

## Description

### Titre de l'invention : Dispositif de manipulation de Rubik's cube de taille 4x4x4

[0001] La présente invention concerne un dispositif capable de manipuler un Rubik's cube de taille 4x4x4. Le Rubik's cube est l'un des casse-têtes les plus populaires. Sa version traditionnelle est de taille 3x3x3 (Magic cube). Mais d'autres déclinaisons existent, comme les tailles 2x2x2 (Pocket cube), 4x4x4 (Revenge cube) et 5x5x5 (Professor cube). Le Rubik's cube de taille 4x4x4 est plus difficile à résoudre par une machine que le cube de taille 3x3x3. En effet, les facettes centrales du cube de taille 4x4x4 ne sont pas fixes et peuvent être transférées vers de nouvelles positions, contrairement au cube de taille 3x3x3 où la facette centrale de chaque face reste fixe. Les inventions exposées dans les brevets CN106826852 et CN206568171 utilisent cette propriété du cube 3x3x3 où 6 moteurs sont reliés aux 6 blocs centraux du cube permettant de manipuler les couronnes extérieures de façon indépendante. Aussi, contrairement aux mécanismes à pince, comme l'invention du brevet CN204278004, il n'y a pas de mouvements chronophages intermédiaires qui mettent en position le cube afin de poursuivre la résolution. De manière générale, pour manipuler de manière indépendante les couronnes d'un cube de taille  $N \times N \times N$ , au moins  $3 \times (N-1)$  actionneurs sont nécessaires. En effet, le cube est formé de 3 groupes de  $N$  couronnes où les couronnes d'un même groupe sont parallèles entre elles et peuvent tourner simultanément. En revanche, deux couronnes appartenant à 2 groupes différents sont perpendiculaires et ne peuvent pas tourner simultanément.  $N-1$  actionneurs sont nécessaires par groupe pour tourner de manière indépendante. Si la  $N$ ème couronne sans actionneur doit être tournée, ce sont les  $N-1$  autres qui tournent dans le sens opposé, et la  $N$ ème couronne reste fixe. Pour le Rubik's cube 4x4x4, 9 actionneurs sont nécessaires. L'invention du brevet CN206883653U est basée sur ce principe. Mais, les 9 cames permettant de mouvoir les couronnes sont continuellement en contact avec le cube, obligeant à positionner les cames au sein de la machine sur les arêtes fixes du cube ; il en résulte un encombrement mécanique et une

cinématique complexe. De plus, aucun dispositif ne retient le cube de sortir de son support au cours des mouvements, surtout si ceux-ci sont rapides.

[0002] Le dispositif selon l'invention permet de remédier à ces inconvénients et de manipuler à grande vitesse le Rubik's cube 4x4x4.

[0003] Selon l'invention, le cube est disposé au centre d'une enceinte à paroi sphérique. Des pièces intermédiaires sont disposées entre les facettes du cube et la paroi intérieure de l'enceinte de manière à faire coïncider le centre du cube avec le centre de la paroi intérieure sphérique. Les pièces intermédiaires sont de trois types et permettent chacune de s'interfacer avec l'un des trois types d'éléments du cube qui sont l'élément face, l'élément arête et l'élément sommet. Ces pièces intermédiaires peuvent glisser sur la paroi intérieure de l'enceinte. Les mouvements souhaités lors de la manipulation du cube sont les rotations des couronnes du cube. La rotation d'une couronne du cube est obtenue en mettant en rotation autour de l'axe de cette couronne toutes les pièces intermédiaires en contact avec ladite couronne. Ainsi, de proche en proche, l'ensemble de la couronne du cube ainsi que les pièces intermédiaires attenantes vont se mettre en rotation autour de l'axe de la couronne du cube. Pour chaque couronne, un mécanisme de croix de malte assure la rotation des pièces intermédiaires.

[0004] Afin d'introduire le cube à l'intérieur à la fois de la sphère et des pièces intermédiaires, la sphère est décomposée en deux parties. Une partie est fixe et forme le bâti. L'autre peut être amovible et forme un couvercle. Des aimants permanents magnétiques peuvent être répartis sur le couvercle de manière à maintenir les pièces intermédiaires qui sont pourvues d'une partie ferromagnétique correspondante.

[0005] On décrira ci-après à titre d'exemple non limitatif une forme d'exécution de la présente invention, en référence au dessin annexé sur lequel :

[Fig. 1] représente un Rubik's cube 4x4x4.

[Fig. 2] représente les trois types de pièces intermédiaires.

