

⑤④ SYSTÈME DE COMMANDE DE DIRECTION POUR VÉHICULE DE TRAVAIL ROULANT.

②② Date de dépôt : 21.01.22.

③③ Priorité :

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : *MANITOU BF Société Anonyme à
conseil d'administration — FR.*

④③ Date de mise à la disposition du public
de la demande : 28.07.23 Bulletin 23/30.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 23.08.24 Bulletin 24/34.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑦② Inventeur(s) : MAILLAULT Fabien, BREHIER
Valentin et MARAIS David.

⑦③ Titulaire(s) : MANITOU BF Société Anonyme à
conseil d'administration.

⑦④ Mandataire(s) : LOYER & ABELLO.



Description

Titre de l'invention : SYSTEME DE COMMANDE DE DIRECTION POUR VÉHICULE DE TRAVAIL ROULANT

Domaine technique

[0001] L'invention se rapporte au domaine des véhicules de travail roulants comportant au moins deux roues directrices et un bras de levage et un système de commande de direction. En particulier, l'invention se rapporte à un véhicule de manutention de charge tel qu'un chariot élévateur à bras télescopique.

Arrière-plan technologique

[0002] Les véhicules de travail, en particulier les véhicules de manutention de charge, sont généralement équipés d'un volant permettant à un opérateur de commander un mouvement de braquage des roues.

[0003] Cependant, le braquage des roues peut affecter la stabilité du véhicule, en particulier la stabilité latérale. Un braquage trop rapide des roues peut aboutir au renversement du véhicule. Un mouvement de braquage peut ainsi s'avérer dangereux ou pas, en fonction de facteurs susceptibles d'affecter la stabilité du véhicule, comme par exemple une vitesse de marche du véhicule et une position du bras de levage. Il s'agit donc de facteurs à prendre en compte pour la réalisation des mouvements de braquage des roues.

[0004] US20060180381 A1 décrit un véhicule de manutention de conteneurs comportant une unité de calcul configurée pour déterminer des limitations des mouvements de braquage en fonction de différents paramètres opérationnels.

Résumé

[0005] Une idée à la base de l'invention est de proposer un système de commande de direction qui préserve la stabilité d'un véhicule de travail dans diverses conditions d'exploitation, en particulier pendant des opérations de manutention de charge, et qui permette à un opérateur de contrôler la direction du véhicule en fonction de ses besoins.

[0006] Pour cela, selon un mode de réalisation, l'invention fournit un véhicule de travail roulant comportant :

- un corps principal,
- un bras de levage monté de manière mobile sur le corps principal et destiné à manutentionner des charges,
- un capteur configuré pour détecter un paramètre d'orientation du bras de levage,
- un essieu directeur incluant au moins deux roues directrices,
- un actionneur de braquage couplé aux roues directrices pour modifier un angle de

braquage des roues directrices,

un organe de commande de direction actionnable par un opérateur pour produire un signal de demande de braquage,

et un système de commande de direction configuré pour recevoir le signal de demande de braquage et le paramètre d'orientation du bras de levage et pour générer un signal de consigne de braquage représentatif d'un angle de braquage des roues directrices et destiné à piloter l'actionneur de braquage,

le système de commande de direction comportant un module de filtrage configuré pour :

déterminer un premier plafond de vitesse de variation en fonction du paramètre d'orientation du bras de levage,

générer le signal de consigne de braquage en fonction du signal de demande de braquage de manière qu'une vitesse de variation du signal de consigne de braquage ne dépasse pas le premier plafond de vitesse de variation.

[0007] Grâce à ces caractéristiques, le premier plafond de vitesse de variation permet d'autoriser un mouvement de braquage plus ou moins rapide en fonction d'une orientation du bras de levage. Une vitesse de variation d'un angle des roues directrices peut ainsi être limitée en fonction du paramètre d'orientation du bras de levage, afin d'assurer un braquage des roues en toute sécurité.

[0008] Selon des modes de réalisation, un tel véhicule de travail peut comporter une ou plusieurs des caractéristiques suivantes.

[0009] Selon un mode de réalisation, le paramètre d'orientation du bras de levage comporte un angle du bras de levage.

[0010] Selon un mode de réalisation, l'angle du bras de levage est mesuré par rapport à un référentiel choisi parmi le corps principal et le référentiel terrestre.

[0011] Le paramètre d'orientation du bras de levage peut concerner un ou plusieurs degrés de liberté du bras de levage, par exemple un degré de liberté en élévation autour d'un axe horizontal et/ou un degré de liberté en orientation autour d'un axe vertical. Selon un mode de réalisation préféré, l'angle du bras de levage est un angle d'élévation autour d'un axe horizontal.

[0012] Selon un mode de réalisation, le premier plafond de vitesse de variation diminue lorsque l'angle d'élévation du bras de levage augmente.

[0013] Selon un mode de réalisation, le module de filtrage est en outre configuré pour :
déterminer un sens de variation du signal de demande de braquage parmi un sens de virage et un sens de retour,

déterminer le premier plafond de vitesse de variation en tant que première valeur du plafond lorsque le sens de variation est le sens de virage est en tant que deuxième valeur de plafond lorsque le sens de variation est le sens de retour, la deuxième valeur

de plafond étant plus élevée que la première valeur de plafond.

- [0014] Selon un mode de réalisation, le module de filtrage est configuré pour :
- déterminer une vitesse de variation minimale parmi une vitesse de variation du signal de demande de braquage et le premier plafond de vitesse de variation,
 - générer le signal de consigne de braquage de manière que la vitesse de variation du signal de consigne de braquage corresponde à la vitesse de variation minimale.
- [0015] Selon un mode de réalisation, le véhicule de travail comporte un capteur pour détecter une vitesse de marche du véhicule. Selon ledit mode de réalisation, le module de filtrage est en outre configuré pour :
- déterminer un deuxième plafond de vitesse de variation en fonction de la vitesse de marche du véhicule,
 - générer le signal de consigne de braquage en fonction du signal de demande de braquage de manière qu'une vitesse de variation du signal de consigne de braquage ne dépasse pas le deuxième plafond de vitesse de variation.
- [0016] Selon un mode de réalisation, le deuxième plafond de vitesse de variation diminue lorsque la vitesse de marche augmente.
- [0017] Selon un mode de réalisation, le module de filtrage est en outre configuré pour :
- déterminer un sens de variation du signal de demande de braquage parmi un sens de virage et un sens de retour,
 - déterminer le deuxième plafond de vitesse de variation en tant que troisième valeur de plafond lorsque le sens de variation est le sens de virage et en tant que quatrième valeur de variation lorsque le sens de variation est le sens de retour, la quatrième valeur de plafond étant plus élevée que la troisième valeur de plafond.
- [0018] Selon un mode de réalisation, le module de filtrage est configuré pour :
- déterminer une vitesse de variation minimale parmi une vitesse de variation du signal de demande de braquage, le premier plafond de vitesse de variation et le deuxième plafond de vitesse de variation,
 - générer le signal de consigne de braquage de manière que la vitesse de variation du signal de consigne de braquage corresponde à la vitesse de variation minimale.
- [0019] Selon un mode de réalisation, le véhicule de travail comporte un capteur pour détecter une vitesse de marche du véhicule. Selon ledit mode de réalisation, le système de commande de direction comporte un module de renormalisation configuré pour :
- recevoir le signal de demande de braquage depuis l'organe de commande de direction,
 - déterminer un coefficient de renormalisation multiplicatif en fonction de la vitesse de marche du véhicule,
 - générer un signal de demande de braquage renormalisé en fonction du signal de demande de braquage et du coefficient de renormalisation,

fournir le signal de demande de braquage renormalisé au module de filtrage.

