RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication : **2 461 676**
(A n'utiliser que pour les commandes de reproduction).

A1

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

(21) **N° 79 18446**

(54) **Procédé pour la commande automatique de la trajectoire du fardeau d'un engin de levage et dispositif pour sa mise en œuvre.**

(51) Classification internationale (Int. Cl.³). **B 66 C 13/08.**

(22) Date de dépôt..... 17 juillet 1979.
(33) (32) (31) Priorité revendiquée :

(41) Date de la mise à la disposition du public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 6 du 6-2-1981.

(71) Déposant : CASTERAN Jean, résidant en France.

(72) Invention de : Jean Casteran.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Cabinet André Bouju,
38, av. de la Grande-Armée, 75017 Paris.

La présente invention concerne un procédé pour la commande automatique de la trajectoire du fardeau d'un engin de levage, destiné à conduire automatiquement le fardeau entre son point de prise et un point donné de dépose.

L'invention concerne également un dispositif pour mettre en oeuvre ce procédé.

Le domaine visé concerne particulièrement la manutention de fardeaux entre navire et quai et plus spécialement dans le cas de manutention de produits en vrac, au moyen d'une benne, entre navire à décharger et trémie destinée au vidage de la benne disposée près de la grue sur le quai et au retour de la benne vide de la trémie jusqu'au point de prise dans le bateau.

Une telle manipulation nécessite, tant au cours de la trajectoire du fardeau depuis le navire jusqu'à la trémie que durant la trajectoire de retour, de la part du conducteur, une commande simultanée des mouvements de hissage, de variation de portée et d'orientation. De plus, du fait du déplacement du fardeau et de son inertie, celui-ci est sujet à un balancement multidirectionnel.

La répétition, au cours de la durée du poste de conduite, de cycles à grande cadence peut entraîner une fatigue du conducteur, ayant pour effet une diminution de la cadence et de la précision, le conducteur ayant tendance à réduire les vitesses, d'une part pour faciliter l'amortissement des oscillations du fardeau au point de dépose, et d'autre part pour mieux contrôler une trajectoire souvent délicate au milieu des obstacles qui peuvent se présenter sur le quai.

Le but de la présente invention est de réaliser un procédé et un dispositif de commande du fardeau qui permette de s'affranchir de ces inconvénients en évitant les balancements dudit fardeau.

Suivant un premier aspect de l'invention, le procédé pour la commande automatique de la trajectoire d'un fardeau porté par un engin de levage entre son point de prise et son point de dépose est caractérisé en ce qu'on donne au point d'accrochage du fardeau sur l'engin une trajectoire dont la projection horizontale est rectiligne.

L'ensemble du fardeau et de son point d'attache se déplacent dans le plan vertical contenant le point de prise et le point de dépose, de sorte que les balancements éventuels ne peuvent se produire que dans ce plan, les balancements multidirectionnels étant exclus.

Suivant une réalisation préférée de l'invention on donne au point d'accrochage du fardeau une loi de mouvement telle qu'en fin de trajectoire le fardeau se retrouve immobile à la verticale du point d'accrochage.

Tous les inconvénients signalés plus haut disparaissent. La prise et la dépose s'effectuent instantanément et avec précision.

La loi de mouvement adéquate n'est pas unique. Elle peut être, par exemple, d'allure sinusoïdale comme celle décrite dans la demande de brevet français numéro 78 09 302.

Elle peut également, sous une forme plus simple consister à donner au point d'accrochage du fardeau un mouvement uniformément accéléré pendant la première moitié du parcours et uniformément retardé pendant la seconde moitié.

On a constaté que, pour supprimer complètement le ballant, il convenait de choisir la vitesse maximale Vm du point d'attache, de manière que chaque demi-parcours du point d'attache soit effectué en un temps égal à la période T de balancement du fardeau.

De façon plus détaillée, dans le cas où l'engin de levage est une grue à flèche, on effectue succes-

sivement les opérations suivantes :

a/ On met en mémoire les portées extrêmes p_o et p_1 de la flèche de la grue quand le point d'attache du fardeau est respectivement au-dessus du point de dépose et au-dessus du point de prise ;

b/ on affiche une vitesse maximale Vm du point d'attache ;

c/ on mesure l'angle polaire a définissant la position angulaire de la flèche par rapport à une position de référence ;

d/ on calcule la portée théorique r en fonction de a, cette portée théorique correspondant à une trajectoire rectiligne du point d'attache ;

e/ on calcule la fraction parcourue d du demi-parcours total du point d'attache en fonction de a ;

f/ on calcule la vitesse instantanée V en fonction de Vm et de d ;

g/ on calcule la vitesse angulaire a' de la flèche ;

h/ on affiche la valeur a' comme point de consigne de la vitesse angulaire de la flèche ;

i/ on calcule la vitesse théorique r' de variation de portée ;

j/ on mesure la portée réelle p et l'on calcule un écart $e = p - r$;

k/ on corrige la vitesse théorique r' en fonction de l'écart e pour obtenir une vitesse théorique corrigée r'_c tendant à ramener le point d'attache sur la trajectoire rectiligne souhaitée ;

l/ on affiche la valeur r'_c comme valeur de consigne de la vitesse de variation de portée.

Si le signe de l'écart e est tel, par exemple, que le point d'attache tende à s'écarter de sa trajec-

toire rectiligne en s'éloignant trop de la grue, c'est-à-dire si p est plus grand que r, la valeur corrigée r'c donnera comme consigne de faire diminuer p pour ramener le point d'attache sur sa trajectoire et inversement.

De façon avantageuse, on calcule les vitesses a' et r'précitées uniquement en fonction des paramètres géométriques du mouvement.

On évite ainsi toute imprécision sur le point d'arrivée du fardeau, qui pourrait résulter de dérives temporelles aléatoires, ou d'une correspondance préétablie insuffisamment précise entre le temps et l'espace parcouru.

