

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 10.12.91.

30 Priorité :

43 Date de la mise à disposition du public de la demande : 11.06.93 Bulletin 93/23.

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

60 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

71 Demandeur(s) : ALCATEL ESPACE Société Anonyme — FR.

72 Inventeur(s) : Remondière Olivier, David Jean-François et Capdepuy Marc.

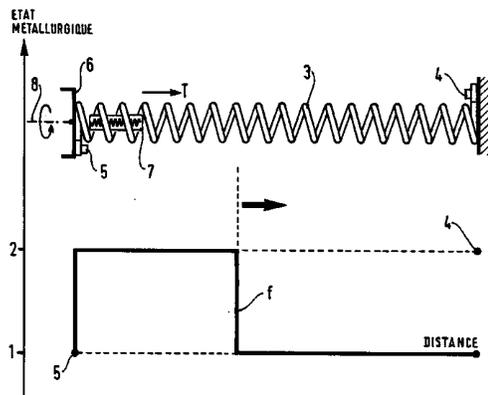
73 Titulaire(s) :

74 Mandataire : SOSPI du Boisbaudry Dominique.

54 Procédé et dispositif pour le déploiement d'une structure mécanique.

57 Procédé et dispositif pour le déploiement progressif d'une structure (6), par exemple par entraînement en rotation de celle-ci.

Cette rotation est entraînée par chauffage contrôlé (7) d'un ressort (3), ou autre organe moteur, en alliage pré-éduqué à mémoire de forme. Le ressort (3) se déforme alors progressivement, et le déploiement de la structure (6) s'effectue progressivement de même façon, et de manière contrôlable dans le temps.



FR 2 684 638 - A1



**PROCEDE ET DISPOSITIF POUR LE DEPLOIEMENT D'UNE  
STRUCTURE MECANIQUE**

5 La présente invention se rapporte à un procédé et à un  
dispositif pour le déploiement d'une structure mécanique, telle que  
par exemple une antenne ou des panneaux solaires de satellite ou  
tout autre type de structure destinée à être déployée de toute  
manière, que ce soit par rotation autour d'un axe, par translation,  
ou autre, le domaine d'application de ce dispositif de déploiement  
10 n'étant nullement limité à celui des satellites.

Les dispositifs connus qui sont utilisés pour réaliser de  
telles fonctions de déploiement font soit appel à des motorisations  
par ressorts précontraints, soit à des motorisations par des  
moteurs électriques.

15 Les dispositifs à ressorts précontraints ont, dans le cas  
où ils sont utilisés tels quels, c'est-à-dire sans dispositif de  
régulation de vitesse, pour gros inconvénient d'engendrer un choc  
mécanique important en fin de déploiement de la structure. Il est  
en effet à priori impossible d'obtenir simultanément une forte  
20 marge de motorisation et un faible choc en fin de déploiement avec  
de tels ressorts précontraints. Un couple moteur important est  
nécessaire pour déployer la structure et vaincre les éventuels  
"points durs". Ce couple moteur induit une vitesse de déploiement  
qui augmente jusqu'à devenir maximale en fin de course, d'où un  
25 choc important en fin de déploiement, ce qui conduit finalement à  
renforcer la structure à déployer par addition de matière, et donc  
de masse supplémentaire, générant à son tour un complément de  
couple de motorisation à prévoir.

30 Une bonne fiabilité du déploiement conduit alors à un  
dimensionnement de mécanisme permettant d'obtenir une marge de  
couple suffisante moyennant une pénalisation en masse du mécanisme  
et des structures à déployer.

35 Il existe des dispositifs à ressorts précontraints qui sont  
équipés d'un régulateur de vitesse apte à limiter la vitesse en  
cours de déploiement pour la maintenir en dessous d'une valeur  
prédéfinie. Il en résulte une réduction significative du choc en fin

de course, mais en revanche la fiabilité du dispositif de déploiement diminue sensiblement en raison de la technologie des systèmes de régulation utilisés qui introduisent des couples résistants supplémentaires difficilement maîtrisables.