[0020] Selon un mode de réalisation, le coefficient de renormalisation multiplicatif diminue lorsque la vitesse de marche augmente.

[0021] Selon un mode de réalisation, le coefficient de renormalisation multiplicatif atteint un plateau à partir d'une vitesse seuil du véhicule.

[0022] Selon un mode de réalisation, la vitesse seuil est un paramètre configurable à l'aide d'une interface utilisateur. Par exemple la vitesse seuil est de 20 kilomètres par heure.

[0023] Selon un mode de réalisation, les valeurs du coefficient de renormalisation, notamment la valeur du plateau, sont configurables à l'aide d'une interface utilisateur. Par exemple, la valeur du plateau est 25%.

[0024] Selon un mode de réalisation, le système de commande de direction comporte un module de correction configuré pour :

recevoir le signal de demande de braquage depuis l'organe de commande de direction,

générer un signal de demande de braquage corrigé par application d'une fonction de gain au signal de position,

la fonction de gain étant une fonction convexe.

[0025] Selon un mode de réalisation, le véhicule de travail comporte un capteur pour détecter une vitesse de marche du véhicule. Selon ledit mode de réalisation, le système de commande de direction comporte un module de conversion configuré pour :

déterminer un plafond d'angle de braquage en fonction de la vitesse de marche du véhicule, dans lequel le plafond d'angle de braquage diminue lorsque la vitesse de marche augmente,

générer le signal de consigne de braquage par application d'une loi de plafonnement audit signal de demande de braquage, de sorte que le signal de consigne de braquage représente une valeur d'angle de braquage inférieure ou égale au plafond d'angle de braquage.

[0026] Selon un mode de réalisation préféré, le système de commande de direction comprend un correcteur proportionnel intégral dérivé (PID).

[0027] Selon un mode de réalisation, le système de commande de direction peut être mis en œuvre de façon distribuée.

[0028] L'organe de commande de direction peut avoir diverses formes, par exemple un levier, un volant, des boutons, un écran tactile etc. Selon un mode de réalisation préféré, l'organe de commande de direction est une manette de direction actionnable par une main ou par un doigt de l'opérateur. Un organe de direction tel qu'une manette de direction permet à l'opérateur de contrôler le mouvement de braquage des roues sans effectuer de mouvement de grande amplitude.

[0029] La manette de direction n'offre pas une amplitude de déplacement aussi large que le

volant, ce qui peut soulever des problématiques liées à la précision du contrôle exercé par l'opérateur. Toutefois, le système de commande, en particulier le module de filtrage, peut être configuré pour éviter qu'un mouvement trop brusque de la manette de direction soit intégralement transmis à l'actionneur de direction. Ainsi, le système de commande de direction est avantageux à la fois pour l'ergonomie offerte à l'opérateur et pour la sécurité de fonctionnement obtenue.

[0030] Selon un mode de réalisation, le véhicule de travail comporte deux essieux directeurs incluant au moins quatre roues directrices. Selon ledit mode de réalisation, l'actionneur de braquage est couplé aux quatre roues directrices pour modifier un angle de braquage des quatre roues directrices.

[0031] Selon un mode de réalisation, l'invention fournit aussi un procédé de commande pour commander un actionneur de braquage dans un véhicule de travail roulant, le véhicule de travail comprenant un corps principal, un bras de levage monté de manière mobile sur le corps principal et destiné à manutentionner des charges, un essieu directeur incluant au moins deux roues directrices et ledit actionneur de braquage couplé aux roues directrices pour modifier un angle de braquage des roues directrices, le procédé comprenant :

recevoir un signal de demande de braquage depuis un organe de commande de direction actionnable par un opérateur,

recevoir un paramètre d'orientation du bras de levage,

déterminer un premier plafond de vitesse de variation en fonction d'un paramètre d'orientation du bras de levage,

générer un signal de consigne de braquage représentatif d'un angle de braquage des roues directrices en fonction du signal de demande de braquage de manière qu'une vitesse de variation du signal de consigne de braquage ne dépasse pas le premier plafond de vitesse de variation,

piloter l'actionneur de braquage en fonction du signal de consigne de braquage.

[0032] Un tel procédé peut être mis en œuvre par un système de commande de direction unitaire ou distribué. L'invention fournit aussi un système de commande de direction configuré pour mettre en œuvre ce procédé.

Brève description des figures

[0033] L'invention sera mieux comprise, et d'autres buts, détails, caractéristiques et avantages de celle-ci apparaîtront plus clairement au cours de la description suivante de plusieurs modes de réalisation particuliers de l'invention, donnés uniquement à titre illustratif et non limitatif, en référence aux dessins annexés.

[0034] [Fig.1] La [Fig.1] est une vue schématique de côté d'un véhicule de travail roulant sous la forme d'un chariot élévateur à bras télescopique auquel est articulé un bras de

levage selon un mode de réalisation.

- [0035] [Fig.2] La [Fig.2] est une vue schématique en perspective d'une manette de commande de direction pouvant être utilisée dans le chariot élévateur de la [Fig.1] selon un mode de réalisation.
- [0036] [Fig.3] La [Fig.3] est une représentation schématique fonctionnelle d'un système de commande de direction pouvant être utilisé dans le chariot élévateur de la [Fig.1] en interaction avec des capteurs, un organe de commande de direction et des actionneurs selon un mode de réalisation.
- [0037] [Fig.4] La [Fig.4] est une représentation schématique fonctionnelle de différents modules pouvant être utilisés dans le système de commande de direction de la [Fig.3] selon un mode de réalisation.
- [0038] [Fig.5] La [Fig.5] est une représentation graphique d'une fonction de gain selon un mode de réalisation.
- [0039] [Fig.6] La [Fig.6] est une représentation graphique d'une fonction de renormalisation selon un mode de réalisation.
- [0040] [Fig.7] La [Fig.7] est une représentation graphique d'une première fonction de filtrage selon un mode de réalisation.
- [0041] [Fig.8] La [Fig.8] est une représentation graphique d'une deuxième fonction de filtrage selon un mode de réalisation.
- [0042] [Fig.9] La [Fig.9] est une représentation graphique illustrant le fonctionnement d'un module de filtrage selon un mode de réalisation.
- [0043] [Fig.10] La [Fig.10] est une représentation graphique d'une fonction de conversion convertissant un signal de demande de braquage en un signal de position des roues, selon un mode de réalisation.
- [0044] [Fig.11] La [Fig.11] est une représentation graphique d'une loi de plafonnement pouvant être mise en œuvre dans la fonction de conversion de la [Fig.10].

Description des modes de réalisation

- [0045] La [Fig.1] représente un véhicule de travail 1 sous la forme d'un chariot de manutention de charge à bras télescopique comportant un corps principal 2 monté roulant sur un essieu avant comportant deux roues avant 5a et un essieu arrière comportant deux roues arrière 5b. Un bras de levage 4, représenté ici en position levée, est monté pivotant autour d'un axe horizontal 23 agencé à l'arrière du corps principal 2. Le corps principal 2 est surmonté d'une cabine de conduite 3 à l'intérieur de laquelle peut prendre place un opérateur pour conduire le véhicule de travail 1 et commander l'actionnement du bras de levage 4.
- [0046] Le bras de levage 4 peut être un bras télescopique de longueur ajustable entre une position rentrée et une position sortie. Le bras de levage permet de porter des charges.