Suivant un second aspect de l'invention, le dispositif pour la commande automatique de la trajectoire d'un fardeau porté par une grue à flèche entre son point de prise et son point de dépose, et notamment pour appliquer un procédé tel que celui décrit plus haut, est caractérisé en ce qu'il comprend :

a/ des moyens de mesure reliés à un dispositif de commande d'orientation de la flèche pour mesurer l'angle polaire d'orientation de la flèche et émettre un signal a correspondant vers un étage de calcul ;

b/ des moyens de mesure reliés à un dispositif de commande de l'élongation du point d'attache du fardeau pour mesurer l'élongation réelle de ce point et émettre un signal p correspondant vers ledit étage de calcul ;

c/ des moyens pour mettre en mémoire dans l'étage de calcul les coordonnées du point de prise et du point de dépose ;

d/ des moyens, dans l'étage de calcul, pour calculer la vitesse a' de rotation de la flèche et la vitesse théorique r' de variation de l'élongation du point d'attache ;

e/ un dispositif variateur de vitesse pour commander le dispositif de commande de l'orientation de la flèche, ce dispositif variateur étant relié à l'étage de calcul pour recevoir le signal a' précité ;

f/ des moyens, dans l'étage de calcul, pour calculer une élongation théorique r en fonction de l'angle polaire a, cette élongation correspondant à une trajectoire rectiligne du point d'attache, et des moyens pour calculer la vitesse théorique r'de variation d'élongation ;

g/ des moyens, dans l'étage de calcul, pour calculer un écart $e = p - r$ et pour calculer une valeur r'_c résultant de la correction de la vitesse théorique r' en fonction de e ;

h/ un dispositif variateur de vitesse pour commander le dispositif de commande de l'élongation du point d'attache, ce dispositif variateur étant relié à l'étage de calcul pour recevoir le signal r'_c précité.

Dans cette conception du dispositif, la vitesse de rotation a' de la flèche constitue une grandeur indépendante pilote, calculée en fonction de la vitesse Vm désirée et appliquée au dispositif de commande de l'orientation. Au contraire, l'élongation p, ou plutôt sa vitesse de variation, est commandée et constamment corrigée en fonction de ses écarts avec la trajectoire rectiligne désirée.

Suivant une réalisation préférée de l'invention, le dispositif comprend des moyens pour afficher manuellement dans l'étage de calcul une valeur représentant la période T d'oscillation du fardeau.

On peut ainsi appliquer la loi anti-ballant en fonction de toute tâche particulière à accomplir, après un calcul rapide de la période.

L'invention prévoit encore de préférence un dispositif relié à l'étage de calcul pour afficher une vitesse prédéterminée de translation linéaire du point d'attache du fardeau, dans un sens ou dans l'autre.

On peut ainsi, dans certaines applications, afficher une vitesse différente de celle correspondant à la loi anti-ballant. Des oscillations se produiront, mais il est possible qu'on y trouve momentanément quelques avantages.

Suivant une réalisation avantageuse de l'invention, le dispositif comprend des organes de commande manuelle de l'élongation du point d'attache et de la rotation de la flèche.

On se réserve ainsi la possibilité, dans certaines manoeuvres exceptionnelles, de commander le mouvement à la main pour tenir compte, par exemple, de circonstances non prévues dans le programme de marche automatique.

Dans cette réalisation, le dispositif comprend un organe de commutation pour passer de la commande manuelle du déplacement du point d'attache à la commande automatique et inversement.

Cet organe de commutation comprend de préférence un contact incorporé à l'organe de commande manuelle de l'élongation, de sorte qu'il suffit d'actionner ce dernier pour provoquer automatiquement le passage en marche manuelle.

Suivant une réalisation perfectionnée de l'invention, le dispositif comprend un organe de commande manuelle d'ouverture et de fermeture d'une benne suspendue au point d'attache.

L'intervention manuelle qui en résulte permet un contrôle périodique du fonctionnement du système.

En outre, l'invention prévoit avantageusement que l'organe de commande de la benne soit relié à l'étage

de calcul pour provoquer la mise en mémoire des coordonnées du point de prise.

Si la prise s'effectue sur un tas de matériau en vrac, il est utile de modifier de temps à autre l'emplacement du point de prise au moyen des organes de commande manuelle. La fermeture de la benne qui suit immédiatement provoque la mise en mémoire des nouvelles coordonnées du point de prise.

Le dispositif comprend encore avantageusement un organe manuel relié à l'étage de calcul pour provoquer la translation de l'ensemble de la grue, pour le cas où des déplacements importants du point de prise ou du point de dépose sont à prévoir.

Le dispositif comprend de préférence un organe manuel relié à l'étage de calcul pour provoquer la mise en mémoire des coordonnées du point de dépose, soit au début d'une opération, soit après un déplacement important de la grue ou du point de dépose.

D'autres particularités et avantages de l'invention ressortiront encore de la description détaillée qui va suivre.

Aux dessins annexés, donnés à titre d'exemple non limitatif :

- la Figure 1 est une vue en élévation, semi-schématique, d'une grue du genre de celles envisagées dans l'invention, en position de déchargement d'un navire à quai,
- la Figure 2 est une vue schématique d'ensemble en plan montrant la trajectoire du point d'attache et du fardeau,
- la Figure 3 est une vue schématique d'ensemble en élévation, dans le plan vertical du point de prise et du point de dépose, montrant la trajectoire du fardeau,
- la Figure 4 est un schéma électrique du

dispositif conforme à l'invention,

- la Figure 5 est un organigramme fonctionnel destiné à l'explication du fonctionnement du dispositif,

- les Figures 6 à 11 sont des diagrammes également destinés à l'explication du fonctionnement.

En référence aux Figures 1 à 4, une grue 1 est portée par un portique 2 reposant sur un quai 3 par l'intermédiaire de galets 4 placés sur des chemins de roulement 5.

La grue 1 comporte une flèche 6 orientable et à portée variable dont l'extrémité 7 sert de point d'attache à un fardeau qui, dans l'exemple décrit est une benne 8 à ouverture télécommandée.

