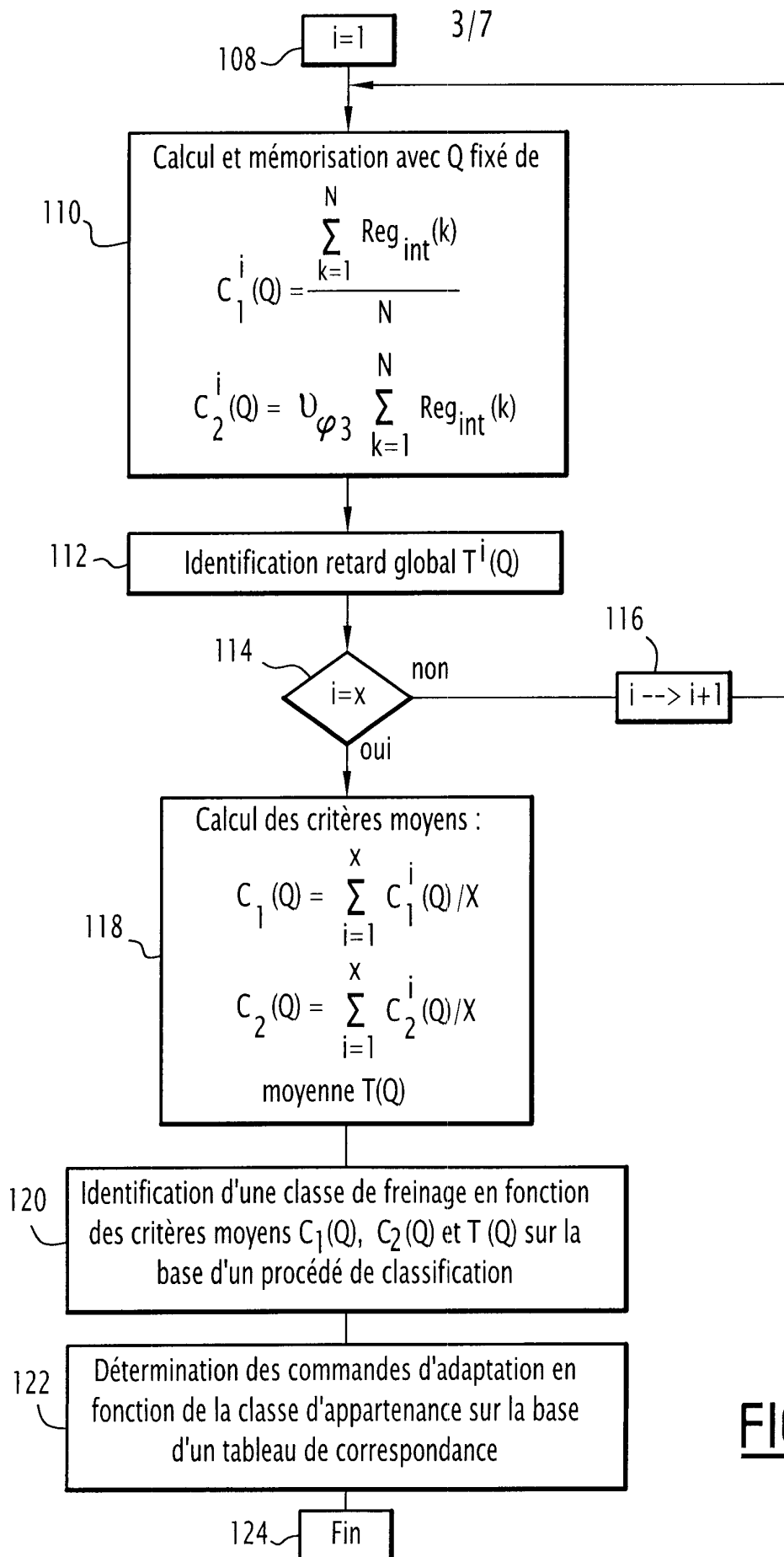
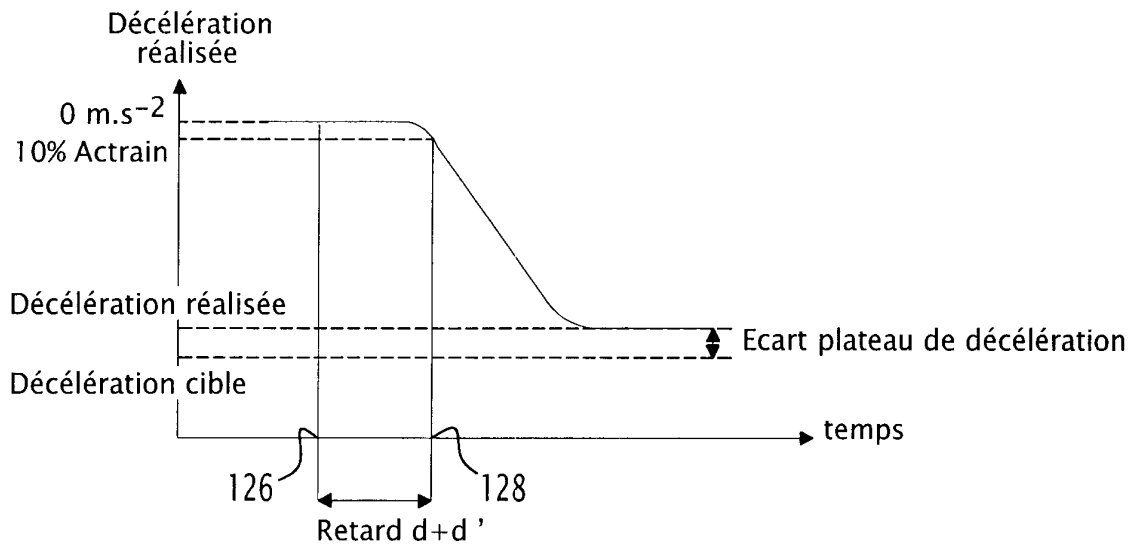