Un degré de liberté en rotation entre le corps principal 2 et le bras de levage 4 permet de lever ou d'abaisser le bras de levage au moyen d'un vérin de levage non représenté. Un outil 21 peut être fixé à un porte-outil 25 du bras de levage. Selon un mode de réalisation préféré, le porte-outil 25 peut être conçu pour monter de manière amovible différents outils de manutention tels que des fourches, une potence, un godet ou autres. Un vérin de cavage 22 permet d'orienter l'outil 21 par rapport au bras de levage 4. Un vérin de télescopage non représenté permet d'ajuster la longueur du bras télescopique.

- [0047] Le véhicule de travail 1 comporte au moins un essieu directeur, par exemple l'essieu avant ou l'essieu arrière. En variante, les deux essieux sont directeurs, à savoir quatre roues directrices. L'entraînement en déplacement du véhicule de travail 1 est permis par la mise en rotation de roues 5 en contact avec le sol au moyen d'un système de traction qui ne sera pas décrit de manière détaillée. La motorisation peut être thermique ou électrique. La transmission peut être mécanique ou hydraulique.
- [0048] En référence aux figures 2 à 11 vont être décrits la structure et le fonctionnement d'un système de commande de direction embarqué dans le véhicule de travail 1 pour permettre à un opérateur de contrôler des mouvements de braquage des roues directrices.
- [0049] L'opérateur peut contrôler les mouvements de braquage des roues 5a et 5b à l'aide d'une manette de direction 6 située dans la cabine 3, par exemple sur un accoudoir 32 d'un siège d'opérateur 31. La manette de direction envoie un signal de position A à un système de commande de direction 10.
- [0050] Le système de commande 10 génère un signal de position des roues E qui est transmis à un actionneur de braquage 12 couplé aux roues directrices pour modifier un angle de braquage des roues directrices et ainsi modifier une direction de déplacement du véhicule 1. L'angle de braquage est par exemple identique pour toutes les roues directrices. L'actionneur de braquage 12 est par exemple hydraulique ou électrique. Un système de distribution hydraulique 11 est utilisé pour piloter l'actionneur de braquage 12 dans le cas où l'actionneur de braquage 12 est hydraulique.
- [0051] Un capteur de vitesse de marche 7 est disposé sur le véhicule de travail 1 et transmet une vitesse de marche du véhicule v au système de commande de direction 10.
- [0052] Un capteur d'angle d'élévation 8 est disposé sur le bras de levage 4 et transmet une valeur d'angle d'élévation x du bras de levage 4 mesurée entre un plan du corps principal 2 et le bras de levage 4, au système de commande de direction 10.
- [0053] Au moins un capteur 8 d'angle d'élévation x du bras de levage 4 est disposé sur le bras de levage 4 et transmet une valeur dudit paramètre d'orientation du bras de levage x au système de commande 10.
- [0054] La [Fig.2] représente la manette de direction 6. La manette de direction 6 se situe à l'intérieur de la cabine de conduite 3 et est composée d'un manche disposé sur un

socle, le manche étant solidaire du socle. Le manche est lié au socle par une liaison rotule. La manette de direction 6 peut être inclinée selon une direction transversale, la direction transversale étant perpendiculaire à une direction du bras de fauteuil. Selon un mode de réalisation préféré, incliner la manette dans la direction transversale permet de contrôler le mouvement de braquage des roues.

- [0055] Un sens d'inclinaison de la manette de direction 6, à savoir à droite comme illustré par la flèche 18 ou à gauche comme illustré par la flèche 19, indique un sens de braquage des roues. Un angle d'inclinaison de la manette de direction permet un contrôle quantitatif de l'angle de braquage, via un traitement du signal de position A généré par la manette de direction 6, comme il sera expliqué plus bas.
- [0056] La [Fig.3] représente un schéma récapitulatif des éléments permettant le mouvement de braquage et l'interaction desdits éléments entre eux selon un mode de réalisation.
- [0057] La manette de direction 6 permet de générer un signal de position A. Le capteur de vitesse 7 mesure la vitesse de marche du véhicule v. Le capteur d'angle d'élévation 8 mesure l'angle d'élévation du bras de levage x. Un capteur d'angle des roues 9 mesure une position angulaire des roues.
- [0058] Le signal de position A, la vitesse de marche du véhicule v, l'angle d'élévation du bras de levage x et la position angulaire des roues sont traités par le système de commande de direction 10, qui génère un signal de position des roues E, qui est un nouvel angle de position des roues. Ledit signal de position des roues E est transmis à un système de vannes de contrôle hydraulique 11, puis à un actionneur avant 12a et un actionneur arrière 12b, qui contrôlent le mouvement de braquage des roues.
- [0059] Le signal de position des roues E est calculé toutes les 10 millisecondes et est transmis au système de vannes de contrôle hydraulique 11 toutes les 20 millisecondes, ce qui donne à l'opérateur une impression d'immédiateté, à savoir un contrôle en temps réel.
- [0060] La [Fig.4] représente des modules composant le système de commande 10 et leurs interactions. Un module de correction 101 reçoit en entrée le signal de position A et renvoie en sortie un signal de demande corrigé B. Un module de renormalisation 102 reçoit en entrée le signal de demande corrigé B et renvoie en sortie un signal de demande renormalisé C. Un module de filtrage 103 reçoit en entrée le signal de demande renormalisé C et renvoie en sortie un signal de demande de braquage filtré D. 104 est un module de conversion, qui prend en entrée un signal de demande de braquage filtré D et renvoie en sortie un signal de position des roues E.
- [0061] Le module de correction 101 comprend une fonction de gain 51 qui permet de corriger le signal de position A.
- [0062] Le module de renormalisation 102 comprend une fonction de renormalisation 61 qui renvoie une valeur de coefficient de normalisation multiplicatif α dépendant de la

vitesse de marche du véhicule v .

- [0063] Le module de filtrage 103 évalue un plafond d'une vitesse de variation de l'angle de braquage en fonction de la vitesse de marche v et de l'angle d'élévation x du bras de levage 4. Le module de filtrage comprend une première fonction de filtrage 70-71 dépendant du paramètre d'orientation du bras de levage x et une deuxième fonction de filtrage 72-73 dépendant de la vitesse de marche v .
- [0064] Le module de conversion 104 convertit le signal de demande de braquage filtré D en le signal de position des roues E et applique éventuellement une loi de plafonnement variable au signal de position des roues E .
- [0065] La [Fig.5] représente la fonction de gain 51 utilisée dans le module de correction 101, selon un mode de réalisation. La [Fig.5] représente en abscisse le signal de position A , exprimé en %. La valeur 0% signifie que la manette de direction 6 est verticale (position de retour par défaut) et donc qu'aucune demande de braquage n'est produite par l'opérateur. La valeur 100% signifie que la manette de direction 6 est penchée au maximum vers la droite ou vers la gauche. La fonction de gain 51 est la même pour les demandes de virage à droite et à gauche.
- [0066] La fonction de gain 51 est convexe et inférieure à la fonction identité. La fonction de gain 51 permet un contrôle plus fin du mouvement des roues pour des mouvements de la manette de direction 6 de faible amplitude.
- [0067] La [Fig.6] représente la fonction de renormalisation 61 utilisée dans le module de renormalisation 102.
- [0068] La fonction de renormalisation 61 prend en entrée une vitesse de marche du véhicule v , représentée en abscisse et exprimée en km/h, et renvoie un coefficient de renormalisation multiplicatif a , adimensionnel et exprimé en %, qui est par la suite appliqué au signal de demande de braquage corrigé B et qui correspond à une demande de braquage maximale autorisée en fonction de la vitesse de marche du véhicule.
- [0069] La fonction de renormalisation 61 est une fonction décroissante et positive.
- [0070] Un effet de la fonction de renormalisation 61 est d'augmenter une sensibilité de la manette de direction 6 sur des plages d'angles autorisés. En effet, après application de la fonction de renormalisation 61, une amplitude maximale du mouvement de l'organe de commande d'orientation 6 correspond à une demande de braquage maximale plus faible, ce qui provoque une augmentation de la sensibilité.
- [0071] La [Fig.7] représente une première fonction de filtrage 68 dépendant de l'angle d'élévation du bras de levage. Ladite première fonction de filtrage est utilisée dans le module de filtrage 103. La [Fig.7] représente en abscisse l'angle d'élévation x du bras de levage 4, exprimé en degrés et renvoie un premier plafond de vitesse de variation w , exprimé en %.
- [0072] La première fonction de filtrage est un filtre passe-bas. La première fonction de

filtrage prend une première valeur palier constante après qu'une valeur d'angle seuil est atteinte. La valeur d'angle seuil est de 40° dans l'exemple représenté.

