



⑫ **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

⑲ Numéro de dépôt : **94400285.6**

⑤① Int. Cl.⁵ : **B66C 13/06**

⑳ Date de dépôt : **09.02.94**

③① Priorité : **12.02.93 FR 9301598**

④③ Date de publication de la demande :
17.08.94 Bulletin 94/33

⑧④ Etats contractants désignés :
BE DE DK ES FR GB NL

⑦① Demandeur : **CAILLARD**
Place Caillard,
B.P. 1638
F-76065 Le Havre Cédex (FR)

⑦② Inventeur : **Eudier, Jean Yves**
137 Avenue Georges Clémenceau
F-76290 Montvilliers (FR)
Inventeur : **Cavellier, Stéphane**
75 rue Louis Delamare
F-76600 Le Havre Cedex (FR)

⑦④ Mandataire : **Keib, Gérard et al**
Bouju Derambure (Bugnion) S.A.
38, avenue de la Grande Armée
F-75017 Paris (FR)

⑤④ **Système de contrôle et de commande de la vitesse de déplacement d'une charge pendulaire et appareil de levage comprenant un tel système.**

⑤⑦ L'invention concerne un système de contrôle et de commande du déplacement d'une charge pendulaire. Le système selon une variante préférée de l'invention comprend une commande de vitesse (C_{vit}), un générateur de rampe (G_{RAMPE}) et des circuits (100) de commande de la vitesse ($V(p)$) de la charge pendulaire.

Selon l'invention, il est prévu une chaîne de rétro-action (131) dont la sortie est reliée à une entrée d'un comparateur (140) recevant sur son autre entrée un signal de commande de vitesse de référence ($R(p)$).

Le signal de sortie est transmis aux circuits (100) de commande de vitesse. La chaîne de rétro-action (131) est déterminée pour stabiliser la vitesse de sortie.

Application à la conduite assistée des appareils de levage, notamment portuaires.

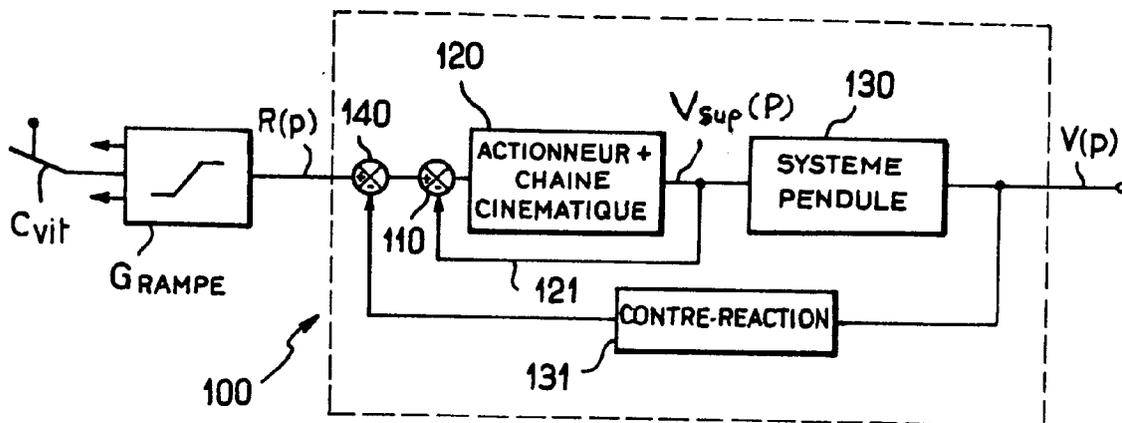


FIG. 6

La présente invention concerne un système de contrôle et de commande de la vitesse de déplacement d'une charge pendulaire.

L'invention concerne également les appareils de levage comprenant un tel système.

L'invention s'applique notamment aux engins de levage portuaires tels que grues, portiques à benne ou à conteneur.

Dans le domaine industriel de la manutention et du levage de charges, notamment de conteneurs, un objectif primordial est de déplacer avec précision d'un point à un autre une charge suspendue par des câbles à un support mobile, tel qu'un chariot motorisé, et également de contrôler et commander le ballant de la charge pendant le trajet.

Or, la précision du déplacement dépend essentiellement du contrôle et de l'amortissement des oscillations de la charge au cours du déplacement.

Un certain nombre de procédés de contrôle des déplacements de charges pendulaires existent déjà, mais les temps de manoeuvre donnés par ces procédés dépendent de la période du pendule constitué par la charge suspendue.

Ces procédés présentent en particulier les inconvénients suivants:

- les mouvements sont calculés avant le démarrage du mouvement en fonction des longueurs pendulaires qui sont elles-mêmes variables pendant le mouvement, en particulier pour les appareils de levage. Le calcul des paramètres du mouvement doit donc être effectué avant la mise en route en faisant des approximations sur la longueur du pendule et sur la variation de celle-ci;
- dans le cas de petits mouvements, les mouvements, liés à la période du pendule, sont nécessairement lents;
- il est difficile de tenir compte de conditions initiales non nulles.

Ces inconvénients font que la précision de déplacement, si elle reste suffisante en manutention de produits en vrac, est insuffisante en manutention de conteneurs notamment.

Dans la demande de brevet français publiée sous le n° 2 664 885, la Demanderesse s'est fixé pour but de remédier à ces inconvénients en proposant un procédé de commande des déplacements d'une charge pendulaire suspendue à un support mobile horizontalement, et déplacée d'un point de départ à un point d'arrivée pendant un trajet de durée prédéterminée, qui permette la prise en compte de perturbations et de variations de longueur pendulaire et qui utilise au maximum la puissance de l'appareil de levage afin de diminuer les temps de déplacement.

La demande de brevet précitée enseigne également un dispositif pour la mise en oeuvre de ce procédé.

Bien que satisfaisant aux objectifs fixés, le pro-

cedé décrit ne répond qu'imparfaitement aux besoins exprimés pour certaines applications, notamment si on désire, non plus assurer un ballant nul en fin d'un trajet de durée déterminée, mais une assistance continue au conducteur, quelle que soit la distance à parcourir.

En effet, les systèmes de commande de l'Art Connu réalisent un asservissement de vitesse du support du câble de levage de la charge pendulaire (ou plus généralement du dispositif en faisant office).

Il résulte de cette disposition que, lors des mouvements du support, la charge pendulaire est animée d'un ballant préjudiciable à la précision du positionnement, en particulier lorsqu'il s'agit d'un objet encombrant tel qu'un conteneur.

Cette instabilité de la charge requiert une grande habileté de la part du conducteur lorsqu'il doit assurer une manutention précise et rapide.

L'invention se propose de pallier les inconvénients de l'Art Connu qui viennent d'être rappelés.

L'invention propose donc un système de contrôle et de commande de la vitesse de déplacement de la charge pendulaire d'un appareil de levage qui libère le conducteur de la contrainte précitée.

Pour ce faire, on réalise un asservissement de la vitesse de la charge pendulaire au lieu de la vitesse du support. Le système gère le comportement oscillant du système support-câble-charge et le conducteur n'a plus alors à anticiper les mouvements pendulaires de la charge pour la positionner.

L'invention a donc pour objet un procédé de contrôle et de commande de la vitesse de déplacement d'une charge pendulaire d'un engin de levage comprenant un support mobile se déplaçant horizontalement et auquel est suspendue ladite charge pendulaire, l'ensemble support mobile-charge pendulaire étant associé à une fonction de transfert globale déterminée, le système comprenant des circuits de commande de vitesse générant un signal de commande de vitesse demandée transmis à des circuits de contrôle et de commande de la vitesse du support mobile; caractérisé en ce qu'il comprend des moyens de mesure de la vitesse réelle de la charge pendulaire permettant la détermination d'un signal représentatif de cette vitesse et une chaîne de rétroaction réinjectant, en entrée desdits circuits de contrôle et de commande de la vitesse du support mobile, un signal dérivé dudit signal représentatif de la vitesse réelle de la charge pendulaire, la fonction de transfert associée à la chaîne de rétro-action étant choisie telle que ladite fonction de transfert globale déterminée soit stable.

L'invention a encore pour objet un appareil de levage comprenant un tel système.