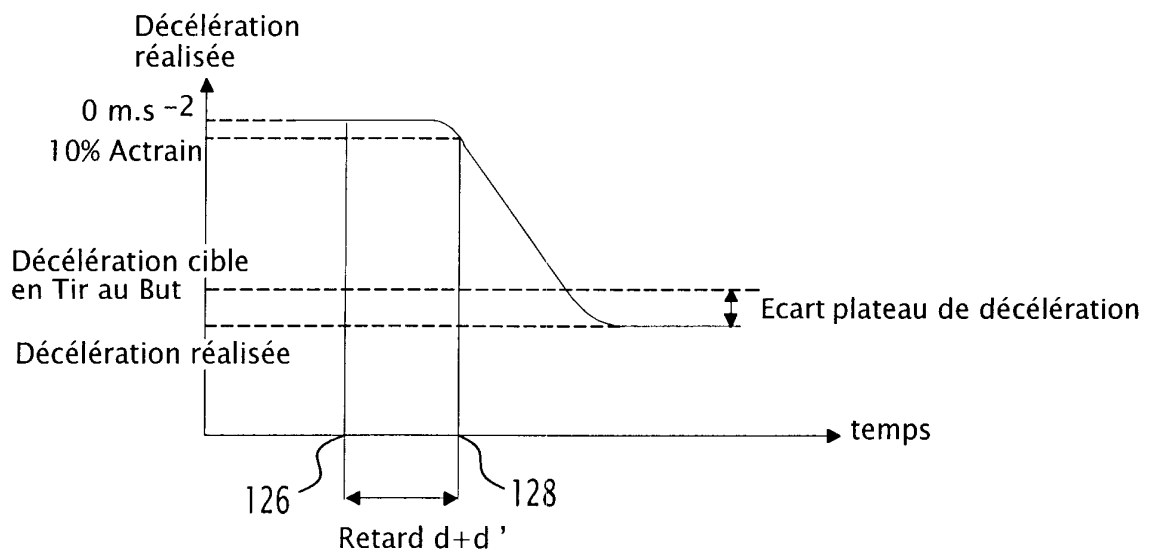
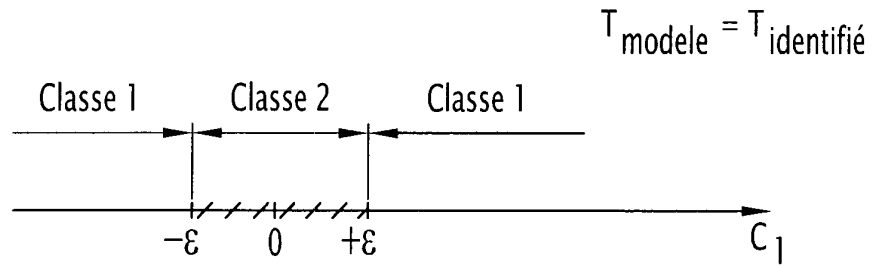