- [0073] La première fonction de filtrage 68 comprend une première valeur de plafond de virage 70 si un sens de variation du signal de demande de braquage est un sens de virage et une première valeur de plafond de retour 71 si le sens de variation est un sens de retour. La première fonction de filtrage 68 renvoie un premier plafond de vitesse.
- [0074] La première valeur de plafond de retour 71 est plus élevée que la première valeur de plafond de virage 70, ce qui a pour effet de permettre de redresser la direction du véhicule plus rapidement que la vitesse de braquage.
- [0075] La [Fig.8] représente une deuxième fonction de filtrage 69 dépendant de la vitesse de marche v . Ladite deuxième fonction de filtrage 69 est utilisée dans le module de filtrage 103. La [Fig.8] représente en abscisse la vitesse de marche v du véhicule, exprimée en km/h et renvoie un deuxième plafond de vitesse de variation w' , exprimé en %.
- [0076] La deuxième fonction de filtrage 69 est un filtre passe-bas. La deuxième fonction de filtrage prend une deuxième valeur palier constante après qu'une valeur de vitesse de marche seuil est atteinte. La valeur de vitesse de marche palier est 40 kilomètres par heure dans l'exemple représenté.
- [0077] La deuxième fonction de filtrage 69 comprend une deuxième valeur de plafond de virage 72 si le sens de variation du signal de demande de braquage est le sens de virage et une deuxième valeur de plafond de retour 73 si le sens de variation est le sens de retour, la deuxième valeur de plafond de retour 73 étant supérieure à la deuxième valeur de plafond de virage 72. La deuxième fonction de filtrage 69 renvoie un deuxième plafond de vitesse.
- [0078] Le fonctionnement du module de filtrage 103 va maintenant être expliqué en référence à la [Fig.9].
- [0079] La [Fig.9] représente à gauche un exemple de signal de demande renormalisé C en fonction du temps et le signal de demande de braquage filtré D correspondant, après traitement par le module de filtrage 103.
- [0080] Le signal de demande de braquage renormalisé C augmente linéairement avec une première pente d'entrée 81 jusqu'à 20 millisecondes, puis suit une deuxième pente d'entrée 82 jusqu'à 60 millisecondes, puis reste constant au-delà. La deuxième pente d'entrée 82 est inférieure à la première pente 81.
- [0081] Le module de filtrage 103 applique les plafonds de vitesse de variation représentés aux figures 8 et 9 pour produire le signal de demande de braquage filtré D . Le plafond de vitesse de variation est une valeur minimale entre le premier plafond de vitesse, généré par la première fonction de filtrage, et le deuxième plafond de vitesse, généré par la deuxième fonction de filtrage. Par exemple, si le plafond de vitesse de variation

est égal à 10% alors, la première pente d'entrée 81 est supérieure au plafond de vitesse de variation et la deuxième pente d'entrée 82 est inférieure au plafond de vitesse de variation.

- [0082] Toutes les 20 millisecondes, le module de filtrage 103 transmet un nouveau signal de demande de braquage filtré D. Jusqu'à 40 millisecondes, le signal de demande de braquage filtré D suit une première pente de sortie 91 qui est égale au plafond de vitesse de variation. Au-delà, le signal de demande de braquage filtré D suit une deuxième pente de sortie 92 qui est égale à la deuxième pente d'entrée 82.
- [0083] Le fonctionnement du module de conversion 104 va maintenant être expliqué en référence aux figures 10 et 11.
- [0084] La [Fig.10] représente une fonction de conversion entre le signal de demande de braquage filtré D et le signal de position des roues E. La [Fig.10] représente en abscisse le signal de demande de braquage filtré D, adimensionnel, et renvoie le signal de position des roues E, exprimé en degrés. Le signal de demande de braquage filtré D prend des valeurs algébriques, des valeurs négatives correspondant à une demande de déplacement vers la gauche et des valeurs positives correspondant à une demande de déplacement vers la droite. Par convention, le signal de demande de braquage filtré D prend des valeurs entre -1000 et +1000. La fonction de conversion est linéaire et prend des valeurs d'angle positives et négatives. Les valeurs d'angle négatives correspondent à un braquage vers la gauche, les valeurs d'angle positives correspondent à un braquage vers la droite.
- [0085] Dans ce mode de réalisation, le module de conversion 104 met en œuvre une fonction de plafonnement variable en fonction de la vitesse. En effet, une valeur d'angle de braquage maximal y dépend de la vitesse de marche du véhicule. La valeur d'angle de braquage maximal y est déterminée par application d'une loi de plafonnement représentée en [Fig.11]
- [0086] La [Fig.11] représente la loi de plafonnement de l'angle des roues en fonction de la vitesse de marche du véhicule. La [Fig.11] représente en abscisse le signal de demande de braquage filtré D et renvoie le signal de position des roues E. Des seuils 41, 42 et 43 correspondent à une valeur de vitesse de marche du véhicule au-delà de laquelle une pente de la loi de plafonnement est modifiée. La loi de plafonnement est décroissante, affine par morceaux, et constante après un troisième seuil 43.
- [0087] En variante, la fonction de conversion mise en œuvre par le module de conversion 104 pourrait être indépendante de la vitesse de marche, à savoir la loi de plafonnement de la [Fig.11] pourrait être une fonction constante.
- [0088] En variante, le bras de levage 4 peut ne pas être télescopique.
- [0089] En variante, il peut y avoir deux actionneurs de braquage, un premier actionneur 12a étant couplé aux roues avant 5a et un deuxième actionneur 12b étant couplé aux roues

arrière 5b.