L'emplacement de la grue 1 est déterminé de manière à permettre la prise d'un matériau 9 en vrac dans un navire 11 à quai et la dépose de ce matériau dans une trémie 12 située sur le quai 3.

Dans ce qui suit, on appellera point de prise A (Figure 2), tout point situé à la verticale du point où la benne atteint le matériau 9 dans le navire 11, et point de dépose B tout point situé sur l'axe vertical de la trémie 12. Sauf indication contraire, toutes les considérations cinématiques qui seront développées seront relatives au mouvement du point d'attache 7, les déplacements verticaux de la benne 8 par rapport à ce point, obtenus grâce à un treuil de hissage 13, n'étant pas pris en considération.

Une partie mobile de la grue 1 peut tourner autour d'un axe vertical 14 grâce à un treuil 15 entraînant un pignon 16 coopérant avec une couronne dentée suivant des dispositions connues.

Un treuil 17 coopérant avec une crémaillère 18 articulée sur la flèche 6 permet de faire varier l'inclinaison de cette flèche, et donc de modifier l'élongation du point 7 par rapport à l'axe 14.

Les treuils 15 et 17 sont respectivement entraînés par des moteurs à courant continu 19, 21 (Figure 4) commandés par des variateurs de vitesse respectifs 22, 23 à thyristors d'un type connu.

Ces variateurs reçoivent respectivement comme valeur de consigne des signaux $\underline{a}'$ et $\underline{r'_c}$ qui seront précisés plus loin, par l'intermédiaire de commutateurs 24, 25.

Des capteurs de mesure 26, 27 reliés respectivement aux treuils 15 et 17 délivrent des signaux $\underline{a}$ et $\underline{p}$ représentant respectivement l'angle polaire d'orientation de la flèche 6 et l'élongation du point d'attache 7.

Ces signaux sont appliqués à un microprocesseur 28 qui délivre en sortie les signaux $\underline{a}'$ et $\underline{r'_c}$ indiqués plus haut.

L'ensemble du dispositif représenté sur la Figure 4 est alimenté à partir du réseau électrique 29, l'alimentation du microprocesseur 28 s'effectuant par l'intermédiaire d'un stabilisateur de tension 31.

Un organe de commande manuelle 32 comporte un système 33 à curseur glissant permettant d'émettre un signal manuel vers le variateur 22 par l'intermédiaire du commutateur 24 pour commander à la main le moteur 19 qui définit l'orientation de la flèche 6. L'organe 32 comporte un autre système 34 à curseur permettant de faire varier entre -1 et $+1$ un signal K appliqué au microprocesseur 28 et qui sera précisé plus loin.

De façon analogue, un organe de commande manuelle 35 comporte un système 36 à curseur permettant d'actionner à la main le moteur 21 définissant l'élongation du point d'attache 7, en émettant un signal par l'intermédiaire du commutateur 25. L'organe 35 comporte un contact 37 actionné dès qu'on manoeuvre le curseur 36 pour faire basculer les commutateurs 24 et 25 par l'in-

termédiaire du microprocesseur 28 et assurer le passage en marche manuelle.

Une roue codeuse RT est reliée au microprocesseur 28 pour afficher la période d'oscillation T de la benne 8 suspendue à son point d'attache 7.

Un organe de commande manuelle CBT permet de commander la translation de l'ensemble de la grue 1 sur son chemin de roulement, grâce à des moyens moteurs d'un type connu, non représentés. L'organe CBT est relié au microprocesseur 28 qui a ainsi connaissance de son état.

Un bouton-poussoir BP est relié au microprocesseur 28 pour permettre, par sa manoeuvre, la mise en mémoire des coordonnées du point d'attache 7 au moment où l'on actionne ce bouton.

Un organe de commande manuelle CBF permet de commander l'ouverture et la fermeture de la benne 8. Il est relié au microprocesseur 28 de manière que l'opération de fermeture de la benne provoque la mise en mémoire des coordonnées du point de prise A.

On va maintenant expliquer le fonctionnement du dispositif qui vient d'être décrit. Cette explication servira de description du procédé, et elle servira également de description du microprocesseur 28 en précisant les fonctions élémentaires qu'il doit accomplir.

Le navire 11 et la trémie 12 étant dans des positions données, on amène la grue dans une position 14 convenable au moyen de la commande de translation CBT.

Au moyen des organes manuels 32 et 35, on amène la benne 8 au-dessus du point de dépose B, et l'on actionne le bouton-poussoir BP, ce qui met en mémoire l'élongation $\underline{p_o}$ du point B et son angle polaire $\underline{a_o}$ auquel on donne par convention la valeur zéro.

Ensuite, toujours au moyen des organes manuels 32 et 35, on amène la benne 8 au-dessus du point de

prise A. Par fermeture de la benne au moyen de l'organe CBF, on met en mémoire les coordonnées p_1 et a_1 du point A.

On peut dès lors calculer la distance 2D séparant les points A et B :

$$2D = \sqrt{p_o^2 + p_1^2 - 2 p_1 p_2 \cos a_1}$$

On peut également calculer l'angle b que fait la flèche en position de prise avec la normale à la trajectoire rectiligne AB du point d'attache (Figure 2).

$$\operatorname{tg} b = \frac{p_o \cos a_1 - p_1}{p_o \sin a_1}$$

L'angle polaire de B étant zéro, l'angle polaire courant a de la flèche sera donné par :

$$a = a_x - a_1$$

Cette opération, évidente sur la Figure 2, est effectuée par le microprocesseur, de sorte que le capteur 26 fournit l'angle a_x, et non l'angle a comme indiqué, pour plus de clarté sur la Figure 4.