5 Un autre inconvénient des dispositifs à ressorts précontraints est qu'ils ne sont pas réversibles, et donc qu'ils ne peuvent servir qu'une fois, pour mouvoir la structure dans un seul sens sans pouvoir la ramener à sa position initiale.

10 Les dispositifs utilisant des moteurs électriques sont satisfaisants sur le plan de l'efficacité et de la fiabilité, et n'induisent pas de choc mécanique important en fin de course.

Ils peuvent être :

15 - soit à entraînement direct : la structure à déployer est entraînée directement par le moteur, ce qui nécessite d'utiliser des moteurs suffisamment gros pour garantir une marge de motorisation correcte.

20 - soit à moto-réducteur : il y a une démultiplication du système d'entraînement de la structure. Ces dispositifs permettent d'obtenir une marge de motorisation importante ainsi qu'une faible vitesse de déploiement, et donc de limiter le choc en fin de course.

25 Ces dispositifs d'entraînement par moteur électrique, à moto-réducteur ou non, présentent l'avantage d'avoir un couple de démarrage très supérieur au couple nominal, ce qui permet de vaincre aisément l'essentiel des couples résistants dus aux frottements secs uniquement présents à vitesse nulle.

30 Ils ont en revanche pour inconvénient de conduire à des dispositifs de motorisation d'encombrement important, utilisant une électronique de commande assez complexe. Ils sont donc très onéreux, et ne présentent finalement un intérêt réel que pour des équipements à déployer dont l'inertie massique est supérieure à 100 kg.m<sup>2</sup>. Pour des inerties massiques à déployer plus faibles, ils présentent des inconvénients de coût et d'encombrement actuellement jugés prohibitifs.

35 L'invention vise à remédier à ces inconvénients des dispositifs de déploiement connus. Elle se rapporte à cet effet à un

procédé, et à un dispositif, pour le déploiement d'une structure mécanique, telle que par exemple une antenne ou des panneaux solaires de satellite, ce procédé se caractérisant :

5 . en ce que l'on utilise, pour entraîner le déploiement de cette structure, un organe moteur, par exemple du genre ressort, lame, ou barreau, en alliage métallique bistable à mémoire de forme pré-éduqué en conséquence, et

10 . en ce que, pour déployer cette structure, on chauffe cet organe moteur de manière à commander dans le temps la transformation métallurgique du matériau bistable, de façon que ce matériau se déforme alors en conséquence et entraîne par là-même, de façon progressive et contrôlable dans le temps, le déploiement désiré de cette structure.

15 Selon une première forme de ce procédé, on provoque, par propagation naturelle de la chaleur le long de cet organe moteur métallique que l'on chauffe localement à cet effet, un déplacement progressif du front de transformation métallurgique le long de ce dernier, et par là-même un entraînement progressif et contrôlable dans le temps de cette structure jusqu'au déploiement désiré de  
20 cette dernière, le temps de déploiement étant alors fonction du temps de propagation de la chaleur et du temps d'élévation de la température dans la zone de transformation métallurgique.

25 Selon une autre forme de ce procédé, on chauffe uniformément, mais de manière contrôlée, cet organe moteur afin de piloter la phase transitoire de transformation métallurgique, c'est-à-dire la phase intermédiaire entre les deux états stables, de ce matériau bistable à mémoire de forme, et par là-même entraîner le déploiement progressif et contrôlable dans le temps de la structure, le temps de déploiement étant alors fonction du temps  
30 d'élévation de la température nécessaire au franchissement de la zone de transformation métallurgique, ou "zone martencitique".