- [0090] En variante, la fonction de gain 51 peut être affine par morceaux, polynomiale, exponentielle, etc.
- [0091] En variante, la fonction de renormalisation 61 peut être affine, affine par morceaux, polynomiale, exponentiellement décroissante, etc.
- [0092] En variante, le système de commande 10 peut aussi comporter moins de fonctions de traitement du signal de demande de braquage et/ou d'autres fonctions. Par exemple, un ou plusieurs modules parmi le module de correction 101 et le module de renormalisation 102 pourraient être supprimés. La deuxième fonction de filtrage 72-73 du module de filtrage 103 pourrait être supprimée. Certains modules du système de commande pourraient être placés dans un autre ordre que celui représenté.
- [0093] De préférence, le système de commande 10 comporte une interface utilisateur (non représentée) qui permet de configurer les valeurs des paramètres influençant le traitement du signal de demande de braquage, à savoir par exemple :
 - les valeurs de la fonction de gain 51 mise en œuvre par le module de correction 101,
 - les valeurs de la fonction de renormalisation 61 mise en œuvre par le module de renormalisation 102,
 - les valeurs des premières et deuxièmes fonctions de filtrage mises en œuvre par le module de filtrage 103,
 - les valeurs de la loi de plafonnement mises en œuvre par le module de conversion 104.
- [0094] Le système de commande de direction décrit ci-dessus est principalement destiné à sécuriser l'utilisation du véhicule de travail roulant lorsque des opérations de manutention sont en cours. Il n'est pas exclu qu'un autre système de commande de direction pourrait être utilisé dans d'autres conditions, par exemple lorsque le véhicule de travail circule sur le réseau routier, si cette circulation est permise.
- [0095] On a décrit un chariot de manutention de charge à bras télescopique, mais le système de commande de braquage peut être appliqué à un autre véhicule de travail roulant disposant d'un bras de levage, par exemple un chariot de manutention à tourelle rotative, une chargeuse à godet ou autre.
- [0096] En variante, en sus du ou à la place du capteur d'angle d'élévation du bras de levage, d'autres paramètres d'orientation du bras de levage peuvent être mesurés et pris en compte par le système de commande de braquage, par exemple un angle d'orientation du bras dans une direction azimutale par rapport à la direction longitudinale du véhicule.
- [0097] Certains des éléments représentés, notamment le système de commande 10, peuvent être réalisés sous différentes formes, de manière unitaire ou distribuée, au moyen de

composants matériels et/ou logiciels. Des composants matériels utilisables sont les circuits intégrés spécifiques ASIC, les réseaux logiques programmables FPGA ou les microprocesseurs. Des composants logiciels peuvent être écrits dans différents langages de programmation, par exemple C, C++, Java ou VHDL. Cette liste n'est pas exhaustive.

- [0098] Bien que l'invention ait été décrite en liaison avec plusieurs modes de réalisation particuliers, il est bien évident qu'elle n'y est nullement limitée et qu'elle comprend tous les équivalents techniques des moyens décrits ainsi que leurs combinaisons si celles-ci entrent dans le cadre de l'invention.
- [0099] L'usage du verbe « comporter », « comprendre » ou « inclure » et de ses formes conjuguées n'exclut pas la présence d'autres éléments ou d'autres étapes que ceux énoncés dans une revendication.
- [0100] Dans les revendications, tout signe de référence entre parenthèses ne saurait être interprété comme une limitation de la revendication.

Revendications

- [Revendication 1] Véhicule de travail roulant (1) comportant :
- un corps principal (2),
 - un bras de levage (4) monté de manière mobile sur le corps principal (2) et destiné à manutentionner des charges,
 - un capteur (8) configuré pour détecter un paramètre d'orientation du bras de levage (4),
 - un essieu directeur incluant au moins deux roues directrices (5),
 - un actionneur de braquage (12) couplé aux roues directrices (5) pour modifier un angle de braquage des roues directrices (5),
 - un organe de commande de direction (6) actionnable par un opérateur pour produire un signal de demande de braquage (A),
 - et un système de commande de direction (10) configuré pour recevoir le signal de demande de braquage (A) et le paramètre d'orientation du bras de levage et pour générer un signal de consigne de braquage (D, E) représentatif d'un angle de braquage des roues directrices et destiné à piloter l'actionneur de braquage (12),
 - le système de commande de direction (10) comportant un module de filtrage (103) configuré pour :
 - déterminer un sens de variation du signal de demande de braquage (A) parmi un sens de virage et un sens de retour,
 - déterminer un premier plafond de vitesse de variation en fonction du paramètre d'orientation du bras de levage, le premier plafond de vitesse de variation étant déterminé en tant que première valeur de plafond lorsque le sens de variation est le sens de virage pour augmenter l'angle de braquage et en tant que deuxième valeur de plafond lorsque le sens de variation est le sens de retour pour diminuer l'angle de braquage, la deuxième valeur de plafond étant plus élevée que la première valeur de plafond,
 - générer le signal de consigne de braquage (D, E) en fonction du signal de demande de braquage (A) de manière qu'une vitesse de variation du signal de consigne de braquage ne dépasse pas le premier plafond de vitesse de variation.
- [Revendication 2] Véhicule de travail selon la revendication 1, dans lequel le paramètre d'orientation du bras de levage comporte un angle du bras de levage.
- [Revendication 3] Véhicule de travail selon la revendication 2, dans lequel l'angle du bras de levage est un angle d'élévation autour d'un axe horizontal.

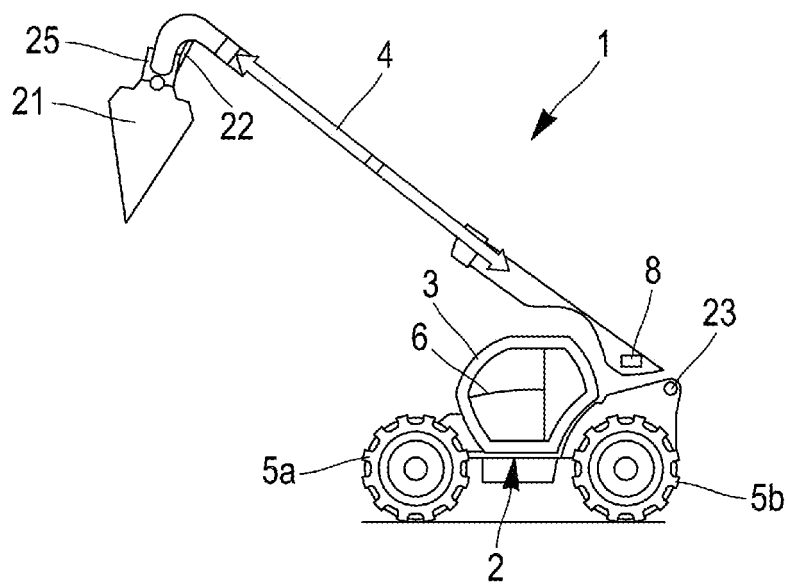
- [Revendication 4] Véhicule de travail selon la revendication 3, dans lequel le premier plafond de vitesse de variation diminue lorsque l'angle d'élévation du bras de levage augmente.
- [Revendication 5] Véhicule selon l'une des revendications 1 à 4, dans lequel le module de filtrage (103) est configuré pour :
déterminer une vitesse de variation minimale parmi une vitesse de variation du signal de demande de braquage et le premier plafond de vitesse de variation,
générer le signal de consigne de braquage (D, E) de manière que la vitesse de variation du signal de consigne de braquage (D, E) corresponde à la vitesse de variation minimale.
- [Revendication 6] Véhicule de travail selon l'une des revendications précédentes, comportant un capteur (7) pour détecter une vitesse de marche (v) du véhicule et dans lequel le module de filtrage (103) est en outre configuré pour :
déterminer un deuxième plafond de vitesse de variation en fonction de la vitesse de marche du véhicule,
générer le signal de consigne de braquage (D, E) en fonction du signal de demande de braquage (A) de manière qu'une vitesse de variation du signal de consigne de braquage (D, E) ne dépasse pas le deuxième plafond de vitesse de variation.
- [Revendication 7] Véhicule de travail selon la revendication 6, dans lequel le deuxième plafond de vitesse de variation diminue lorsque la vitesse de marche augmente.
- [Revendication 8] Véhicule de travail selon la revendication 6 ou 7, dans lequel le module de filtrage (103) est en outre configuré pour :
déterminer un sens de variation du signal de demande de braquage (A) parmi un sens de virage pour augmenter l'angle de braquage et un sens de retour pour diminuer l'angle de braquage,
déterminer le deuxième plafond de vitesse de variation en tant que troisième valeur de plafond lorsque le sens de variation est le sens de virage et en tant que quatrième valeur de variation lorsque le sens de variation est le sens de retour, la quatrième valeur de plafond étant plus élevée que la troisième valeur de plafond.
- [Revendication 9] Véhicule selon l'une des revendications 6 à 8, dans lequel le module de filtrage (103) est configuré pour :
déterminer une vitesse de variation minimale parmi une vitesse de variation du signal de demande de braquage, le premier plafond de

vitesse de variation et le deuxième plafond de vitesse de variation, générer le signal de consigne de braquage (D, E) de manière que la vitesse de variation du signal de consigne de braquage (D, E) corresponde à la vitesse de variation minimale.