Le microprocesseur calcule alors l'élongation théorique r qui correspond à la trajectoire rectiligne souhaitée :

$$r = \frac{p_1 \cos b}{\cos (a - b)}$$

et la distance d parcourue, prise relativement à la demi-trajectoire D :

$$d = \frac{AM}{D/2} = \frac{r \sin a}{D \cos b}$$

La période T de balancement de la benne ayant été affichée, le microprocesseur calcule la vitesse maxi-

male V_m du point M atteinte au milieu du parcours AB, le mouvement du point M étant uniformément accéléré :

$$V_m = \frac{2\,D}{T}$$

Il calcule ensuite la vitesse instantanée V qui est donnée par :

$$V = V_m \sqrt{d} \quad \text{si} \quad d < 1$$

$$V = V_m \sqrt{2-d} \quad \text{si} \quad d > 1$$

le mouvement de M étant uniformément retardé dans le second demi-parcours aboutissant en B.

Ces opérations sont rappelées à la suite les unes des autres sur l'organigramme fonctionnel de la Figure 5, dans sa branche centrale correspondant à la marche automatique envisagée ici.

Le microprocesseur calcule ensuite la vitesse de variation d'orientation :

$$a' = - V \frac{\cos (a-b)}{r}$$

et la vitesse théorique de variation d'élongation :

$$r' = - V \sin (a-b)$$

A chaque instant, le microprocesseur compare la valeur réelle p de l'élongation avec la valeur théorique r correspondant à la trajectoire rectiligne AB souhaitée et il calcule un écart :

$$e = p - r$$

Il corrige alors la vitesse théorique r' en fonction de cet écart e pour obtenir une vitesse corrigée r'_c, en utilisant la formule suivante :

$$r'_c = r' \left| \frac{p'}{|p'|} - e \right|$$

Bien entendu, il a préalablement calculé la vitesse de variation $\underline{r'}$ comme indiqué plus haut au moyen d'un dispositif dérivateur inclus dans l'étage de calcul 28.

La valeur calculée $\underline{a'}$ est alors appliquée comme valeur de consigne $\underline{a'_c}$ au variateur de vitesse 22, tandis que la valeur $\underline{r'_c}$ est appliquée au variateur de vitesse 23. La correction d'élongation qui en résulte permet de rejoindre la trajectoire rectiligne en tendant à rendre $\underline{p}$ égal à $\underline{r}$.

Avec le type de grue utilisé, la longueur du pendule constitué par la benne reste suffisamment constante au cours du parcours pour obtenir une excellente approximation.

D'autre part, l'expérience montre qu'en utilisant des capteurs de position digitaux et un microprocesseur effectuant les opérations en moins de 100 millisecondes, on obtient sur la trajectoire une précision de quelques centimètres, l'absence de ballant étant par ailleurs rigoureusement respectée.

Les courbes représentées aux Figures 6 à 11 concrétisent le fonctionnement pour un exemple correspondant aux conditions suivantes :

$p_o = 15$ m $\qquad p_1 = 30$ m

$a_1 = 81°$ $\qquad 2D = 31$ m $\qquad T = 10$ s

Les courbes des Figures 6 et 7 montrent bien la variation du mouvement du point d'attache, d'abord uniformément accéléré, puis uniformément retardé.

L'angle $\underline{a}$, grandeur pilote, croît régulièrement (Figure 9), tandis que l'élongation $\underline{p}$ présente un minimum au moment où $a = b$ (Fibure 8) .

Les vitesses de variation de $\underline{p}$ et de $\underline{a}$ présentent un point anguleux à mi-parcours (Figures 10 et 11)

correspondant au changement brusque d'allure de la vitesse V.

L'opérateur a la possibilité de suivre la trajectoire en utilisant la vitesse maximale, comme indiqué plus haut, ou de réduire cette vitesse en appliquant aux valeurs de consigne $\underline{a}'$ et $\underline{r'_c}$ un coefficient réducteur K au moyen du curseur 34, comme indiqué dans l'organigramme de la Figure 5. Dans un tel cas, la loi anti-ballant n'est pas respectée, mais la trajectoire du point d'attache demeure rectiligne et le ballant ne se produit que dans le plan vertical de la trajectoire.

En pratique, la commande du mouvement s'effectue en actionnant le curseur 34, en le poussant d'un côté pour obtenir le mouvement dans un sens, et de l'autre côté pour obtenir le mouvement dans l'autre sens. La position intermédiaire zéro correspond à l'arrêt du système et au test CBOR = 0 de l'organigramme.

Après un certain nombre d'opérations, il peut devenir nécessaire de modifier légèrement l'emplacement du point de prise. Par manoeuvre manuelle des organes 32 et 35, l'opérateur amène la benne au-dessus du nouveau point choisi, cette manoeuvre supprimant le fonctionnement automatique par le jeu du contact 37 et des commutateurs 24 et 25. En fermant la benne au droit de ce point, par l'organe CBF, le test CBF de l'organigramme passe à "un" et les coordonnées du nouveau point de prise sont mises en mémoire. On remarque que l'intervention de la commande manuelle a fait passer à "un" le test CBVP, provoquant la remontée, dans l'organigramme, jusqu'en amont du test CBF.

Si, pour une raison quelconque, on déplace la grue par l'organe CBT, le test CBT passe à "un" et le débranchement remonte au début de l'organigramme pour provoquer la mise en mémoire des coordonnées du point de dépose B par rapport à la nouvelle position de la grue.

Un des avantages importants de l'invention consiste dans le fait que les grandeurs géométriques et leurs vitesses de variation sont exprimées, non en fonction du temps, mais en fonction des positions, ce qui assure la fixité de la trajectoire, indépendamment de toute dérive temporelle toujours difficile à éviter.

Bien entendu, l'invention n'est pas limitée à l'exemple décrit, et l'on pourrait concevoir de nombreuses variantes sans sortir de son cadre.

Ainsi, elle pourrait s'appliquer à divers types de grue, à flèche droite, ou à tour, ainsi qu'à des ponts roulants ou à des portiques, sous la seule condition de convertir les calculs des coordonnées polaires aux coordonnées cartésiennes.

De même, les moteurs d'entraînement des treuils pourraient être des moteurs à courant alternatif ou même des moteurs hydrauliques, leur caractéristique essentielle étant de pouvoir réaliser des vitesses variables recopiant les vitesses de consigne issues du microprocesseur.