35 Un dispositif pour la mise en oeuvre de ce procédé est constitué par un organe moteur, tel qu'un ressort, une lame, ou un barreau de poussée par allongement, en alliage bistable à mémoire de forme, pré-éduqué en conséquence, cet organe moteur étant associé à un dispositif de chauffage qui agit soit localement soit

uniformément sur lui. Le dispositif de chauffage est préférentiellement un organe de chauffage électrique et il est commandé par un bloc électronique de façon modulable, en fonction de la structure à entraîner, et donc à déployer.

5           Avantageusement, il est en outre prévu un dispositif de verrouillage en fin de course de la structure finalement déployée.

De toute façon, l'invention sera bien comprise, et ses avantages et autres caractéristiques ressortiront, lors de la description suivante d'un exemple non-limitatif de réalisation, en  
10 référence au dessin schémâtique annexé dans lequel :

. Figure 1 est un schéma explicatif rappelant les propriétés connues de l'alliage bistable à mémoire de forme qui est utilisé dans cet exemple de réalisation;  
. Figure 2 est un schéma explicatif du procédé de l'invention; et  
15 . Figures 3 et 4 sont respectivement une vue latérale partielle selon la direction III de Figure 4, et une vue avec coupe partielle selon la direction IV de figure 3, d'un dispositif de déploiement d'antenne parabolique de satellite selon l'invention.

La Figure 1 rappelle, pour la bonne compréhension de ce  
20 qui va suivre, l'effet de mémoire simple d'un alliage à mémoire de forme, tel qu'un alliage Nickel-Titane ou un alliage Cuivre-Zinc-Aluminium.

A partir d'une forme A, par exemple rectiligne comme dessiné, on déforme, par application d'une contrainte mécanique,  
25 cette pièce rectiligne pour qu'elle ait, à température ambiante, la forme B, dessinée en arc de cercle, cet état à température ambiante étant l'état métallurgique "1".

Une élévation de température va alors, comme dessiné, redonner la forme rectiligne A à cette pièce : c'est l'autre état  
30 bistable métallurgique "2".

Il existe aussi une possibilité d'effet de mémoire double, pour laquelle l'alliage est pré-éduqué de manière à passer de la forme B à la forme A par échauffement, puis vice-versa passer de la forme A à la forme B par refroidissement. Ce n'est pas cet  
35 effet de mémoire double qui est utilisé dans l'exemple de réalisation qui sera décrit ci-après, mais cet effet de

réversibilité n'est nullement exclu du cadre de l'invention, et est même un avantage substantiel de celle-ci.

La Figure 2 permet de comprendre le moyen général de la présente invention.

5 Un ressort hélicoïdal 3 en alliage à mémoire de forme, prééduqué pour présenter le caractère bistable qui vient d'être décrit en référence à la Figure 1, a une de ses deux extrémités fixée en un point fixe 4, et son autre extrémité 5 fixée à une structure 6 qui est apte à tourner autour d'un axe 8.

10 A la température de référence, le couple d'entraînement en rotation de la structure 6 par le ressort 3 est nul, de sorte que cette structure est immobile. L'ensemble du ressort est alors à l'état métallurgique bistable "1", représenté aussi bien en Figure 1 que sur la courbe de la Figure 2 qui représente l'état métallurgique, "0" ou "1", de chaque point du ressort 3, en  
15 fonction de la position ou distance de chacun de ces points.

Conformément à l'invention, le ressort 3 est alors chauffé localement, ici au niveau de l'extrémité qui correspond au point 5. Dans l'exemple représenté, ce chauffage est réalisé à l'aide  
20 d'une petite résistance chauffante 7 qui est placée à l'intérieur du ressort 3.

Les premières spires du ressort sont les premières à recevoir ces calories, et à passer par suite de l'état métallurgique "1" à l'état métallurgique "2". Ces spires se  
25 déforment alors, et cette déformation engendre une force motrice du ressort 3 qui agit sur le point d'attache 5 pour finalement faire tourner d'un certain angle la structure 6 autour de l'axe 8.

La résistance ou "chaufferette" 7 continuant son action d'émission de calories, la chaleur se propage par conduction  
30 thermique progressivement le long de celui-ci, c'est-à-dire de gauche à droite sur le dessin.