L'invention présente l'avantage d'une conduite d'engin beaucoup plus simple et rapide, en particulier pour des conducteurs non expérimentés.

En outre, le dispositif selon l'invention peut s'in-

tégrer à un système de manutention automatisé, il se charge alors d'assurer le positionnement précis de la charge à partir d'une consigne de position pré-établie.

L'invention sera mieux comprise et d'autres caractéristiques et avantages apparaîtront à la lecture de la description qui suit, en regard des figures annexées et parmi lesquelles:

- la figure 1 est une vue générale schématique d'un engin de levage portuaire pouvant être équipé d'un système de contrôle et commande de la vitesse de déplacement d'une charge pendulaire, selon l'invention;
- la figure 2 est un bloc-diagramme des circuits d'un système de contrôle et commande du déplacement d'une charge pendulaire selon l'Art Connu;
- la figure 3 est un chronogramme explicitant le fonctionnement d'un des circuits d'un tel système;
- la figure 4 illustre schématiquement le fonctionnement d'un tel système;
- la figure 5 est un chronogramme illustrant les variations de la vitesse de la charge en fonction du temps lorsqu'on excite le système à l'aide d'un signal de commande de vitesse de type "échelon";
- la figure 6 est un bloc-diagramme des circuits d'un système de contrôle et de commande de la vitesse de déplacement d'une charge pendulaire selon l'invention;
- la figure 7 est un chronogramme illustrant les variations de la charge en fonction du temps lorsqu'on excite le système selon l'invention par un signal de commande de type "échelon";
- la figure 8 illustre schématiquement les différents paramètres en jeu lors du déplacement de la charge pendulaire;
- la figure 9 est un bloc diagramme du système de l'invention selon un mode de réalisation supplémentaire comprenant un calculateur;
- la figure 10 est un bloc diagramme d'un calculateur pouvant être mis en oeuvre dans le système selon l'invention;
- la figure 11 illustre schématiquement un exemple de réalisation pratique d'un appareil de levage mettant en oeuvre un système selon l'invention.

Dans ce qui suit, pour fixer les idées et sans que cela soit limitatif de la portée de l'invention, on supposera que l'engin de levage est une grue portuaire de type portique utilisée pour le chargement-déchargement de conteneurs ainsi que pour leur transport le long d'un chemin pré-établi.

La figure 1 illustre schématiquement un tel engin.

L'engin de levage portuaire 1 comprend, suivant des techniques connues, un portique 10 auquel est reliée une structure de flèche horizontale 11. Un cha-

riot mobile 21 peut être déplacé horizontalement suivant une direction X le long de la flèche 11. Un conteneur 20 est suspendu au chariot mobile 21 par des câbles 22 dont la variation de longueur permet le déplacement du conteneur 20 suivant une direction verticale Z. L'ensemble câbles 22 et charge pendulaire 20 (conteneur) constitue le système pendulaire 2.

On va maintenant décrire les dispositions habituellement retenues dans l'Art Connu pour le contrôle et la commande d'engins de levage, tels que celui qui vient d'être succinctement rappelé en référence à la figure 1.

Le mouvement de direction est commandé par une régulation continue de la vitesse de support, c'est-à-dire le chariot 21 (figure 1). Les organes principaux d'une telle régulation sont les suivants:

- un organe de mesure de la vitesse du support mobile 21: un générateur d'impulsion ou une dynamo tachymétrique;
- un organe de pilotage: un système électrotechnique (par exemple du type "Ward Leonard") ou un système électronique (variateur de vitesse par exemple); et
- un organe de motorisation: un moteur asynchrone ou à courant continu.

La figure 2 illustre le bloc diagramme d'un dispositif 100 de commande et de contrôle conforme à l'Art Connu.

Il comprend un organe de commande de vitesse C_{vit} , actionné par le conducteur de l'engin (non représenté), fournissant un signal de vitesse demandée V_{dem} .

Cet organe de commande de vitesse C_{vit} commande un générateur de rampe G_{RAMPE} . Celui-ci permet d'écrêter les accélérations du support afin d'éviter que le moteur développe un couple trop important engendrant des chocs mécaniques. Cette fonction est traitée par un système de pilotage du mouvement ou par un calculateur (automate programmable par exemple). Connaissant la vitesse maximale V_{max} du mouvement ainsi que l'accélération nominale à fournir A_{cc} , le temps de rampe T_{RAMPE} est calculé simplement comme suit:

$$T_{RAMPE} = \frac{V_{max}}{2 \times A_{cc}} \quad (1)$$

La figure 3 est un diagramme de temps illustrant ce qui vient d'être explicité.

De l'instant $t = 0$ à $t = T$, la vitesse demandée est égale à V_{max} (partie haute du diagramme), T étant un intervalle de temps prédéterminé. Le générateur de rampe G_{RAMPE} délivre sur sa sortie un signal $R(p)$ représentatif de la vitesse de référence calculée V_{ref} telle qu'illustré par la partie basse du diagramme: une rampe de pente croissante de $t = 0$ à $t = T_{RAMPE}$ (variant de 0 à V_{max}), une vitesse constante (V_{max}) de $t = T_{RAMPE}$ à $t = T$, et une rampe décroissante jusqu'à zéro de $t = T$ à $t = T + T_{RAMPE}$, T étant l'intervalle de temps

pendant lequel est généré le signal de commande de vitesse.

Si on se reporte à nouveau à la figure 2, le signal $R(p)$ représentant la vitesse de référence calculée, est transmis au système de régulation de vitesse 100 de l'ensemble support-câble-charge (figure 1: 20 à 22). En réalité, dans l'Art Connu, seule la vitesse du support mobile 21 est régulée. Celui-ci comprend un actionneur plus une chaîne cinématique 120 représentant le comportement du support. Le signal de sortie $V_{sup}(p)$ représentant la vitesse du support V_{sup} est réinjecté sur l'entrée des circuits 120 via une boucle de contre-réaction 121. En entrée, on dispose un comparateur 110, comparant le signal de référence $R(p)$ au signal $V_{sup}(p)$, le résultat de cette comparaison étant transmis à l'organe 120.

La fonction de transfert $A(p)$ associée au support mobile, c'est-à-dire aux circuits 120 obéit classiquement à la relation:

$$A(p) = \frac{K}{1 + \tau p} \quad (2)$$

relation dans laquelle K est une constante, p une variable et τ la constante de temps associée.

Dans les dispositifs de l'Art Connu classiques, comme illustré sur la figure 2, le système pendulaire représenté par le bloc 130 (commande de l'ensemble câbles + charge) est un système instable. Le signal de commande de vitesse est transmis à ce système. Le signal de sortie $V(p)$ représentant la vitesse V_{cha} de la charge pendulaire est également instable. Il s'agit naturellement d'une valeur vectorielle puisque de nombreuses composantes peuvent intervenir: oscillations angulaires, déplacement linéaire, allongement des câbles. La fonction de transfert de l'ensemble pendulaire $S(p)$ obéit à la relation:

$$S(p) = \frac{V(p)}{V_{sup}(p)} \quad (3)$$

La fonction de transfert globale du système est:

$$G(p) = \frac{V(p)}{R(p)} \quad (4)$$

Cette fonction $G(p)$ n'est pas stable non plus du fait de l'instabilité de $S(p)$.

A titre d'exemple, la réponse théorique d'un tel système à un signal de commande de vitesse du type "échelon" est illustrée par la figure 5.

On a représenté sur ce chronogramme les variations du signal vitesse S_{sortie} en fonction du temps t (échelle arbitraire) lorsque le système est excité par un signal échelon $S_{entrée}$.

La théorie montre qu'il y a une ondulation infinie autour d'une position d'équilibre. Naturellement on a négligé l'amortissement dû à diverses causes: frottements, etc...

Dans le cadre du dispositif décrit, aucune régulation électrique ou mécanique n'est réalisée sur la vitesse de la charge pendulaire. C'est le conducteur de l'engin qui va refermer manuellement la boucle de régulation de vitesse de la charge pendulaire pour la po-

sitionner avec précision.