Enfin, la loi de vitesse choisie pour la trajectoire rectiligne du point d'attache peut être de toute nature, pourvu qu'elle donne un balancement nul de la benne à son point d'arrivée. Ce pourrait être, par exemple, la loi d'allure sinusoïdale donnée dans la demande de brevet français 78 09 302.

REVENDICATIONS

1. Procédé pour la commande automatique de la trajectoire d'un fardeau porté par un engin de levage entre son point de prise et son point de dépose, caractérisé en ce qu'on donne au point d'accrochage du fardeau sur l'engin une trajectoire dont la projection horizontale est rectiligne.

2. Procédé conforme à la revendication 1, caractérisé en ce qu'on donne au point d'accrochage du fardeau une loi de mouvement telle qu'en fin de trajectoire le fardeau se retrouve immobile à la verticale du point d'accrochage.

3. Procédé conforme à la revendication 2, caractérisé en ce qu'on donne au point d'accrochage du fardeau un mouvement uniformément accéléré pendant la première moitié du parcours et uniformément retardé pendant la seconde moitié.

4. Procédé conforme à la revendication 3, caractérisé en ce qu'on choisit la vitesse maximale V_m du point d'attache de manière que chaque demi-parcours du point d'attache soit effectué en un temps égal à la période T de balancement du fardeau.

5. Procédé conforme à l'une des revendications 3 ou 4, applicable dans le cas où l'engin de levage est une grue à flèche, caractérisé en ce qu'on effectue successivement les opérations suivantes :

a/ on met en mémoire les portées extrêmes $\underline{p_o}$ et $\underline{p_1}$ de la flèche de la grue, quand le point d'attache du fardeau est respectivement au-dessus du point de dépose et au-dessus du point de prise ;

b/ on affiche une vitesse maximale V_m du point d'attache ;

c/ on mesure l'angle polaire $\underline{a}$ définissant la position angulaire de la flèche par rapport à

une position de référence ;

d/ on calcule la portée théorique r en fonction de a, cette portée théorique correspondant à une trajectoire rectiligne du point d'attache ;

e/ on calcule la fraction parcourue d du demi-parcours total du point d'attache en fonction de a ;

f/ on calcule la vitesse instantanée V en fonction de V_m et de d ;

g/ on calcule la vitesse angulaire a' de la flèche ;

h/ on affiche la valeur a' comme point de consigne de la vitesse angulaire de la flèche ;

i/ on calcule la vitesse théorique r' de variation de portée ;

j/ on mesure la portée réelle p et l'on calcule un écart $e = p - r$;

k/ on corrige la vitesse théorique r' en fonction de l'écart e pour obtenir une vitesse théorique corrigée r'_c tendant à ramener le point d'attache sur la trajectoire rectiligne souhaitée ;

l/ on affiche la valeur r'_c comme valeur de consigne de la vitesse de variation de portée.

6. Procédé conforme à la revendication 5, caractérisé en ce qu'on calcule les vitesses a' et r' précitées uniquement en fonction des paramètres géométriques du mouvement.

7. Dispositif pour la commande automatique de la trajectoire d'un fardeau porté par une grue à flèche entre son point de prise et son point de dépose, et notamment pour appliquer un procédé conforme à l'une des revendications 5 ou 6, caractérisé en ce qu'il comprend :

a/ des moyens de mesure reliés à un dispositif de commande d'orientation de la flèche pour

mesurer l'angle polaire d'orientation de la flèche et émettre un signal a correspondant vers un étage de calcul ;

b/ des moyens de mesure reliés à un dispositif de commande de l'élongation du point d'attache du fardeau pour mesurer l'élongation réelle de ce point et émettre un signal p correspondant vers ledit étage de calcul ;

c/ des moyens, pour mettre en mémoire dans l'étage de calcul, les coordonnées du point de prise et du point de dépose ;

d/ des moyens, dans l'étage de calcul, pour calculer la vitesse a' de rotation de la flèche et la vitesse théorique r' de variation de l'élongation du point d'attache ;

e/ un dispositif variateur de vitesse pour commander le dispositif de commande de l'orientation de la flèche, ce dispositif variateur étant relié à l'étage de calcul pour recevoir le signal a' précité ;

f/ des moyens, dans l'étage de calcul, pour calculer une élongation théorique r en fonction de l'angle polaire a, cette élongation correspondant à une trajectoire rectiligne du point d'attache, et des moyens pour calculer la vitesse théorique r' de variation d'élongation ;

g/ des moyens, dans l'étage de calcul, pour calculer un écart $e = p - r$ et pour calculer une valeur r'_c résultant de la correction de la vitesse théorique r' en fonction de e ;

h/ un dispositif variateur de vitesse pour commander le dispositif de commande de l'élongation du point d'attache, ce dispositif variateur étant relié à l'étage de calcul pour recevoir le signal r'_c précité.

8. Dispositif conforme à la revendication 7, caractérisé en ce qu'il comprend des moyens pour afficher manuellement dans l'étage de calcul une valeur représentant la période T d'oscillation du fardeau.

9. Dispositif conforme à l'une des revendications 7 ou 8, caractérisé en ce qu'il comprend un dispositif relié à l'étage de calcul pour afficher une vitesse prédéterminée de translation linéaire du point d'attache du fardeau, dans un sens ou dans l'autre.

10. Dispositif conforme à l'une des revendications 7 à 9, caractérisé en ce qu'il comprend des organes de commande manuelle de l'élongation du point d'attache et de la rotation de la flèche.

11. Dispositif conforme à la revendication 10, caractérisé en ce qu'il comprend un organe de commutation pour passer de la commande manuelle du déplacement du point d'attache à la commande automatique et inversement.

12. Dispositif conforme à la revendication 11, caractérisé en ce que l'organe de commutation comprend un contact incorporé à l'organe de commande manuelle de l'élongation.

13. Dispositif conforme à l'une des revendications 7 à 12, caractérisé en ce qu'il comprend un organe de commande manuelle d'ouverture et de fermeture d'une benne suspendue au point d'attache.