Suite à cette propagation progressive de cette chaleur due à la température T, de nouvelles spires passent de l'état métallurgique "1" à l'état "2", le front f de transformation  
35 métallurgique se déplaçant progressivement de gauche à droite comme indiqué sur le dessin, et en même temps la structure 6

continue d'être progressivement entraînée en rotation autour de l'axe 8 par la force de déformation du ressort 3.

5 Comme d'une part la chaleur dégagée par la chaufferette 7 est modulable à volonté, et que d'autre part le ressort 3 peut être surdimensionné à volonté sans compliquer le mécanisme de déploiement, on dispose ainsi d'un organe moteur de type nouveau qui peut entraîner en rotation la structure 6 à vitesse aussi lente que souhaité, qui peut vaincre sans problèmes le couple résistant au démarrage, et qui enfin garantit le passage des éventuels "points durs" par optimisation initiale du rapport "Couple moteur/ Couple résistant" en régime nominal : le déplacement momentanément stoppé au niveau d'un point dur fait croître le couple de motorisation, ce dernier atteignant alors aisément un niveau suffisant pour entraîner la remise en mouvement de l'équipement par dépassement du couple résistant, et l'angle de déploiement de la structure rejoint alors rapidement la valeur qu'il aurait eue en l'absence de ce point dur, pour ensuite continuer à croître lentement comme auparavant.

20 Le procédé de l'invention vient d'être expliqué dans le cas d'un ressort hélicoïdal 3 qui entraîne un équipement 6 en rotation. Il pourrait très bien s'agir d'un simple barreau qui, en s'allongeant par exemple progressivement suite au déplacement, par conduction thermique, du front de transformation métallurgique f, viendrait pousser sur un piston, ou autre.

25 Bien entendu, si l'alliage a été éduqué pour présenter un effet de mémoire double, il est ensuite possible, par refroidissement progressif du ressort 3, d'entraîner en rotation continue, modulable et plus ou moins lente, la structure 6 en rotation dans le sens inverse pour finalement revenir à la position initiale. Le système est alors dans ce cas totalement réversible.

30 Un exemple pratique d'application de ce procédé général est représenté aux Figures 3 et 4.

Il s'agit dans cet exemple d'un dispositif de déploiement en orbite d'une antenne 9 de satellite, à réflecteur parabolique

35 10.

L'antenne et le réflecteur sont portés par un mât 11 qui

est monté rotatif autour d'un axe 12 et qu'il s'agit, pour déployer l'antenne 9, de faire passer, comme indiqué par la flèche F sur la Figure 3, de la position horizontale H à la position verticale V.

5 Le mât 11 est rendu solidaire d'un arbre 13 d'axe 12 au moyen de vis 14 coopérant avec une partie latérale 15, en forme de tambour, de l'arbre 13. Cet arbre est porté par des paliers de roulement 16 qui le relie au châssis 17 de la structure, qui fait lui-même partie de la plateforme 18 du satellite.

10 Le ressort moteur 3 en alliage bistable prééduqué à mémoire de forme est supporté par le tambour 15 auquel il est donc concentrique. Ce ressort 3 a une de ses extrémités (celle 20 située à droite sur la Figure 4) qui est fixée par une vis 19 sur le châssis fixe 17, tandis que son autre extrémité 21 est  
15 solidarisée au tambour tournant 15 par un boulon 22.

La chaufferette de la Figure 2 est ici composée de plusieurs (par exemple quatre) résistances chauffantes 7, dont la température de chauffe est modulable à loisir par un bloc de commande électronique 23.

20 Comme c'est le cas pour la Figure 2, ces résistances électriques 7 sont placées à proximité immédiate des spires de l'extrémité de gauche du ressort 3.