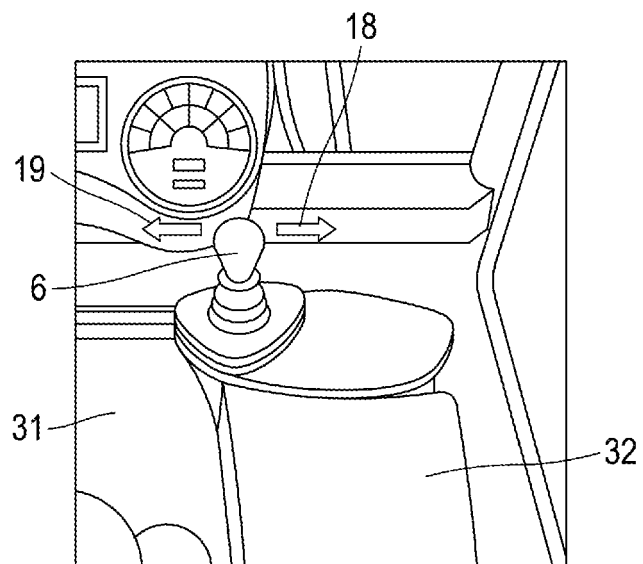
- [Revendication 10] Véhicule de travail selon l'une des revendications précédentes, comportant un capteur (7) pour détecter une vitesse de marche (v) du véhicule et dans lequel le système de commande de direction (10) comporte un module de renormalisation (102) configuré pour : recevoir le signal de demande de braquage (A) depuis l'organe de commande de direction (6), déterminer un coefficient de renormalisation multiplicatif (61) en fonction de la vitesse de marche (v) du véhicule, générer un signal de demande de braquage renormalisé (C) en fonction du signal de demande de braquage (A) et du coefficient de renormalisation multiplicatif (61), fournir le signal de demande de braquage renormalisé (C) au module de filtrage (103).
- [Revendication 11] Véhicule de travail selon la revendication 10, dans lequel le coefficient de renormalisation multiplicatif (61) diminue lorsque la vitesse de marche (v) augmente.
- [Revendication 12] Véhicule de travail selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le système de commande de direction (10) comporte un module de correction (101) configuré pour : recevoir le signal de demande de braquage (A) depuis l'organe de commande de direction (6), générer un signal de demande de braquage corrigé (B) par application d'une fonction de gain (51) au signal de demande de braquage (A), la fonction de gain (51) étant une fonction convexe.
- [Revendication 13] Véhicule de travail selon l'une des revendications précédentes, comportant un capteur (7) pour détecter une vitesse de marche (v) du véhicule et dans lequel le système de commande de direction (10) comporte un module de conversion (104) configuré pour : déterminer un plafond d'angle de braquage en fonction de la vitesse de marche (v) du véhicule, dans lequel le plafond d'angle de braquage diminue lorsque la vitesse de marche (v) augmente, générer le signal de consigne de braquage (E) par application d'une loi de plafonnement audit signal de demande de braquage, de sorte que le signal de consigne de braquage représente une valeur d'angle de

- braquage inférieure ou égale au plafond d'angle de braquage.
- [Revendication 14] Véhicule de travail selon l'une des revendications précédentes, dans lequel l'organe de commande de direction (6) est une manette de direction actionnable par une main ou par un doigt de l'opérateur.
- [Revendication 15] Véhicule de travail selon l'une des revendications précédentes, comportant deux essieux directeurs incluant au moins quatre roues directrices (5), et dans lequel l'actionneur de braquage (12) est couplé aux quatre roues directrices pour modifier un angle de braquage des quatre roues directrices.
- [Revendication 16] Procédé de commande pour commander un actionneur de braquage (12) dans un véhicule de travail roulant (1), le véhicule de travail (1) comprenant un corps principal (2), un bras de levage (4) monté de manière mobile sur le corps principal (2) et destiné à manutentionner des charges, un essieu directeur incluant au moins deux roues directrices (5) et ledit actionneur de braquage (12) couplé aux roues directrices (5) pour modifier un angle de braquage des roues directrices, ledit procédé comprenant :
- recevoir un signal de demande de braquage (A) depuis un organe de commande de direction (6) actionnable par un opérateur,
 - recevoir un paramètre d'orientation du bras de levage,
 - déterminer un sens de variation du signal de demande de braquage (A) parmi un sens de virage et un sens de retour,
 - déterminer un premier plafond de vitesse de variation en fonction d'un paramètre d'orientation du bras de levage, le premier plafond de vitesse de variation étant déterminé en tant que première valeur de plafond lorsque le sens de variation est le sens de virage pour augmenter l'angle de braquage et en tant que deuxième valeur de plafond lorsque le sens de variation est le sens de retour pour diminuer l'angle de braquage, la deuxième valeur de plafond étant plus élevée que la première valeur de plafond,
 - générer un signal de consigne de braquage (D, E) représentatif d'un angle de braquage des roues directrices en fonction du signal de demande de braquage (A) de manière qu'une vitesse de variation du signal de consigne de braquage (D, E) ne dépasse pas le premier plafond de vitesse de variation,
 - piloter l'actionneur de braquage (12) en fonction du signal de consigne de braquage (D, E).

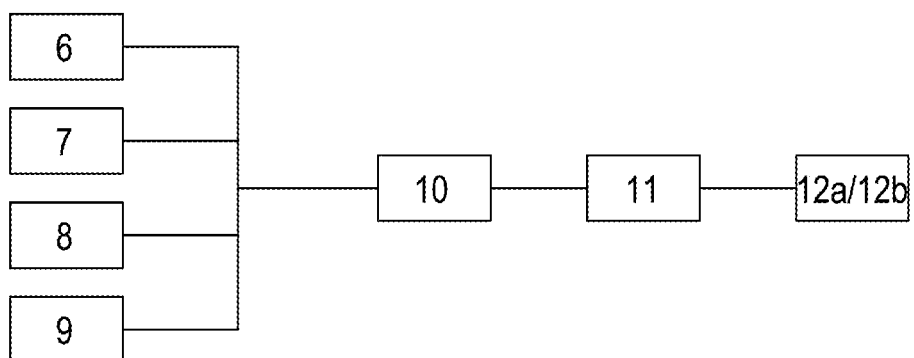
[Fig. 1]