14. Dispositif conforme à la revendication 13, caractérisé en ce que l'organe de commande de la benne est relié à l'étage de calcul pour provoquer la mise en mémoire des coordonnées du point de prise.

15. Dispositif conforme à l'une des revendications 7 à 14, caractérisé en ce qu'il comprend un organe manuel relié à l'étage de calcul pour provoquer la translation de l'ensemble de la grue.

16. Dispositif conforme à l'une des revendica-

tions 7 à 15, caractérisé en ce qu'il comprend un organe manuel relié à l'étage de calcul pour provoquer la mise en mémoire des coordonnées du point de dépose.

2461676

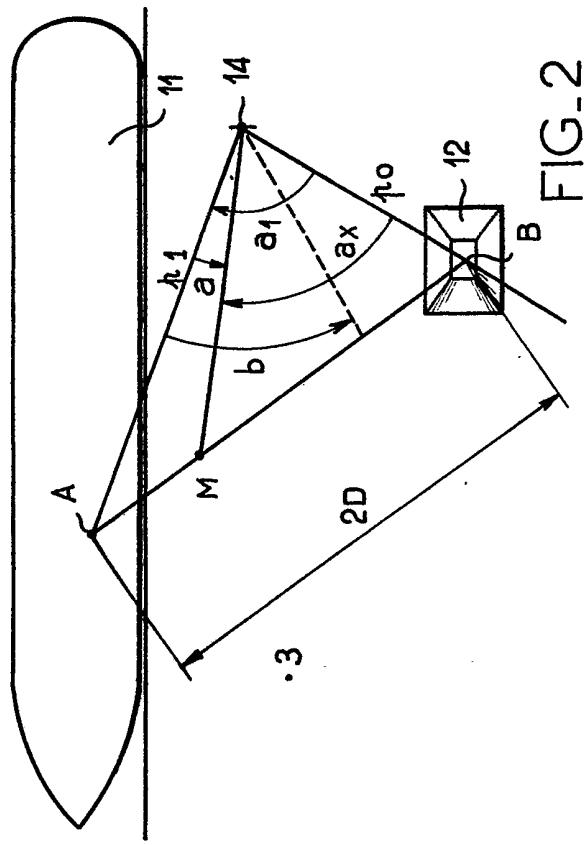


FIG_2

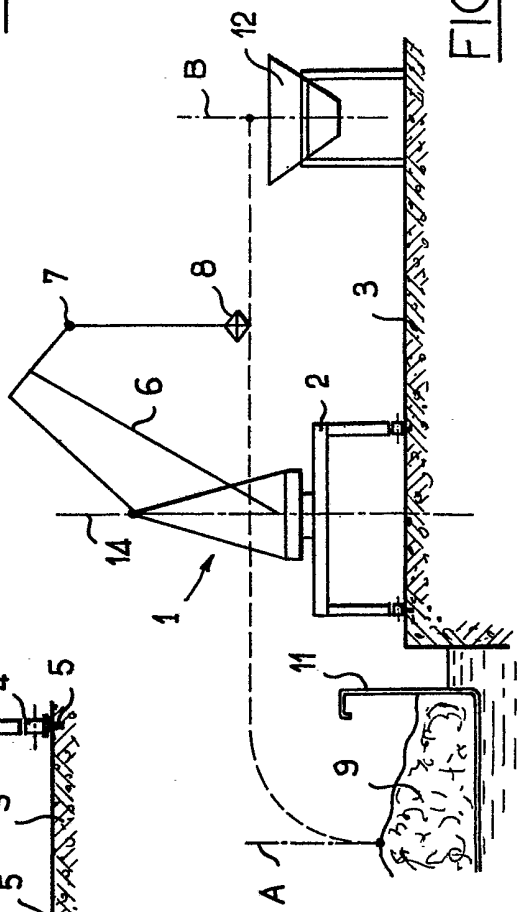


FIG_3

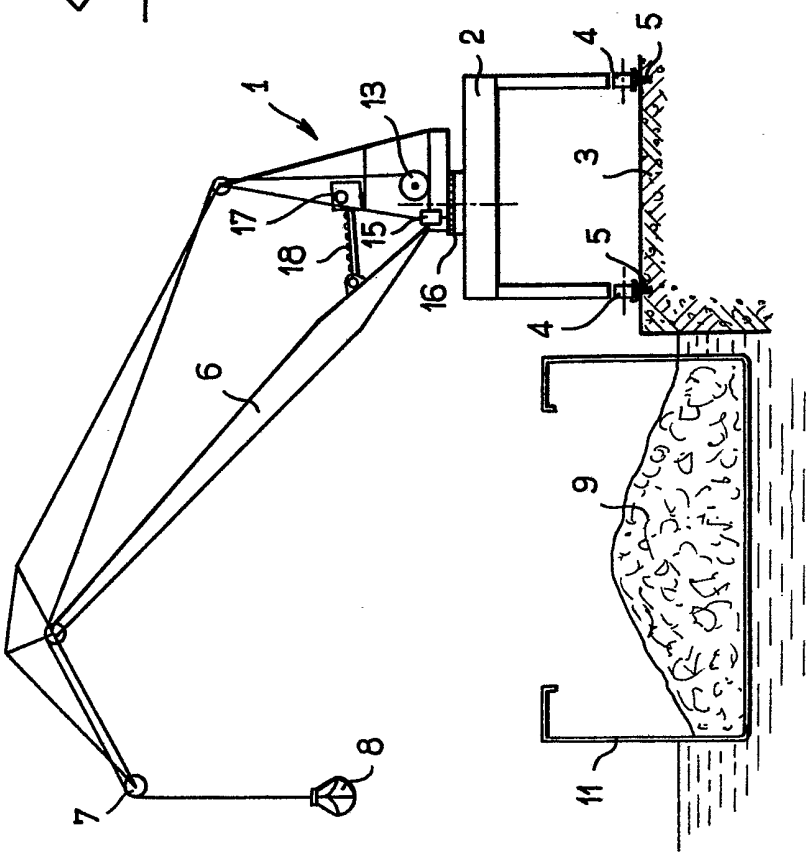
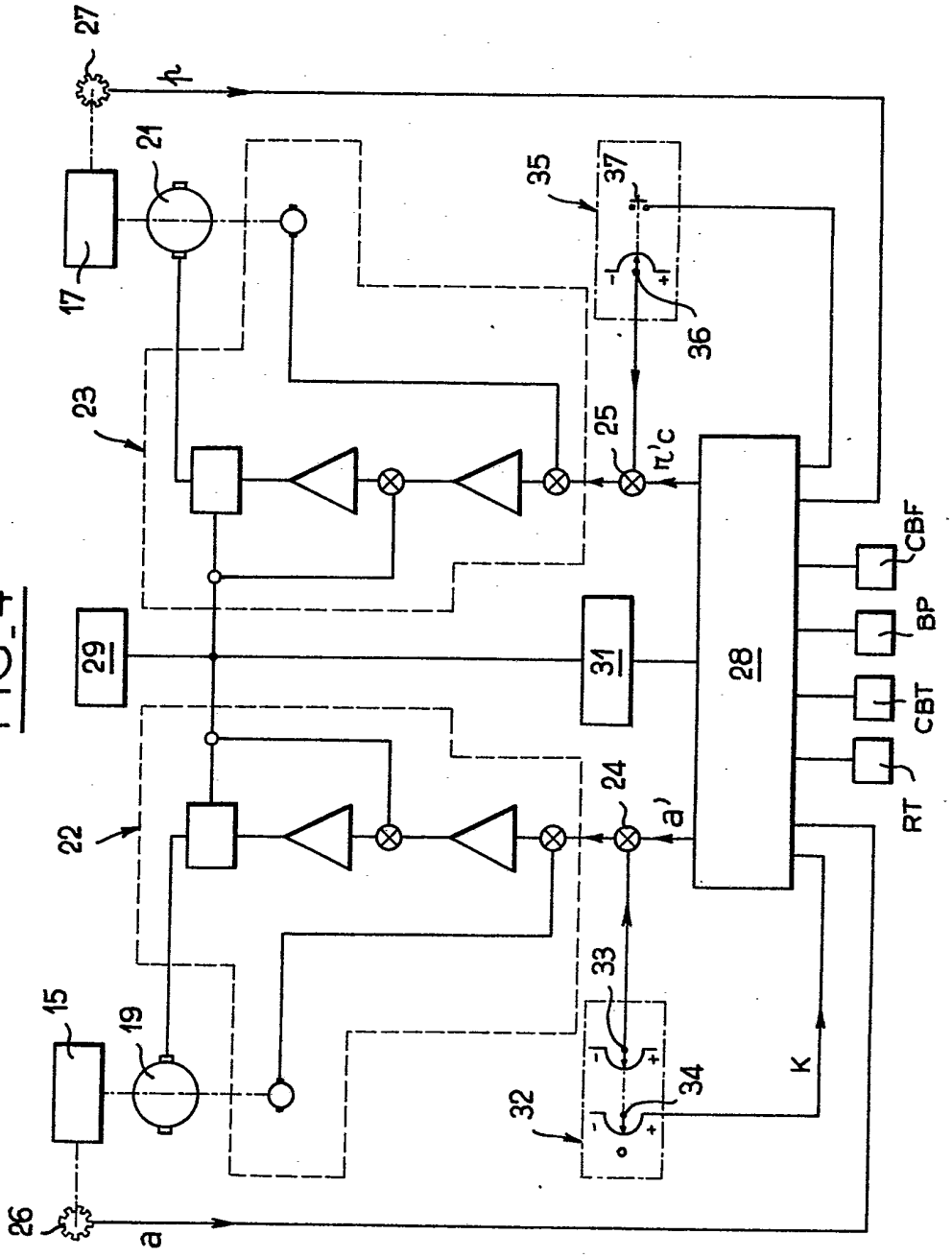


FIG_1

FIG_4


27
h
21
17
35
37
36
23
25
π'c
CBF
BP
CBT
RT
29
31
28
24
a'
22
33
15
19
34
K
32
26
a