Ce dispositif de déploiement fonctionne selon le procédé expliqué précédemment en référence aux Figures 1 et 2 :

25 Un ordre, donné par exemple à partir d'une station de commande au sol, déclenche, par l'intermédiaire du bloc électronique de commande 23, la mise sous tension électrique des résistances chauffantes 7.

30 L'antenne 9 se déploie alors, sous l'action progressive du ressort moteur 3 expliquée précédemment, à vitesse lente et modulable à volonté par le bloc de commande 23, selon la flèche F, pour finalement parvenir à sa position de déploiement final vertical V dessinée en traits pleins.

35 Un mécanisme anti-retour classique, par exemple à cliquet 24 et ressort 25, vient alors s'enclencher, par coopération de ce cliquet élastique 24 avec un axe fixe 26 solidaire du châssis 17,

et l'antenne déployée 9 est alors prête à fonctionner.

Comme il va de soi, l'invention n'est pas limitée à l'exemple de réalisation qui vient d'être décrit.

5 C'est ainsi que, selon une autre forme de ce procédé, il est possible de chauffer uniformément, mais de manière contrôlée par le module de commande 23, l'organe moteur 3 afin de piloter la phase transitoire de transformation métallurgique, c'est-à-dire la phase intermédiaire entre les deux états stables, de ce matériau bistable à mémoire de forme, et par là-même entraîner le  
10 déploiement progressif et contrôlable dans le temps de la structure, le temps de déploiement étant alors fonction du temps d'élévation de la température nécessaire au franchissement de la zone de transformation métallurgique, ou "zone martencitique". La chaufferette 7 est alors bien plus longue et elle est placée de  
15 manière à chauffer uniformément cet organe moteur.

Cet exemple porte sur le domaines des structures à déployer sur un satellite, mais l'invention est applicable au déploiement, que ce soit par rotation, translation, ou autre, d'une structure mécanique quelconque.

20

25

30

35

## REVENDICATIONS

- 1 - Procédé pour le déploiement d'une structure mécanique (6, 9), caractérisé :
- 5 . en ce que l'on utilise, pour entraîner le déploiement de cette structure, un organe moteur, par exemple du genre ressort (3), lame, ou barreau, en alliage métallique bistable à mémoire de forme pré-éduqué en conséquence, et
- 10 . en ce que, pour déployer cette structure (6,9), on chauffe cet organe moteur (3) de manière à commander dans le temps la transformation métallurgique du matériau bistable, de façon que ce matériau se déforme alors en conséquence et entraîne par là-même, de façon progressive et contrôlable dans le temps, le déploiement désiré de cette structure.
- 15 2 - Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'on provoque, par propagation naturelle de la chaleur (T) le long de cet organe moteur métallique (3) que l'on chauffe localement (7) à cet effet, un déplacement progressif du front (f) de transformation métallurgique le long de ce dernier (3), et par là-même un
- 20 entraînement progressif et contrôlable dans le temps de cette structure (6, 9) jusqu'au déploiement désiré (V) de cette dernière, le temps de déploiement étant alors fonction du temps de propagation de la chaleur et du temps d'élévation de la température dans la zone de transformation métallurgique.
- 25 3 - Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'on chauffe uniformément, mais de manière contrôlée, cet organe moteur (3), afin de piloter la phase transitoire de transformation métallurgique, c'est-à-dire la phase intermédiaire entre les deux états stables, de ce matériau bistable à mémoire de forme, et par
- 30 là-même entraîner le déploiement progressif et contrôlable dans le temps de la structure (6,9), le temps de déploiement étant alors fonction du temps d'élévation de la température nécessaire au franchissement de la zone de transformation métallurgique, ou "zone martencitique".
- 35 4 - Dispositif pour la mise en oeuvre du procédé selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'il comporte un organe

moteur (3), tel que par exemple un ressort (3), une lame, ou un barreau de poussée, en alliage bistable à mémoire de forme, pré-éduqué en conséquence, cet organe moteur (3) étant associé à un dispositif de chauffage (7).