La figure 4 illustre schématiquement cet état de fait. Le conducteur de l'engin a été représenté sous la référence CONDUC. Le système 120 (figure 2) de régulation de la vitesse appliqué au chariot, c'est-à-dire la structure supportant les câbles 21 (figure 1), reçoit les signaux de commande de vitesse du conducteur CONDUC actionnant la commande de vitesse C_{vit} (figure 1) via le générateur de rampe G_{RAMPE} (figure 1). Le système de régulation 120 reçoit en retour un signal représentatif de la vitesse réelle du chariot 21, via la boucle de contre-réaction 121.

Le conducteur CONDUC "reçoit" des informations visuelles INFO sur la position effective de la charge pendulaire 20, pendue au bout des câbles 22. C'est à partir de cette perception visuelle qu'il va agir sur la commande de vitesse C_{vit} pour anticiper les mouvements de la charge 20. C'est donc le conducteur qui "élabore" les signaux de régulation de la vitesse de la charge.

On conçoit aisément les difficultés inhérentes à ce procédé:

- apprentissage long: exigence de conducteurs expérimentés;
- différence de précision et de rapidité selon les conducteurs;
- influence de la fatigue (dégradation des performances) et d'autres facteurs, par exemple météorologiques : vent, etc.
- etc...

Pour pallier ces difficultés, l'invention prévoit une seconde boucle de contre-réaction ou rétro-action. Cette disposition est illustrée par la figure 6.

Les éléments communs à la figure 2 portent les mêmes références et ne seront redécrits qu'en tant que de besoin.

Le système 100 de régulation de la vitesse de l'ensemble support-câble-charge comprend désormais, en entrée, un comparateur supplémentaire 140 recevant sur une première entrée le signal $R(p)$ représentatif de la vitesse de référence V_{ref} en sortie du générateur de rampe G_{RAMPE} .

La sortie de ce comparateur est transmise à une des entrées du comparateur 110, celui-ci recevant sur sa seconde entrée le signal issu de la première chaîne de rétro-action 121, signal $V_{sup}(P)$ représentatif de la vitesse du support V_{sup} .

La seconde entrée du comparateur 140 reçoit, via une seconde chaîne de rétro-action 131, selon une caractéristique importante de l'invention, un signal représentatif du signal $V(p)$, celui-ci étant pour sa part élaboré à partir de la vitesse réelle mesurée de la charge pendulaire.

La fonction de transfert de la boucle de rétroaction 131 est par convention appelée $H(p)$.

Selon la caractéristique principale de l'invention, on désire stabiliser la fonction de transfert globale $G(p)$ (relation (4)), de manière à obtenir une régula-

tion de la vitesse de la charge pendulaire. Par ce biais, on offre au conducteur une assistance à la conduite de l'engin de levage.

Pour un système pendulaire non amorti, $S(p)$ est de la forme:

$$S(p) = \frac{(\omega_0)^2}{(\omega_0)^2 + p^2} \quad (5)$$

relation dans laquelle ω_0 est la pulsation du système pendulaire.

La chaîne de contre-réaction 131 doit être choisie telle que la fonction de transfert $H(p)$ permette la stabilisation précitée de la fonction globale $G(p)$.

Cette fonction globale $G(p)$ sera de façon préférentielle une fonction mathématique du premier ordre ou du deuxième ordre. La réponse optimale est donnée par une fonction du deuxième ordre.

La fonction de transfert $A(p)$ (relation (2)) ayant une constante de temps τ généralement faible, peut être négligée.

Dans ces conditions, soit $G(p)$ une fonction de transfert du deuxième ordre, on peut la représenter par la relation:

$$G(p) = \frac{(\omega_0)^2}{p^2 + 2z\omega_0 p + \omega_0^2} \quad (6)$$

relation dans laquelle ω_0 est la pulsation du système pendulaire, z le coefficient d'amortissement et p la variable.

Par ailleurs $G(p)$ est de la forme générale:

$$G(p) = \frac{S(p)}{1 + S(p) H(p)} \quad (7)$$

puisque $A(p)$ peut être négligé.

Le calcul montre alors que $H(p)$ répond à la relation:

$$H(p) = \frac{2zp}{\omega_0} \quad (8)$$

La réponse du système global à un signal de commande du type "échelon" est constituée par une infinité de courbes, fonction de la valeur de z .

La figure 7 illustre ces courbes en fonction de $\omega_0 t$, t étant le temps. Pour z choisi égal à 1, on obtient une réponse amortie, ce de façon optimisée. Pour z choisi inférieur à 1, le système oscille et pour z supérieur à 1, le système est amorti mais la rapidité de réponse est dégradée.

Pour calculer la vitesse de la charge, on doit tenir compte de deux composantes:

- la vitesse du support: vitesse absolue par rapport à un référentiel fixe (par exemple le sol);
- la vitesse du ballant, c'est-à-dire une vitesse relative par rapport au support.

La première composante, est généralement mono-directionnelle: vecteur linéaire. C'est par exemple le cas d'un chariot 21 roulant le long de la flèche de l'engin de levage 1, suivant l'axe X (figure 1).

La seconde composante est plus complexe. Il faut tenir compte des oscillations angulaires autour de l'axe vertical Z (figure 1) et des variations instan-

tanées de la longueur des câbles 22.

On a illustré schématiquement ces différents paramètres sur la figure 8.

La vitesse du support mobile 21 (chariot) peut être mesurée par le même capteur que celui utilisé pour obtenir la régulation de vitesse de ce support mobile 21. Cet élément est commun à l'Art Connu. On peut utiliser un tachymètre ou un dispositif de mesure équivalent. Celui-ci fournit un signal représentatif de l'amplitude du vecteur vitesse V_{sup} du support mobile 21 et de son signe. Dans l'exemple illustré V_{sup} est parallèle à l'axe X et de même orientation.

Pour mesurer l'angle α du ballant par rapport à l'axe Z représentant la verticale, c'est-à-dire la position de repos des câbles 22, on peut utiliser, dans une variante de réalisation préférée, un système optique comprenant un système d'analyse notamment du type CCD ("Charge Coupled Device"), et une balise génératrice d'un faisceau optique 30. Il peut s'agir par exemple d'un laser dont la longueur d'onde est choisie pour assurer une sécurité oculaire.

Les moyens d'analyse sont solidaires du support mobile 21 et dirigés vers le bas, suivant une direction parallèle à l'axe Z, c'est-à-dire sensiblement à la verticale de la balise 3. La mesure des variations de la longueur l_p instantanée des câbles 22, c'est-à-dire de la composante linéaire de la vitesse suivant un axe faisant un angle α avec l'axe Z, peut être effectuée de différentes façons. Des dispositifs permettant d'obtenir cette mesure sont bien connus en soi. On peut, par exemple, générer des impulsions électriques par un moyen (non illustré sur la figure 8) couplés à l'axe d'enroulement des câbles 22. On peut encore utiliser des moyens optiques de télémétrie. Ces moyens de télémétrie sont en général basés sur l'émission d'un faisceau laser réfléchi ou rétro-diffusé par un obstacle dont on veut mesurer l'éloignement. Pour ce faire, on mesure le temps aller-retour du faisceau.

Les mesures ainsi effectuées permettent donc de connaître à tout moment les variations de l'angle α du ballant et de la longueur du pendule "câbles 22-charge 20". On peut donc en déduire la vitesse relative V_{bal} du ballant, par rapport au chariot 21, de façon classique.

En combinant les deux vitesses, V_{sup} et V_{bal} , on obtient la vitesse absolue de la charge V_{cha} par rapport à un référentiel fixe, par exemple lié au sol. Il s'agit naturellement d'une addition vectorielle de différentes composantes.

Dans une variante préférée de réalisation de l'invention, ces déterminations s'effectuent à l'aide d'un calculateur.

De façon préférentielle, ce calculateur est un calculateur programmable de type numérique, les signaux représentent les diverses commandes et vitesses lui étant fournis sous forme de mots binaires ou de trains d'impulsions.