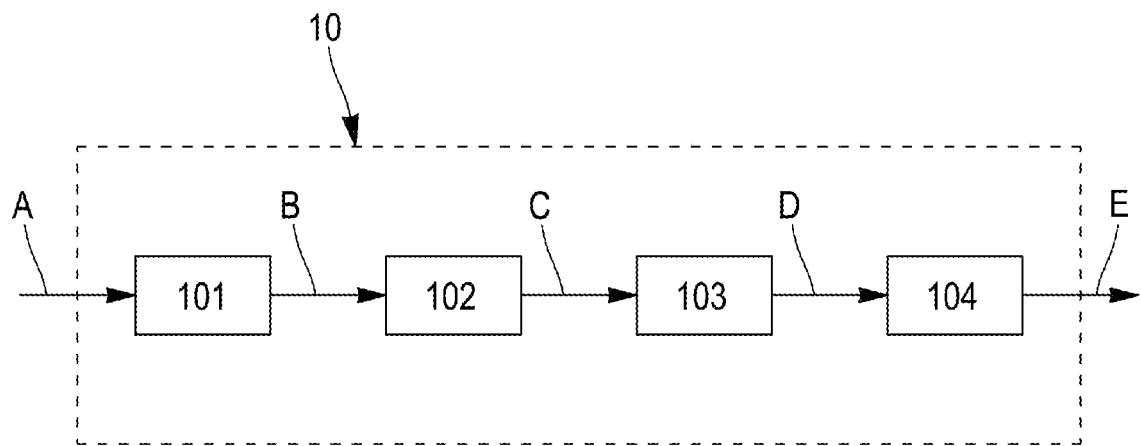
[Fig. 2]



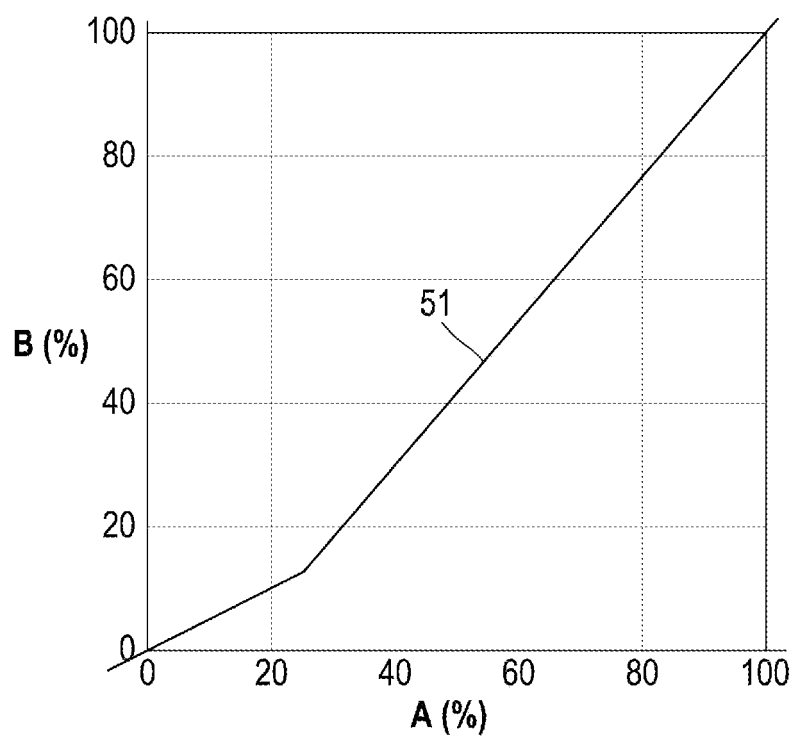
[Fig. 3]



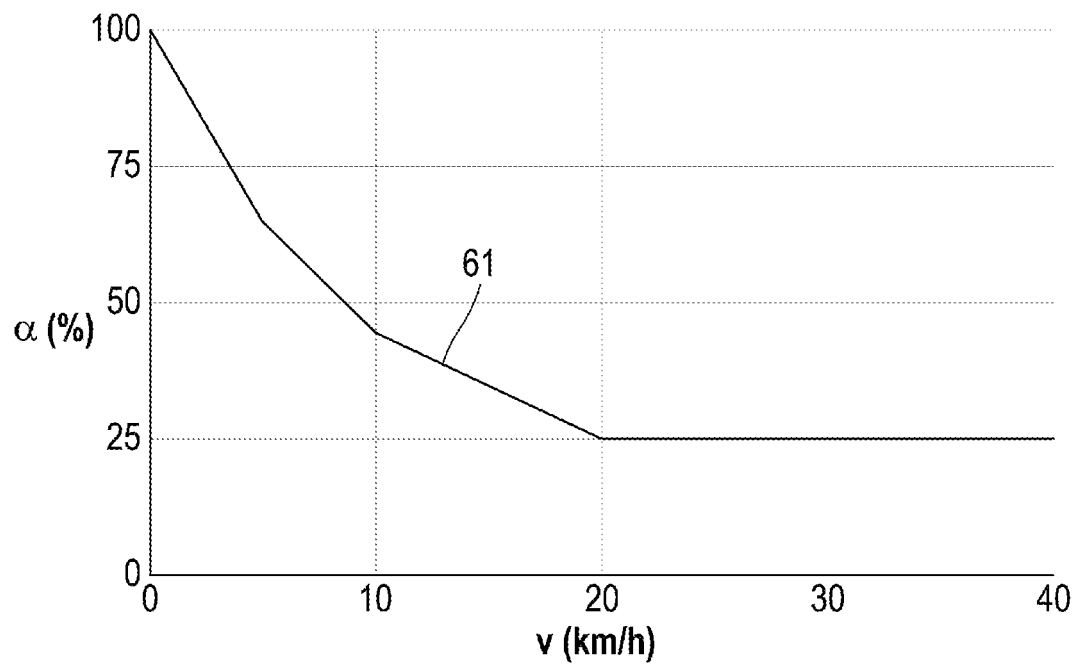
[Fig. 4]



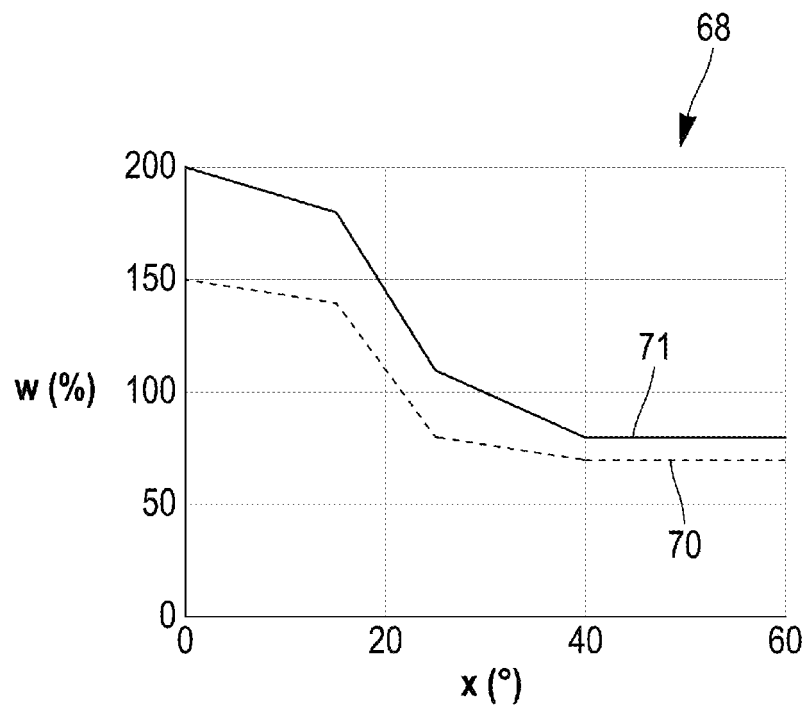
[Fig. 5]