5 5 - Dispositif selon la revendication 4, plus spécialement destiné à la mise en oeuvre du procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que cet organe de chauffage est prévu, et est disposé, de façon à agir localement sur l'organe moteur (3).

10 6 - Dispositif selon la revendication 5, caractérisé en ce que ce dispositif de chauffage (7) est placé au niveau d'une des extrémités (5,21) de cet organe moteur (3).

15 7 - Dispositif selon la revendication 4, destiné à la mise en oeuvre du procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce que ce dispositif de chauffage est prévu, et est disposé, de manière à agir uniformément sur cet organe moteur (3).

20 8 - Dispositif selon l'une des revendications 4 à 7, caractérisé en ce que ce dispositif de chauffage est un organe (7) de chauffage électrique qui est relié à un module électronique de commande (23) apte à moduler le dégagement de calories engendré par cet organe de chauffage (7), et donc de contrôler à tout moment le couple de motorisation et de ce fait la vitesse de déploiement, afin en particulier de minimiser le choc en fin de déploiement..

25 9 - Dispositif selon l'une des revendications 4 à 8, caractérisé en ce qu'il est en outre prévu un dispositif (24, 25, 26) de verrouillage en fin de course (V) de la structure (9) finalement déployée.

30

35

1/2

FIG.1

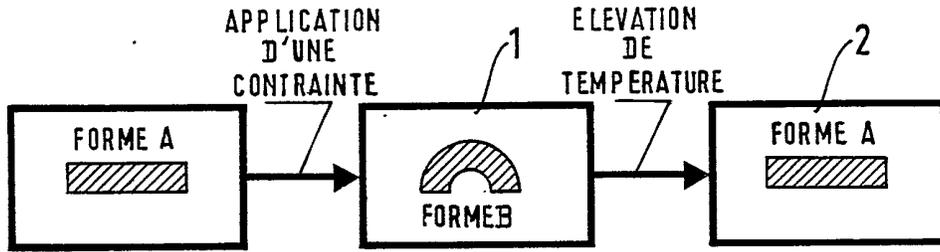


FIG.2

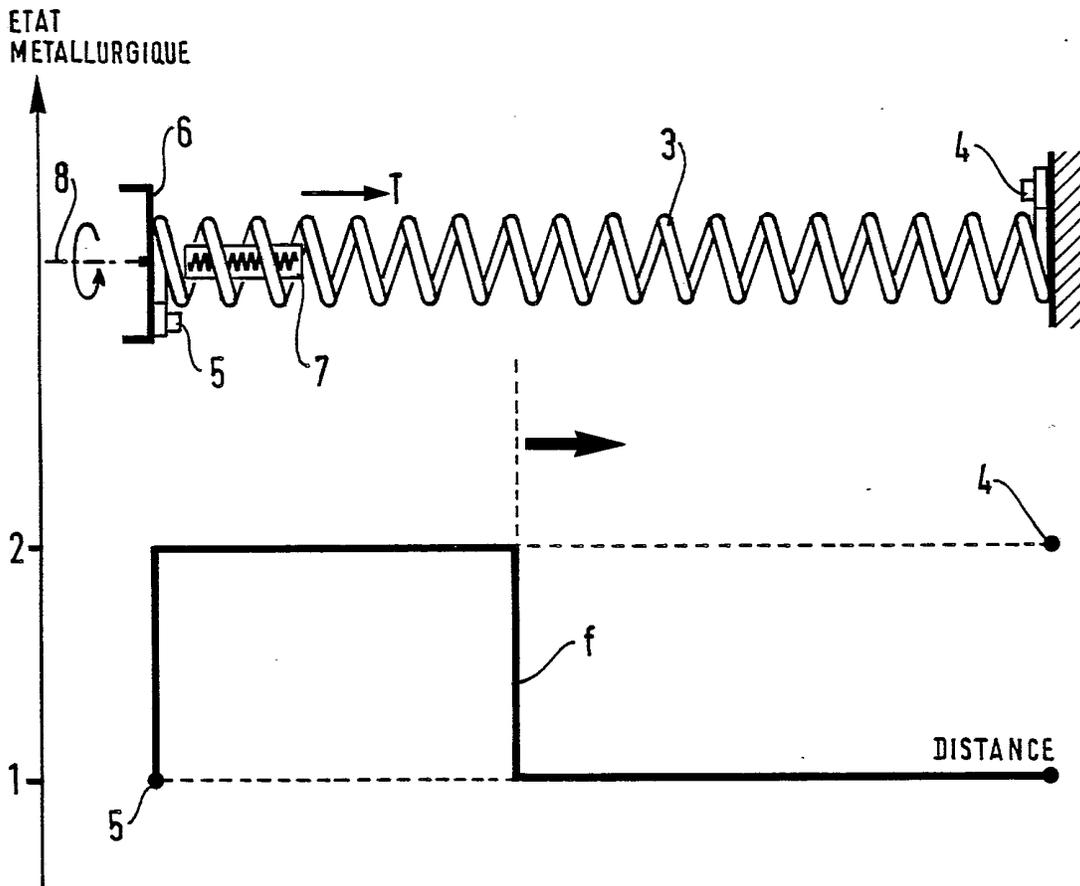


FIG.4

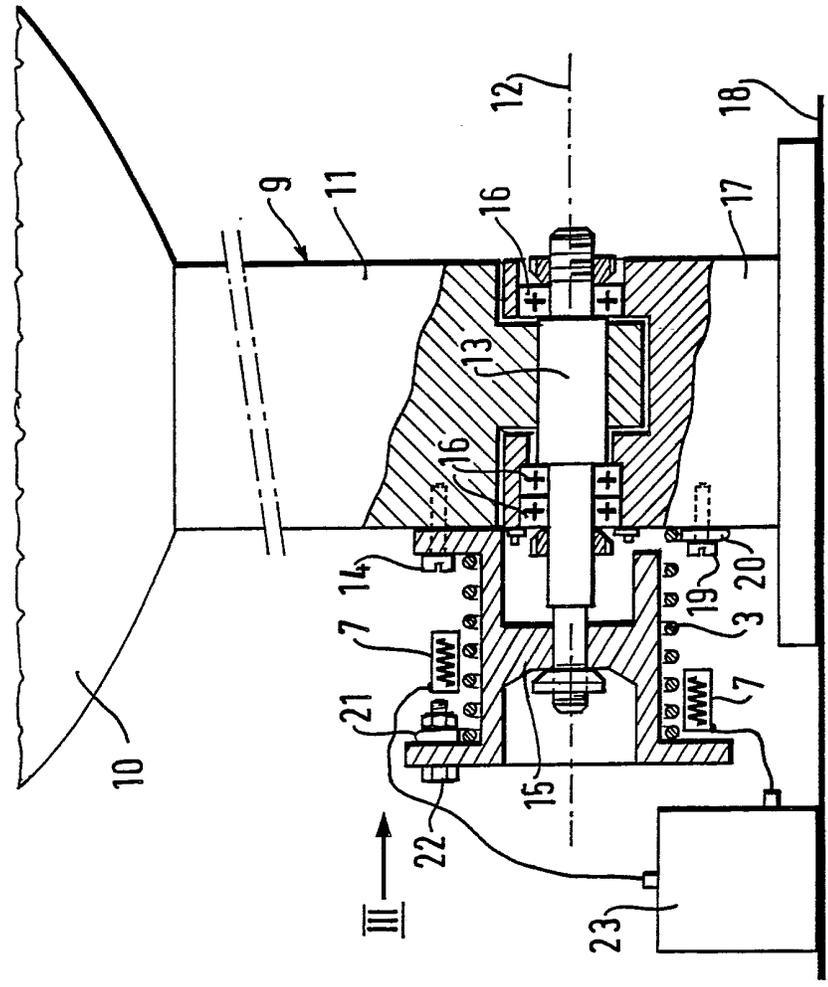
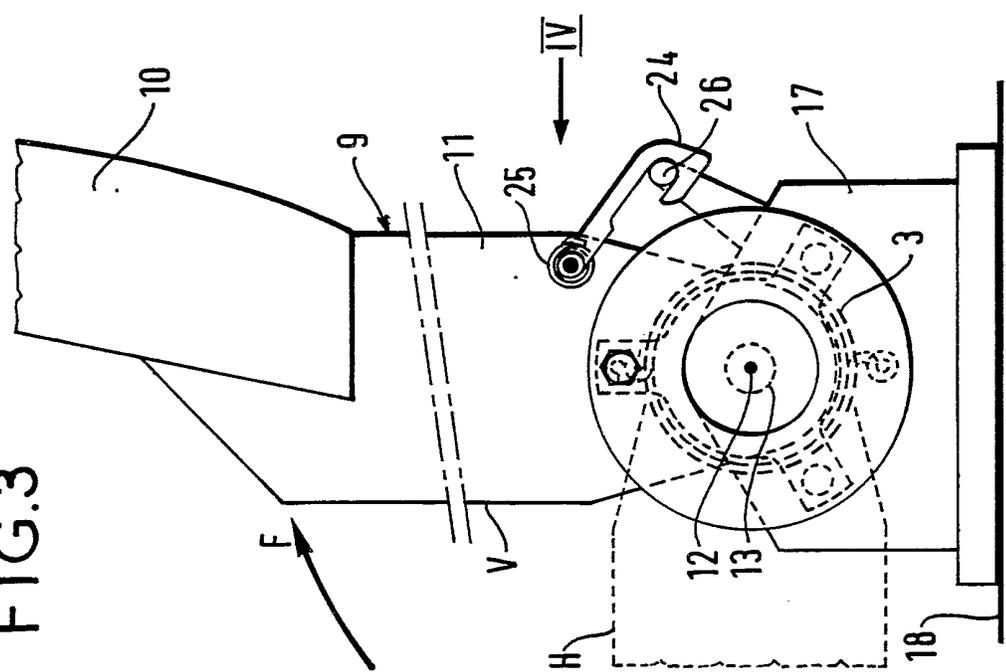