La figure 9 est un bloc-diagramme illustrant l'organisation du dispositif de contrôle-commande selon cette variante de réalisation de l'invention. Le système de régulation 100 comprend, outre les circuits 120 et 130 similaires aux circuits de la figure 2, un calcu-
 5 lateur 200. On a représenté les liaisons sous forme de bus de données. On admet donc implicitement que l'ensemble des circuits est numérisé, mais cela n'est en aucun cas limitatif de la portée de l'invention. D'autres solutions peuvent être adoptées, en particu-
 10 lier des solutions hybrides: une partie de la chaîne étant analogique, l'autre étant numérique. On fera alors usage de convertisseurs analogiques-numériques ou, inversement, de convertisseurs numériques-analogiques, de façon classique.

Le calculateur 200 reçoit, d'une part, un signal de commande $R(p)$ représentatif de la vitesse de réfé-
 15 rence et, d'autre part, un signal $V(p)$ représentatif de la vitesse de la charge pendulaire V_{cha} . A partir de ces données, il élabore une nouvelle référence de vitesse ou commande de vitesse corrigée, transmise aux cir-
 20 cuits 120. Le fonctionnement de l'ensemble est analogue au fonctionnement des circuits décrits en relation avec la figure 6 et il est inutile de le redécrire.

Dans une variante non représentée, le calcula-
 25 teur 200 pourrait recevoir directement le signal de commande de vitesse et élaborer, à l'aide de circuits spécifiques appropriés, ou par programme, le signal de rampe tel que décrit en relation avec la figure 3.

Le calculateur 200 lui-même peut être réalisé à
 30 base d'un micro-ordinateur de type courant, muni d'interfaces spécialisées pour communiquer avec l'extérieur, ou à base de circuits de traitement de signaux dédiés, c'est-à-dire spécifiques.

La figure 10 illustre, à titre d'exemple non limita-
 35 tif, l'architecture d'un calculateur 200. Dans cet exemple, il s'agit d'un calculateur spécialisé ou dédié.

On a représenté plus particulièrement les circuits
 40 nécessaires à l'acquisition des signaux utiles au calcul de la vitesse de la charge pendulaire.

Le calculateur comprend des premiers circuits
 d'interface 201 recevant des signaux représentatifs
 du déplacement du support 21 (figure 1).

Le but de ces circuits d'interface 201 est d'effec-
 45 tuer les adaptations nécessaires, électriques et autres, entre le calculateur 200 et l'extérieur, pour mettre en forme les signaux reçus. La sortie des circuits 201 est transmise à des premiers circuits 203 d'acquisition des données relatives aux déplacements du support mobile 21 (figure 1). Ces circuits 203 comprennent en général des organes de mémoire et transforment les données "brutes" en mots binaires utilisables par des premiers circuits de traitement de signal 205 disposés en cascade. Ces cir-
 50 cuits élaborent un mot binaire représentatif de la vitesse du support mobile 21 (figure 1). La configuration exacte de ces circuits dépend naturellement de la nature des signaux de mesure reçus en entrée (im-

pulsions de comptage, signaux analogiques, etc...).

Le calculateur 200 comprend par ailleurs une
 deuxième chaîne comportant des deuxièmes circuits
 d'interface 202 recevant des signaux représentatifs
 5 de l'information ou données de ballant, des seconds
 circuits 204 d'acquisition de ces données et des
 deuxièmes circuits de traitement de signal 206. Ces
 derniers élaborent en sortie un mot binaire représen-
 10 tatif de la vitesse du ballant.

Le résultat de ces deux chaînes de calcul est
 combiné par des circuits 207 que l'on a représenté
 schématiquement sous la forme d'un comparateur
 dont les informations en sortie sont transmises à des
 troisièmes circuits de traitement de signal 208, élabo-
 15 rant la nouvelle référence de vitesse.

Enfin, des troisièmes circuits d'interface 209 as-
 20 surent les adaptations nécessaires entre le calcula-
 teur 200 et l'extérieur (circuits 120: figure 2).

On n'a pas représenté sur cette figure les circuits
 généraux, tels qu'alimentation, générateurs de si-
 25 gnaux de cadencement (horloges), etc., nécessaires
 au bon fonctionnement du calculateur 200. Tous ces
 circuits sont bien connus de l'Homme de Métier et il
 est inutile de les détailler.

De la même manière, on n'a pas représenté la
 chaîne de circuits nécessaires à l'élaboration d'un
 mot binaire représentatif de la commande de vitesse
 de référence, mot binaire élaboré à partir des infor-
 30 mations générées, en premier lieu, par la commande
 de vitesse C_{vit} (figure 6). Cette chaîne est analogue
 aux deux chaînes de calcul illustrées et comprend
 substantiellement les mêmes éléments. Le signal ré-
 sultant de cette élaboration est combiné aux autres
 signaux par les circuits 207 ou transmis directement
 35 aux circuits 208 selon la configuration adoptée.

Il va de soi également que les méthodes, les cir-
 40 cuits et/ou les programmes nécessaires aux divers
 calculs: calcul de vitesse à partir de variations de po-
 sitions, d'angles, etc., sont bien connus en soi.

Enfin le calculateur 200 peut également être uti-
 45 lisé, de façon avantageuse, pour élaborer les autres
 signaux de commande nécessaires à la bonne mar-
 che de l'appareil de levage: ordres de levage, etc., et
 qui sont communs à l'Art Connu.

Pour illustrer de façon plus précise l'invention, on
 va maintenant décrire un exemple de réalisation
 concrète d'un dispositif de contrôle et de commande
 de vitesse de déplacement de la charge pendulaire
 d'un appareil de levage, en se référant à la figure 11.

Dans une forme de réalisation particulière d'un
 dispositif de contrôle et de commande selon l'inven-
 50 tion, illustrée par cette figure, le dispositif de contrôle
 et de commande de vitesse de déplacement d'une
 charge pendulaire 20 suspendue à un support mobile
 d'un engin de levage 1 comprend les circuits de ré-
 gulation 100 incluant le calculateur 200 (figure 9) re-
 55 cevant d'une part, en entrée CL, une information de
 longueur du pendule issue d'un codeur de position 5 ;

en entrée B, une information de ballant issue de la caméra 4, ou de tout autre dispositif d'analyse optique, comme il a été indiqué ; et en entrée CD, une information de déplacement du support mobile ou information de direction, et délivrant en retour, en sortie SL, des ordres de levage transmis à des moyens de levage 6, 7, 8 de l'engin de levage 1, et en sortie SD, des ordres de direction transmis à des moyens de direction 19a, 19b.

Les moyens de levage comprennent un tambour de levage 8 autour duquel s'enroule un câble de suspension 22 relié à la charge 20, par exemple, un conteneur, un réducteur 7 et un moteur électrique 6, agencés suivant des techniques bien connues. Le moteur de levage 6, auquel est associé le codeur de levage 5, est commandé, via une ligne de commande 12 et un amplificateur 13, soit à partir d'un levier de commande de levage 14 soit par les circuits 100, à travers la sortie SL précitée.

Les moyens de direction comprennent un galet de direction 19b roulant sur un rail de direction 15 horizontal lié à l'engin de levage, un réducteur 19a et un moteur électrique 9 auquel est fixé un codeur de direction 16. Ce moteur de direction 9 est commandé via une ligne de puissance de direction 17 et un amplificateur de puissance 18 par les circuits 100, à travers la sortie SD précitée.

L'angle de ballant est mesuré grâce à une caméra 4 solidaire du support mobile et dont l'objectif est dirigé verticalement vers le bas, comme il a été indiqué ; la charge pendulaire 20 étant équipée d'une balise optique 3 émettant un faisceau 30 dirigé vers le haut.

La commande de vitesse est réalisée à l'aide d'un levier de commande de vitesse C_{vit} et transmise sur une entrée EC des circuits 100. On suppose, dans l'exemple illustré, que le générateur de rampe G_{RAMPE} est disposé à l'intérieur des circuits 100 ou que cette fonction est réalisée par le calculateur 200.

L'invention permet donc d'obtenir une assistance efficace au pilotage des appareils de levage, mise à la disposition du conducteur d'engin.

Le ballant, par les dispositions prises est maîtrisé à tout instant du déplacement du chariot mobile 21 (figure 1) et quelles que soient les conditions du déplacement et les facteurs influant sur le comportement de l'ensemble pendulaire chariot-charge (vent, etc.).

Elle permet donc un positionnement précis de la charge quelle que soit la distance parcourue par le chariot mobile.