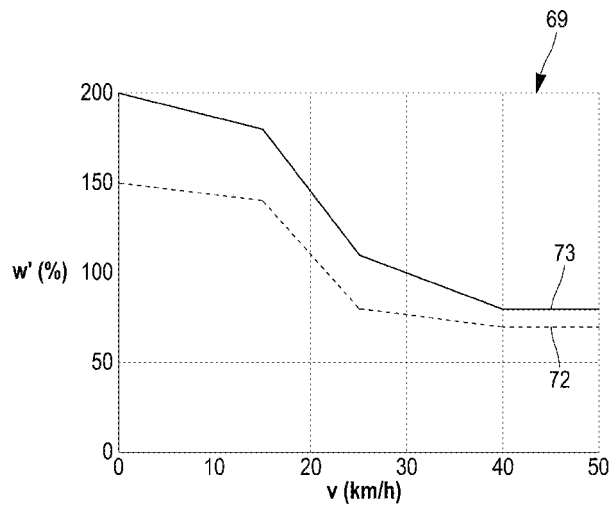
[Fig. 6]



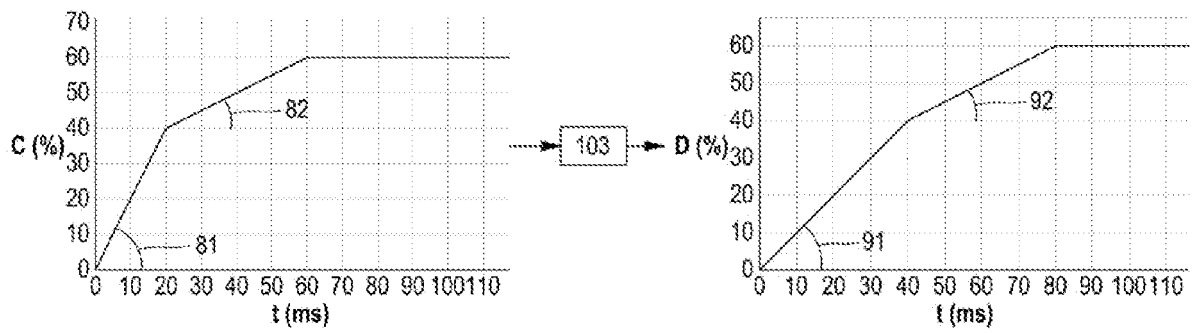
[Fig. 7]



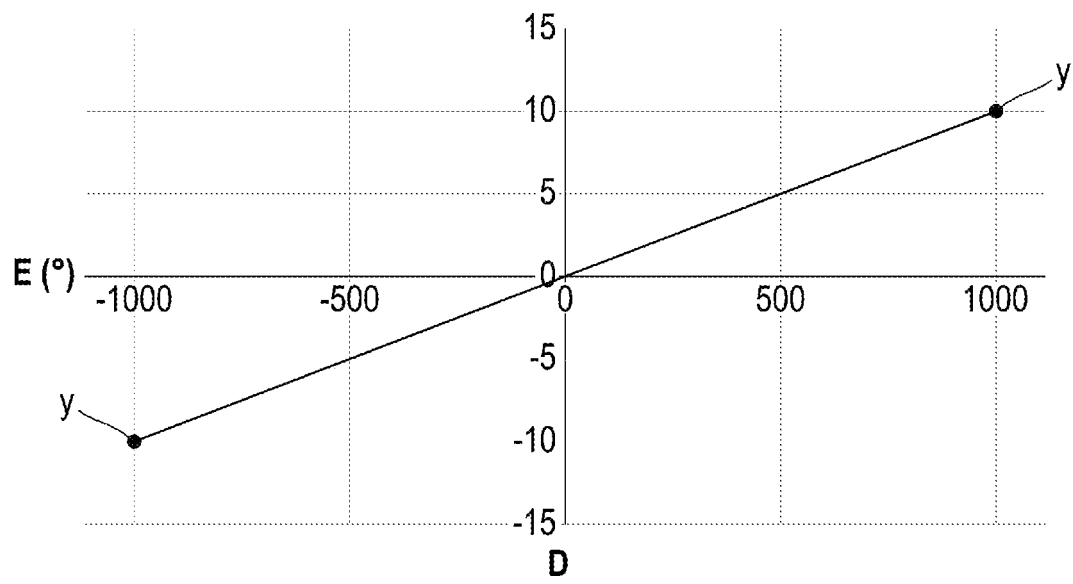
[Fig. 8]



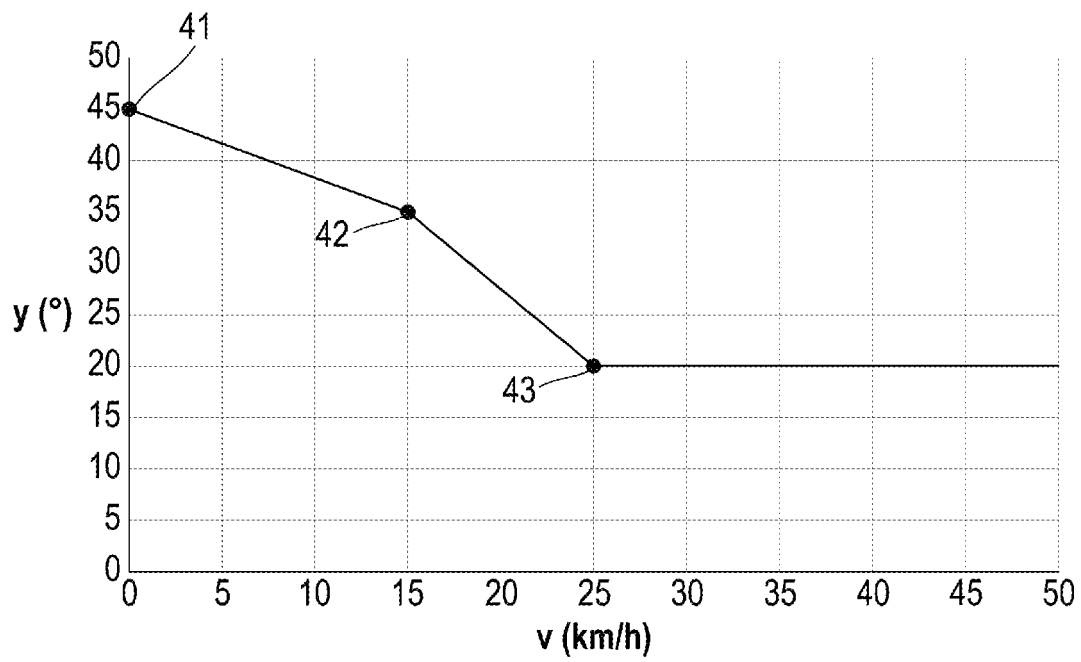
[Fig. 9]



[Fig. 10]



[Fig. 11]



RAPPORT DE RECHERCHE

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

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

☒ Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

☐ Le demandeur a maintenu les revendications.

☒ Le demandeur a modifié les revendications.

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

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

☐ Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

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

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

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

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

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

**1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN
CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION**

US 2006/180381 A1 (SONDEREGGER MARCO [AT]
ET AL) 17 août 2006 (2006-08-17)

WO 2017/055774 A1 (MANITOU BF [FR])
6 avril 2017 (2017-04-06)

US 2015/090507 A1 (OKADA JUNICHI [JP] ET
AL) 2 avril 2015 (2015-04-02)

US 2018/201156 A1 (MANGETTE STEPHEN [US])
19 juillet 2018 (2018-07-19)

**2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN
TECHNOLOGIQUE GENERAL**

NEANT

**3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND
DE LA VALIDITE DES PRIORITES**

NEANT