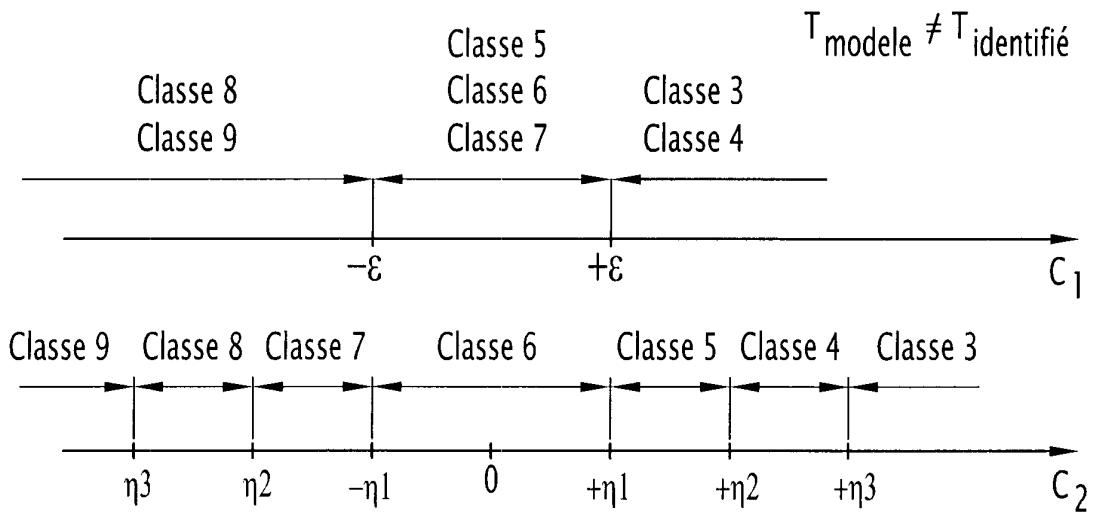
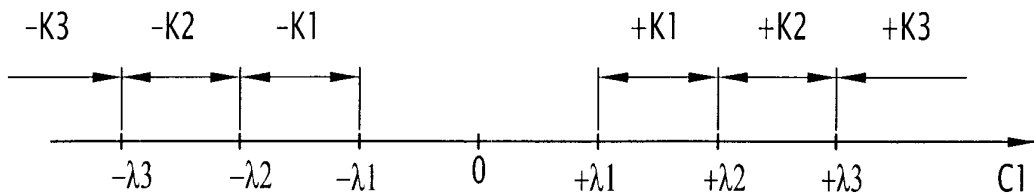