Un appareil de levage équipé d'un dispositif de contrôle et de commande conforme à l'invention ne nécessite plus d'avoir recours uniquement à des conducteurs expérimentés et garantit une parfaite reproductibilité des manoeuvres.

L'invention n'est naturellement pas limitée aux seuls exemples de réalisation précisément décrits par référence aux figures.

Dans le domaine du levage, l'invention s'applique à tout appareil de levage à câbles avec une charge en son extrémité et en particulier, sans que cela soit limitatif de la portée de l'invention, aux appareils suivants:

- portiques à conteneurs
- portiques à benne
- grue de chantier (bâtiment)
- grue à benne ou à crochet
- grue ferroviaire
- bigue flottante

Revendications

1. Système de contrôle et de commande de la vitesse de déplacement d'une charge pendulaire (20) d'un engin de levage (1) comprenant un support mobile (21) se déplaçant horizontalement et auquel est suspendue ladite charge pendulaire (20), l'ensemble support mobile (21)- charge pendulaire (20) étant associé à une fonction de transfert globale déterminée $G(p)$; le système comprenant des circuits de commande de vitesse (C_{vit}) générant un signal de commande de vitesse demandée (V_{dem}) transmis à des circuits de contrôle et de commande (120) de la vitesse du support mobile (21); caractérisé en ce qu'il comprend des moyens de mesure (5, 16, 3, 4) de la vitesse réelle (V_{cha}) de la charge pendulaire (20) permettant la détermination d'un signal $V(p)$ représentatif de cette vitesse et une chaîne de rétro-action réinjectant, en entrée (140) desdits circuits de contrôle et de commande (120) de la vitesse du support mobile (21), un signal dérivé dudit signal $V(p)$ représentatif de la vitesse réelle (V_{cha}) de la charge pendulaire (20), la fonction de transfert $H(p)$ associée à la chaîne de rétro-action (131) étant choisie telle que ladite fonction de transfert globale déterminée $G(p)$ soit stable.
2. Système selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend en entrée desdits circuits de contrôle et de commande (120) de la vitesse du support mobile (21) un comparateur (140), recevant sur une première entrée un signal de commande de vitesse $R(p)$ et sur une seconde entrée le signal de sortie de ladite chaîne de rétro-action (131) et générant en sortie un signal de correction de vitesse transmis auxdits circuits de contrôle et de commande (120).
3. Système selon la revendication 1, caractérisé en ce que ladite chaîne de rétro-action est réalisée à l'aide d'un calculateur programmable (200) recevant sur une première entrée des signaux $V(p)$ représentatifs de la vitesse de la charge pendulaire (20) et sur une seconde entrée un si-

- gnal de commande de vitesse (R(p)).
4. Système selon la revendication 3, caractérisé en ce que ledit calculateur (200) comprend une première chaîne de calcul (201, 203, 205) destinée à l'acquisition des données de déplacement du support (21), une seconde chaîne de calcul (202, 204, 206) destinée à l'acquisition des données de ballant (α , lp) de la charge pendulaire (20), des moyens de combinaisons (207) des calculs réalisés par ces deux chaînes et une chaîne de traitement de signal (208, 209) générant un signal de commande de vitesse corrigée à partir desdits calculs et dudit signal de commande de vitesse de référence (R(p)).
5. Système selon la revendication 4, caractérisé en ce que chacune desdites chaînes de calcul comprend des circuits d'interface (201, 202) avec l'extérieur du calculateur, des circuits d'acquisition de données (203, 204) et des circuits de traitement de signal (205, 206) et en ce que ladite chaîne de traitement de signal comprend des circuits de traitement de signal (208) et des circuits d'interface (209) avec l'extérieur du calculateur (200).
6. Système selon l'une quelconque des revendications 3 à 5, caractérisé en ce que ledit calculateur (200) est du type numérique.
7. Système selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que ladite fonction de transfert globale déterminée (G(p)) est une fonction mathématique du second ordre.
8. Système selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans lequel la fonction de transfert (S(p)) associée au système pendulaire (20) suspendue par au moins un câble (20) audit support mobile (21) obéissant à la relation:
- $$S(p) = \frac{(\omega_0)^2}{(\omega_0)^2 + p^2} \quad (6)$$
- dans laquelle: ω_0 est la pulsation du système pendulaire (20, 22); p une variable; le système est caractérisé en ce que la fonction de transfert (H(p)) associée à ladite chaîne de rétroaction (131) est choisie telle que:
- $$H(p) = \frac{2zp}{\omega_0};$$
- relation dans laquelle z est un paramètre choisi supérieur ou égal à l'unité.
9. Système selon la revendication 8, caractérisé en ce que ledit paramètre z est choisi égal à l'unité.
10. Système selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que lesdits moyens de mesure de la vitesse réelle (V_{cha}) de la charge pendulaire (20) comprennent des premiers moyens (5, 16) de mesure de la vitesse absolue (V_{sup}) du support mobile (21), par rapport à un référentiel fixe, des seconds moyens de mesure de la vitesse relative (V_{bal}) de la charge Pendulaire (20) par rapport au support mobile (21) et des moyens de détermination de la vitesse réelle (V_{cha}) de la charge pendulaire (20) à partir de ces deux mesures.
11. Système selon la revendication 10, caractérisé en ce que lesdits premiers moyens de mesure comprennent un tachymètre.
12. Système selon la revendication 10, caractérisé en ce que lesdits seconds moyens de mesure comprennent des moyens de mesure de l'écart angulaire (α) de la charge pendulaire (20) par rapport à sa fonction de repos et des moyens de mesure des variations de la distance (lp) séparant la charge pendulaire (20) du support mobile (21).
13. Système selon la revendication 12, caractérisé en ce que les moyens de mesure dudit écart angulaire (α) comprennent un générateur de rayonnement optique (30) lié à la charge pendulaire (20) et une caméra (4) liée au support mobile recevant ledit rayonnement (30).
14. Système selon l'une quelconque des revendications 1 à 13, caractérisé en ce qu'il comprend en outre un générateur de rampe (G_{RAMPE}) recevant en entrée le signal de commande de vitesse demandée (V_{dem}) délivré par lesdits circuits de commande de vitesse (C_{vit}) et générant en sortie un signal de commande de vitesse de référence (V_{ref}) dont les flancs de montée et de descente ont une pente maximale déterminée représentative d'une accélération prédéterminée (A_{cc}).
15. Appareil de levage (1), caractérisé en ce qu'il comprend un système de contrôle et de commande de la vitesse de déplacement d'une charge pendulaire (20) qui lui est associée, selon l'une quelconque des revendications 1 à 14, de manière à obtenir une conduite assistée de l'appareil.
16. Appareil selon la revendication 15, caractérisé en ce qu'il est constitué par un engin de levage portuaire (1) et en ce que la charge pendulaire (20) est un conteneur.