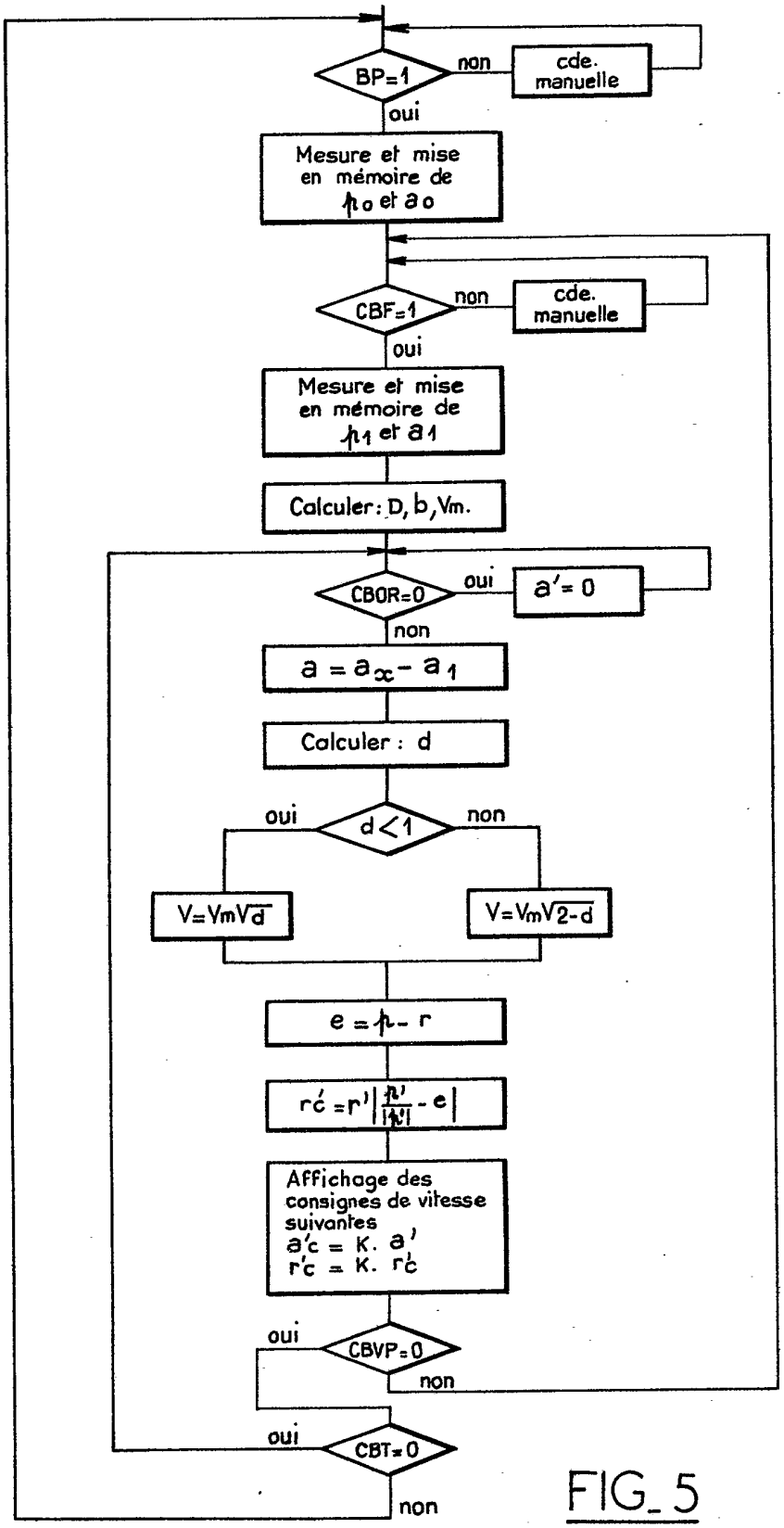

BP=1
non
cde. manuelle
oui
Mesure et mise en mémoire de ρ_0 et a_0
CBF=1
non
cde. manuelle
oui
Mesure et mise en mémoire de ρ_1 et a_1
Calculer : D, b, Vm.
CBOR=0
oui
a' = 0
non
$a = a_\infty - a_1$
Calculer : d
oui
d<1
non
$V = V_m\sqrt{d}$
$V = V_m\sqrt{2-d}$
$e = \rho - r$
$r'_c = r' \left| \frac{\rho'}{|\rho'|} - e \right|$
Affichage des consignes de vitesse suivantes
$a'_c = K.\ a'$
$r'_c = K.\ r'_c$
oui
CBVP=0
non
oui
CBT=0
non

FIG_5

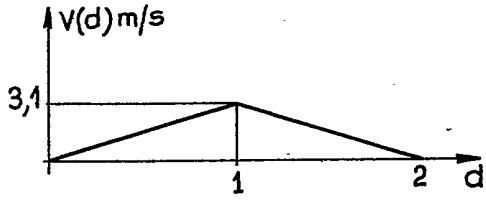


FIG_6

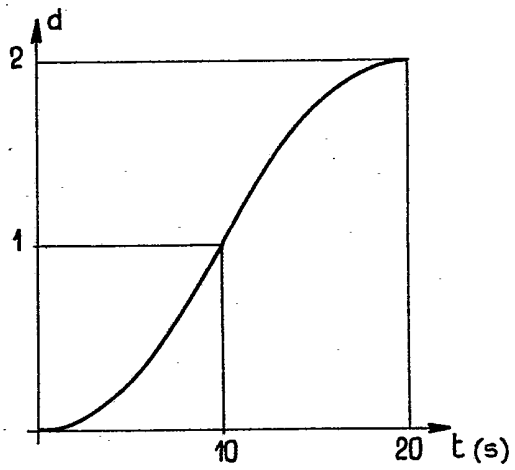


FIG_7

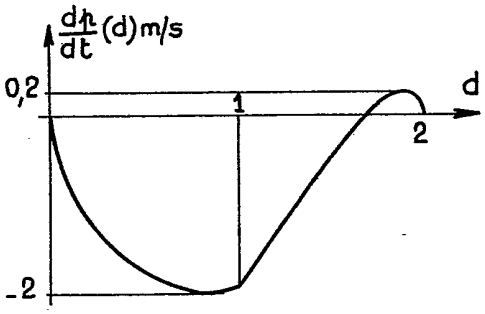


FIG_10

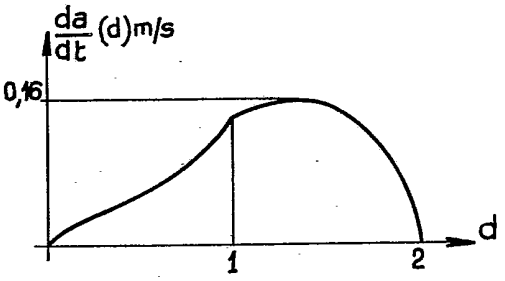


FIG_11

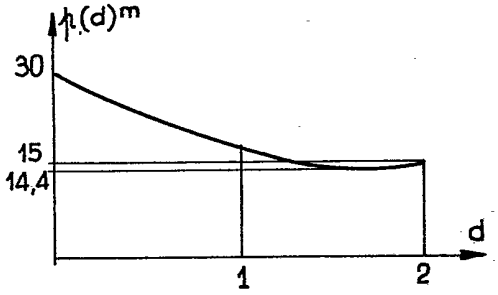


FIG_8

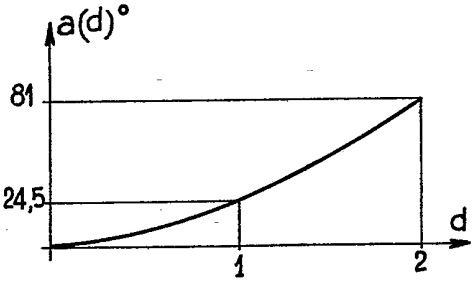


FIG_9