FIG.3



INSTITUT NATIONAL  
de la  
PROPRIETE INDUSTRIELLE

**RAPPORT DE RECHERCHE**  
établi sur la base des dernières revendications  
déposées avant le commencement de la recherche

FR 9115284  
FA 464792

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
Y A	EP-A-0 309 650 (CONTRAVES ITALIANA S.P.A.) * page 2, colonne 2, ligne 43 - page 3, colonne 3, ligne 54; figures 1-3 * ---	1, 4, 7 9
Y A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 10, no. 96 (M-469)(2153) 12 Avril 1986 & JP-A-60 233 377 ( SENDAI MEKANITSUKU KOGYO K.K. ) 20 Novembre 1985 * abrégé *	1, 4, 7 5-6
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 10, no. 175 (E-413)(2231) 20 Juin 1986 & JP-A-61 024 305 ( HITACHI SEISAKUSHO K.K. ) 3 Février 1986 * abrégé *	1, 4-7
A	US-A-3 311 322 (ZIMMERMAN) * colonne 1, ligne 38 - ligne 44 * * colonne 3, ligne 28 - colonne 4, ligne 23; figures 2-5 *	1, 4
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 13, no. 416 (E-821)(3764) 14 Septembre 1989 & JP-A-1 154 606 ( NEC CORP. ) 16 Juin 1989 * abrégé *	1, 4-7
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)
		B64G F03G H01Q
Date d'achèvement de la recherche		Examineur
14 AOUT 1992		RIVERO C. G.
<p><b>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</b></p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons &amp; : membre de la même famille, document correspondant</p>		