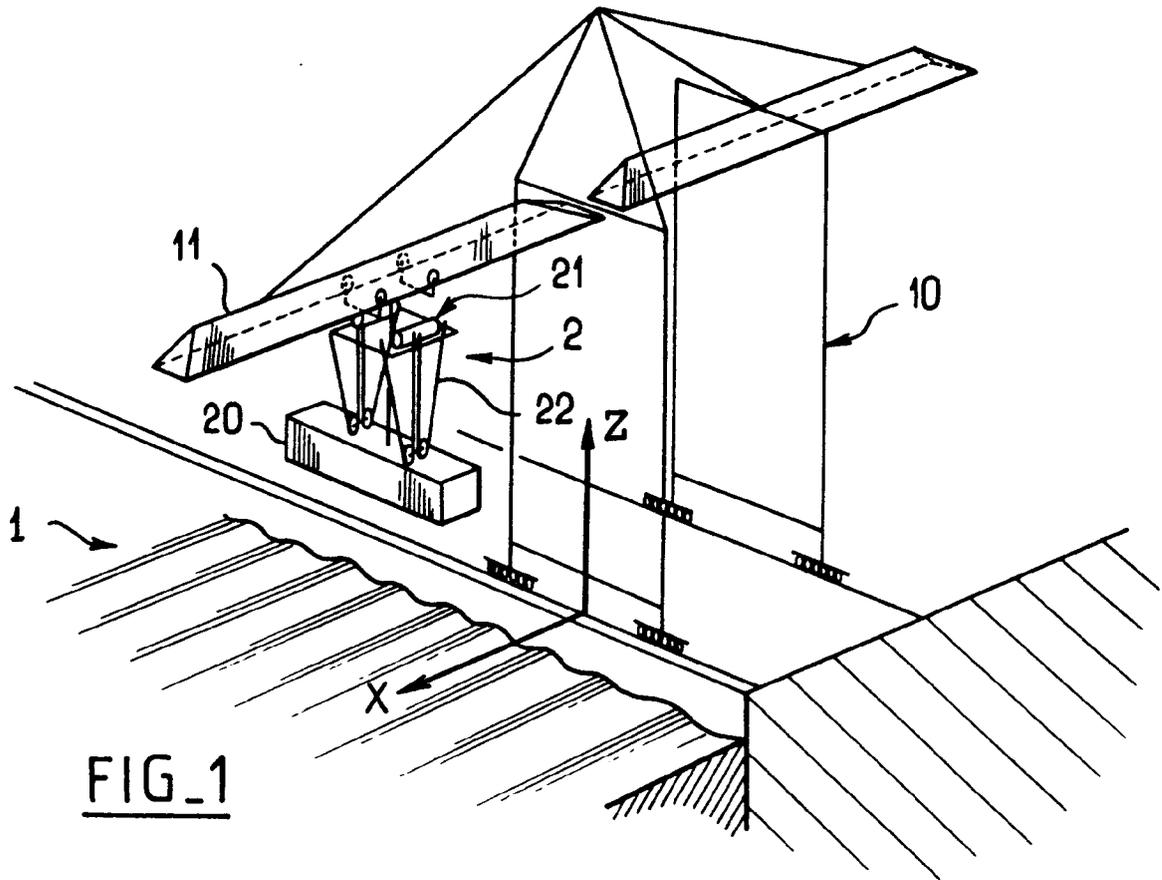


FIG. 1

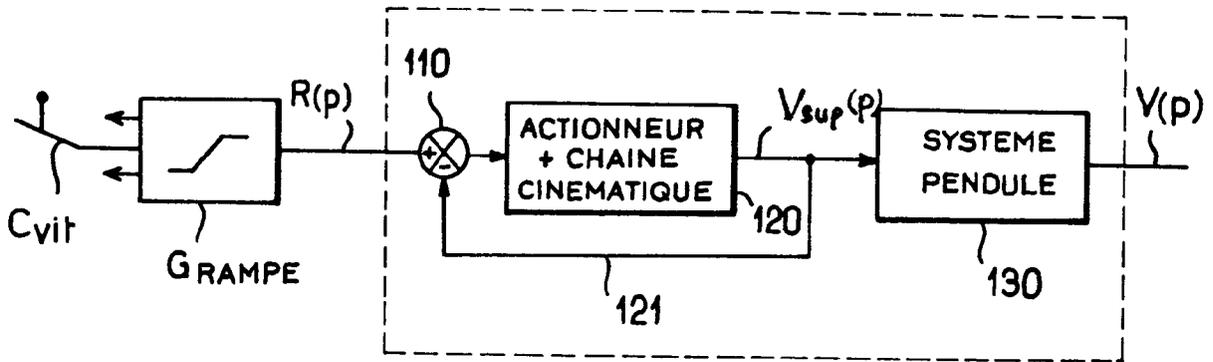


FIG. 2

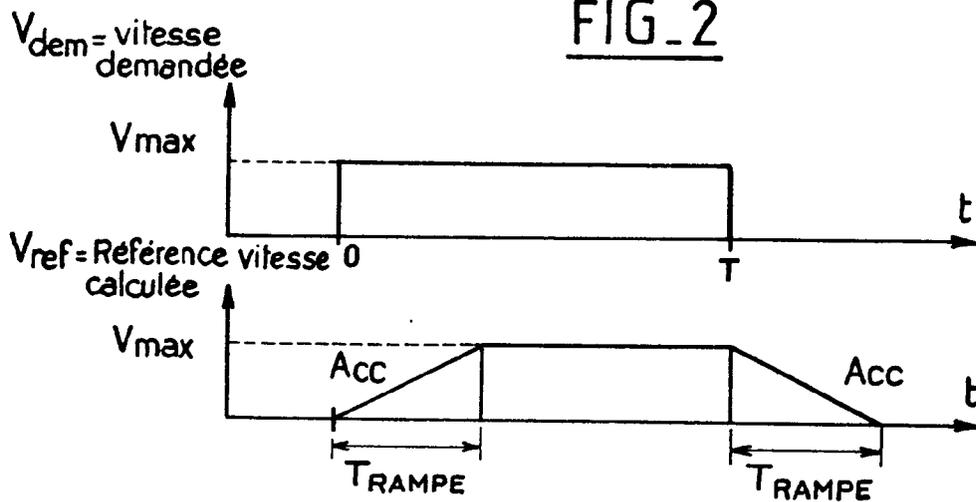


FIG. 3

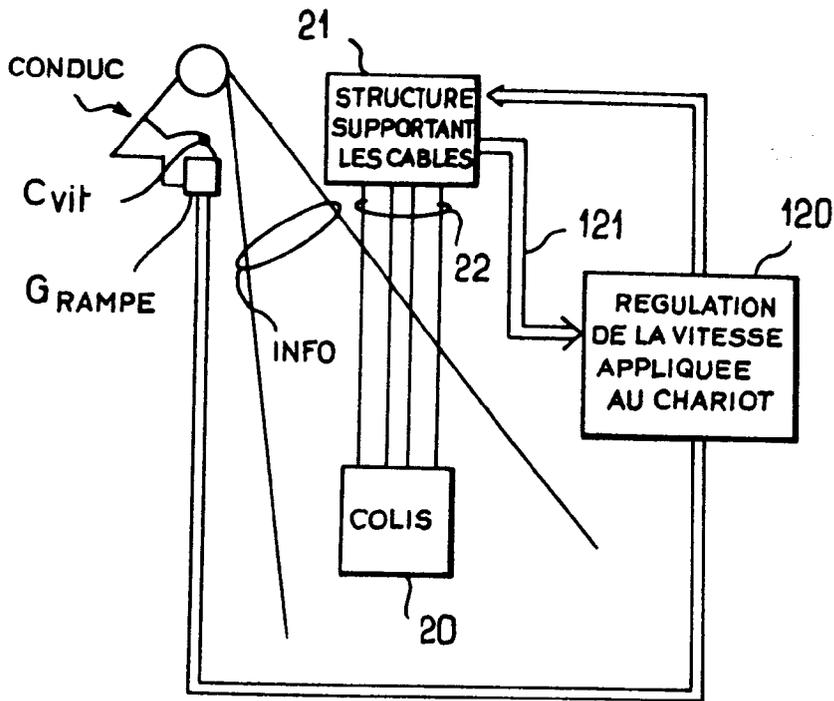


FIG. 4

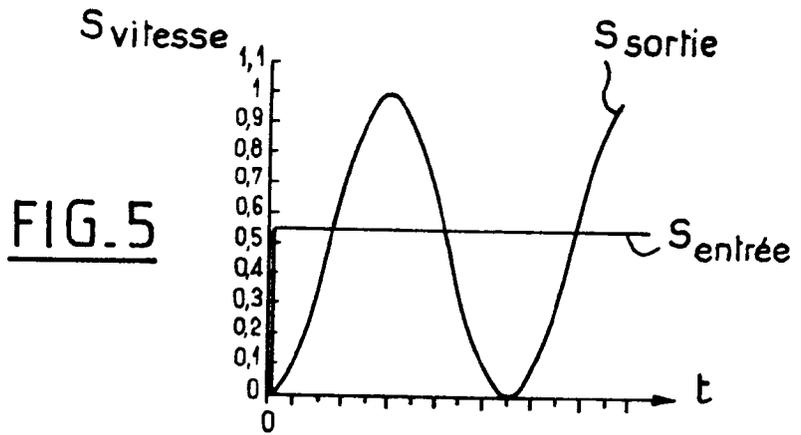


FIG. 5

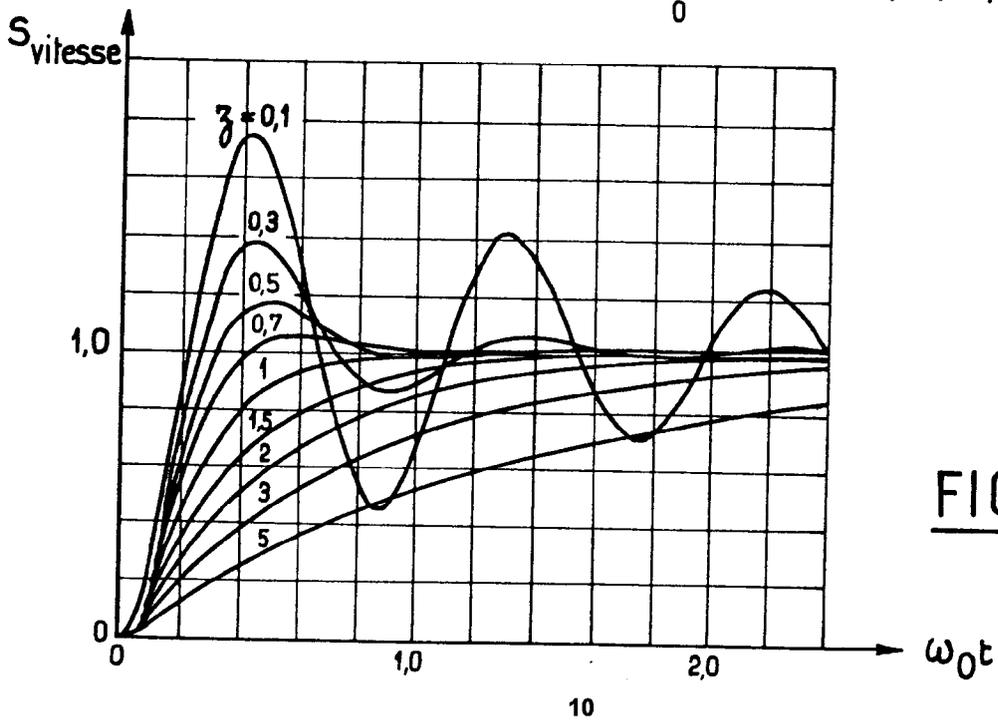


FIG. 7

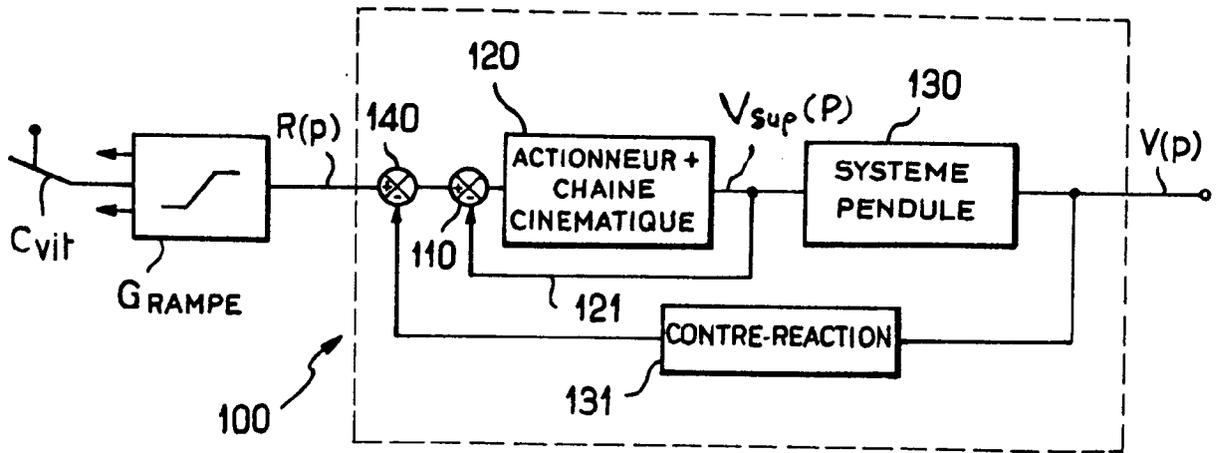


FIG. 6

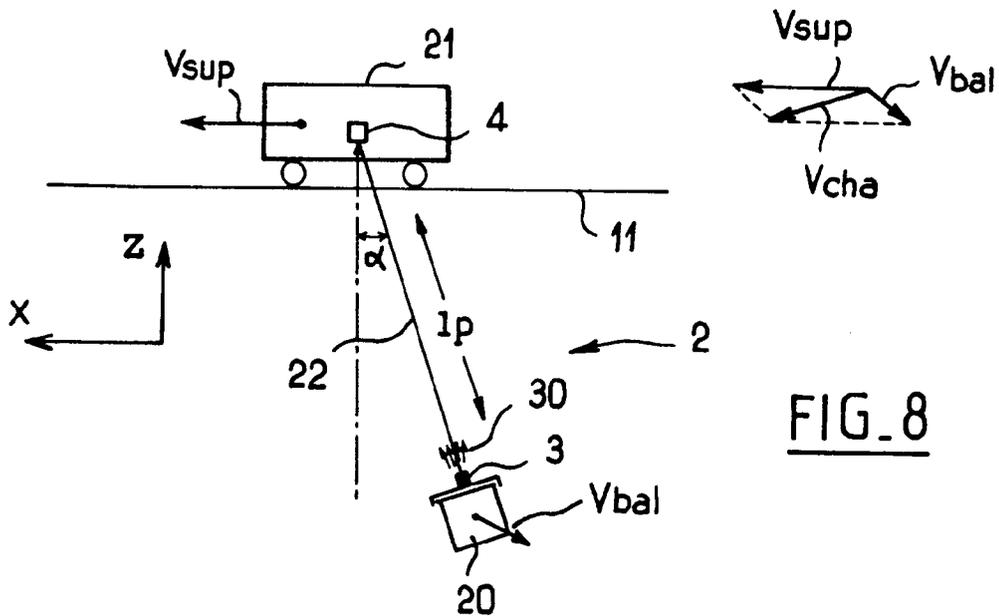


FIG. 8

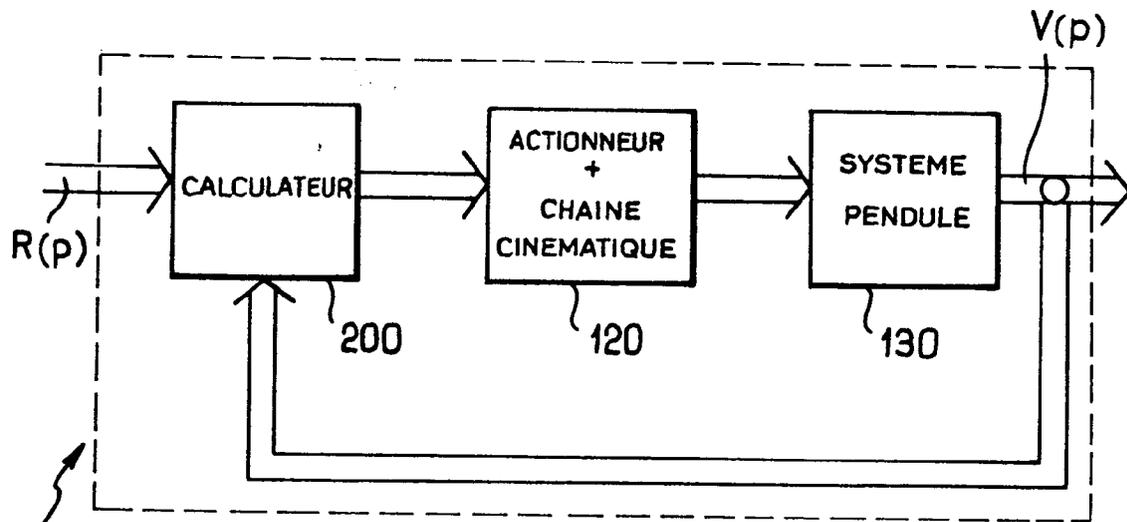


FIG. 9

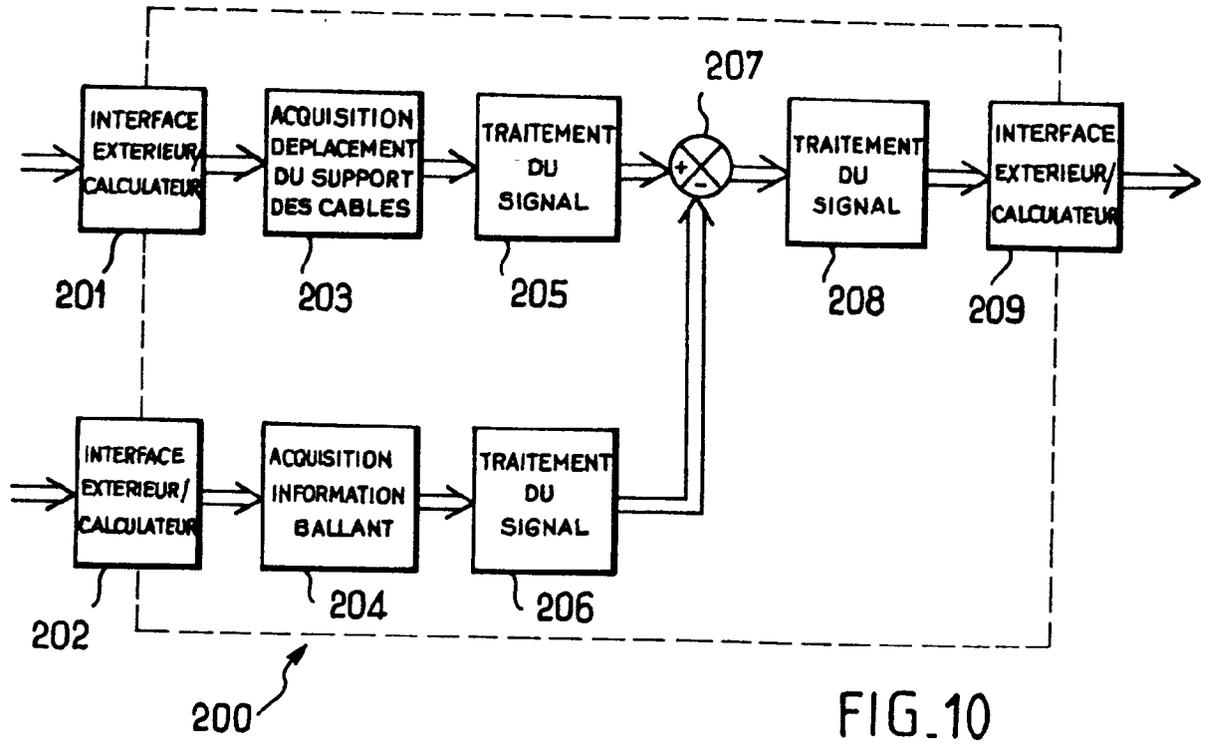


FIG. 10

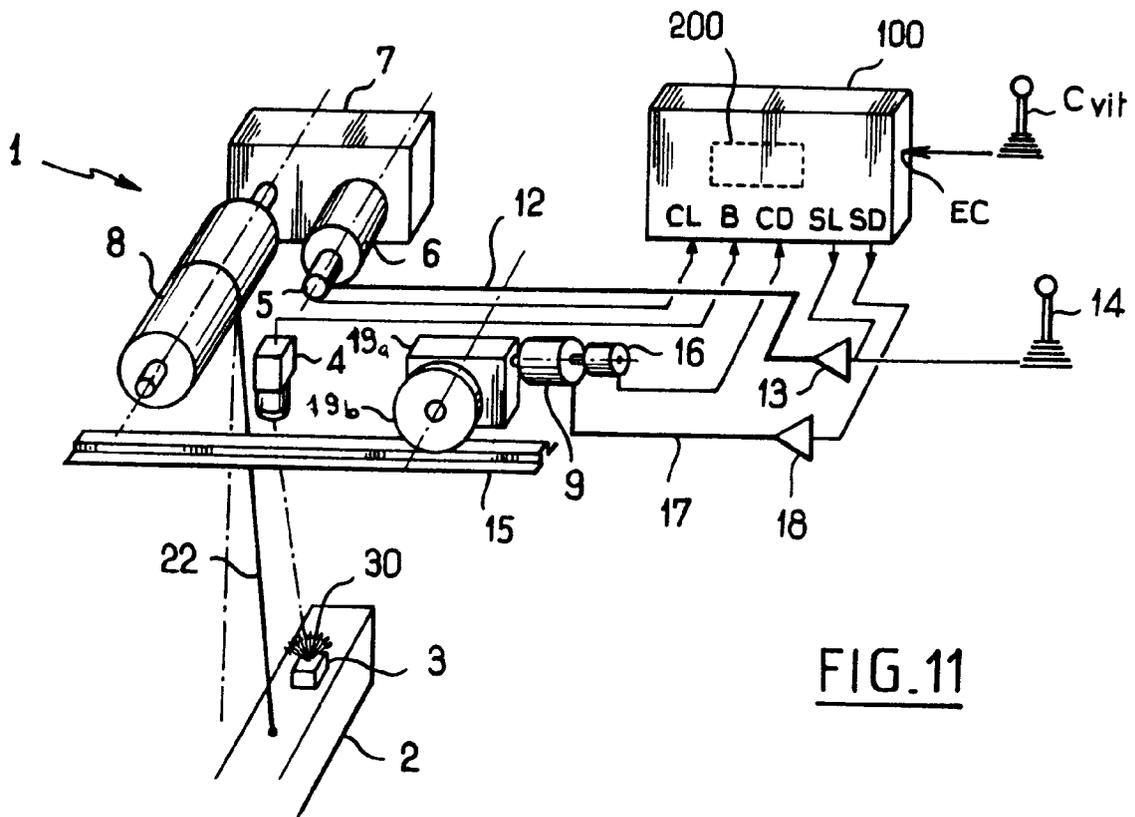


FIG. 11



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande
EP 94 40 0285

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.Cl.5)
P,X	DE-A-42 38 795 (EDGAR VON HINÜBER) * colonne 2, ligne 43 - ligne 63 *	1	B66C13/06