FIG.4

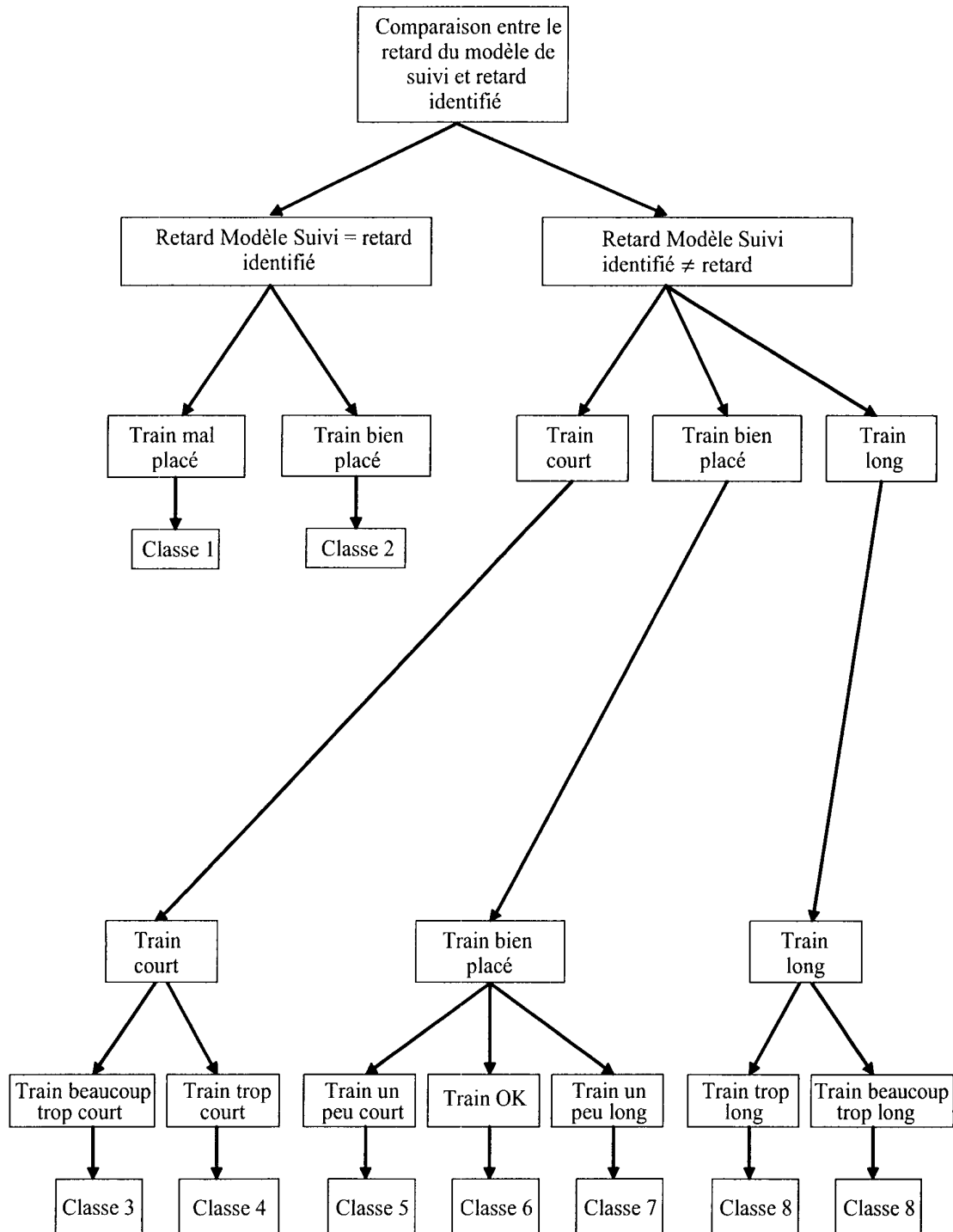
4/7

**FIG.5****FIG.6**

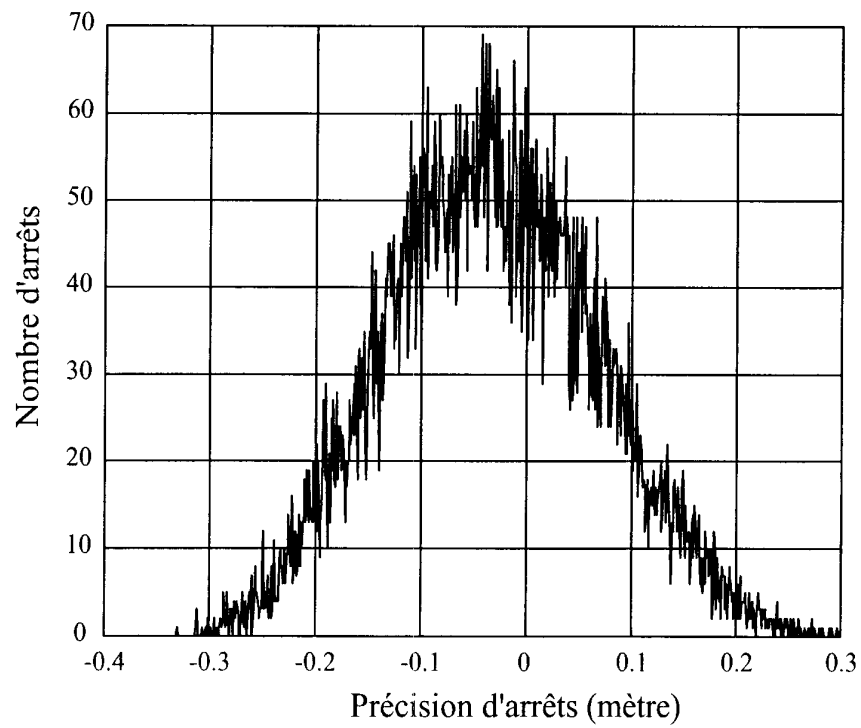
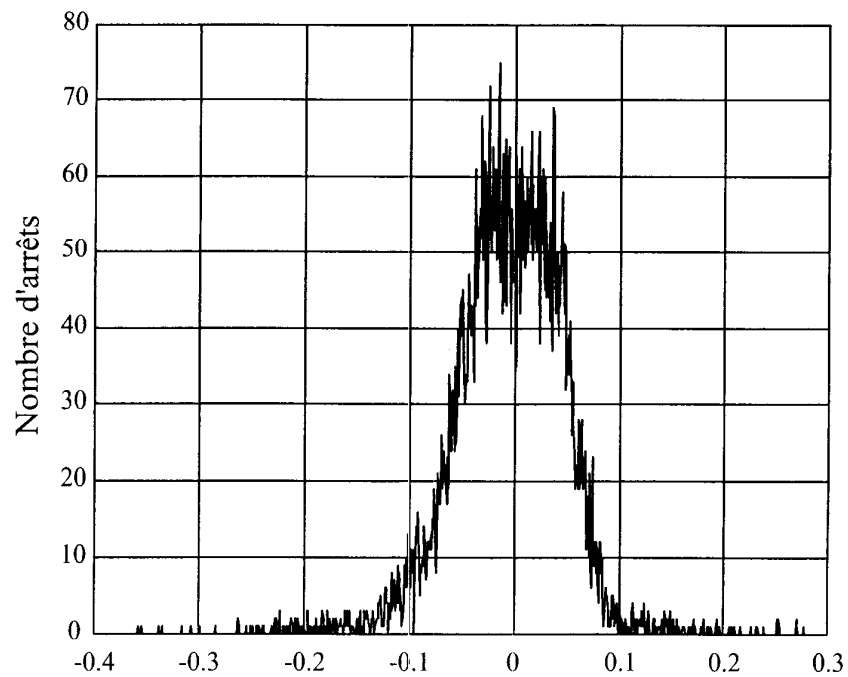
5/7

**FIG.7****FIG.8****FIG.10**

6/7

**FIG.9**

7/7

**FIG.11****FIG.12**

**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement
national

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

FA 687063
FR 0607537

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A	US 5 583 769 A (SAITOH HIROO [JP]) 10 décembre 1996 (1996-12-10) * colonne 1, ligne 12 - ligne 14 * * colonne 2, ligne 19 - ligne 53 * * colonne 4, ligne 8 - ligne 34 * * colonne 7, ligne 11 - ligne 30 * * colonne 8, ligne 16 - ligne 37 * * colonne 10, ligne 36 - ligne 67 * * colonne 11, ligne 1 - ligne 39 * * figures 4,11,15,18,19 * -----	1-27	B61L23/00 G05D13/62
A	EP 1 577 188 A (MURATA MACHINERY LTD [JP]) 21 septembre 2005 (2005-09-21) * alinéas [0002], [0028] - [0033], [0038] - [0046]; figures 1-5 * -----	1-27	
A	EP 0 709 272 A (GEC ALSTHOM TRANSPORT SA [FR]) 1 mai 1996 (1996-05-01) * abrégé; figures 1-4 * -----	1,17,27	
A	EP 0 375 553 A1 (MATRA TRANSPORT [FR]) 27 juin 1990 (1990-06-27) * abrégé; figure 1 * -----	1,17,27	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) B61L G05D
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
3 mai 2007		Massalski, Matthias	
<p>CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS</p> <p>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</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant</p>			

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0607537 FA 687063**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du 03-05-2007

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 5583769	A	10-12-1996	AUCUN
EP 1577188	A	21-09-2005	US 2005203699 A1 15-09-2005
EP 0709272	A	01-05-1996	BR 9504551 A 25-02-1997 CA 2161394 A1 27-04-1996 FR 2726380 A1 03-05-1996 US 5696682 A 09-12-1997
EP 0375553	A1	27-06-1990	DE 68921177 D1 23-03-1995 DE 68921177 T2 14-06-1995 ES 2068258 T3 16-04-1995