X	--- E&I ELEKTRONTECHNIK UND INFORMATIONSTECHNIK, vol.110, no.5, 1993, WIEN pages 251 - 253, XP000361393 HELMUT BÜRSKENS 'Optimierter Containerumschlag mit PDC 200' * page 252, colonne 2, ligne 18 - page 253, colonne 1, ligne 10; figure 2 *	1	
X	DE-B-12 74 293 (LICENTIA PATENT-VERWALTUNG)	1,2,10, 15	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.5)
A	* colonne 3, ligne 11 - ligne 57 * * colonne 4, ligne 63 - colonne 5, ligne 25; figure 2 *	4	
A	DE-A-39 24 256 (MANNESMANN) * page 3, ligne 15 - page 5, ligne 1; figure 4 *	1,2,10, 12,15	B66C
A	EP-A-0 394 147 (REEL S.A.) * page 2, ligne 46 - page 3, ligne 18; figures 5-7 *	1,3-7, 12,14,16	
A	DE-A-35 13 007 (HITACHI) * page 10, ligne 11 - ligne 32 * * page 27, ligne 1 - ligne 10 * * page 29, colonne 13 - page 32, colonne 10; figures 3,11,13 *	4,11,15, 16	
A	US-A-3 850 308 (SIEMENS) * colonne 3, ligne 26 - ligne 29; figure 1 *	11	
		-/--	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
LA HAYE		30 Mai 1994	Waldorff, U
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES			
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arriére-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande
EP 94 40 0285

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.Cl.5)
1 A	US-A-3 826 380 (ALMANNA SVENSKA ELEKTRISKA) * abrégé; figure 1 * -----	12, 13	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.5)
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 30 Mai 1994	Examineur Waldorff, U
<p>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</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 antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant</p>			

EPO FORM 1503 03.82 (F04C02)