[Fig. 3] représente un moteur associé à sa manivelle.

[Fig. 4] représente une perspective schématique du dispositif composé du Rubik's cube 4x4x4, entouré des pièces intermédiaires, elles-mêmes entourées des neuf ensembles moteurs/manivelles.

[Fig. 5] représente la même perspective que la figure 4 et inclut en plus la paroi sphérique ainsi que les supports des moteurs.

[Fig. 6] illustre le principe de mise en rotation d'une couronne du Rubik's cube par une manivelle.

[Fig. 7] représente la partie couvercle de la paroi sphérique.

[Fig. 8] représente le dispositif avec le couvercle retiré de manière à accéder au cube.

[0006] En référence à ces dessins, le dispositif comporte une paroi sphérique (50,51).

[0007] Le dispositif comporte des pièces intermédiaires (20), (21) et (22) réparties autour du cube (10) d'une part et toutes pourvues d'une partie sphérique en contact avec la paroi intérieure de la sphère (50,51) d'autre part.

[0008] Le dispositif comporte vingt-quatre pièces intermédiaires de type face (20) chacune assimilable à un parallélépipède rectangle dont une petite face est sphérique et l'autre petite face est une base carré. La face sphérique est en contact et assure le glissement sur la paroi intérieure sphérique (50,51). La base carré est de même dimension que l'élément face (13) du Rubik's Cube (10). Chaque élément type face (13) du Rubik's Cube (10) est en contact avec une pièce intermédiaire de type face (20). Chacune des quatre autres faces latérales de ladite pièce intermédiaire face (20) peut glisser sur la face latérale de la pièce intermédiaire voisine (20), (21) ou (22) avec laquelle elle est en contact.

[0009] Il comporte vingt-quatre pièces intermédiaires arête (21) chacune assimilables à un prisme droit à base triangulaire rectangle dont la face latérale en contact avec l'hypoténuse de la base est sphérique, et dont l'angle droit a été tronqué afin d'englober l'élément arête (12) du Rubik's Cube (10). Chaque élément arête (12) du Rubik's Cube (10) est en contact avec une pièce intermédiaire arête (21). La face sphérique est en contact et assure le glissement sur la paroi intérieure sphérique (50,51). Chacune des quatre autres faces

latérales de ladite pièce intermédiaire face (21) peut glisser sur la face latérale de la pièce intermédiaire voisine (20), (21) ou (22) avec laquelle elle est en contact.

[0010] Il comporte huit pièces intermédiaires (22) chacune assimilable à une calotte sphérique obtenue à partir d'un huitième de sphère et dont l'angle droit, formé par l'intersection des trois faces planes, a été tronqué afin d'englober l'élément cubique sommet (11) du Rubik's cube (10). Chaque élément sommet (11) du Rubik's Cube (10) est en contact avec une pièce intermédiaire (22). La face sphérique est en contact et assure le glissement sur la paroi intérieure sphérique (50,51). Chacune des trois autres faces latérales de ladite pièce intermédiaire face (22) peut glisser sur la face latérale de la pièce intermédiaire voisine (20), (21) ou (22) avec laquelle elle est en contact.

[0011] Chacune de ces rainures est traversante perpendiculairement à leur facette du cube associée.

[0012] Le dispositif comporte plusieurs moteurs pour entraîner en mouvement des couronnes du cube et une manivelle (30) est associée à chaque moteur.

[0013] La manivelle est munie aux deux extrémités d'un doigt cylindrique (32). Les pièces intermédiaires sommet (20) sont munies de trois rainures (23). Les pièces intermédiaires arêtes sont munies de deux rainures (24). Les rainures (23) et (24) forment un enlèvement de matière parallélépipédique rectangle dans la pièce intermédiaire à laquelle elle appartient. La base de chacune de ces rainures (23) et (24) est coïncidente avec une facette du cube. Les rainures (23) et (24) sont positionnées de façon à recevoir le doigt (32).

[0014] Au cours de la rotation du moteur, le doigt (32) pénètre dans la rainure puis exerce une poussée tangentielle sur la paroi de la pièce intermédiaire entraînant, de proche en proche, à la fois la rotation de toutes les pièces intermédiaires situées sur le plan de la manivelle, mais aussi de la couronne du cube (10) associée. Une fois la poussée réalisée, le doigt sort de la rainure terminant ainsi l'indexation de 45° de la couronne. La rotation se poursuit dans le même sens et l'autre doigt (32) de la manivelle (30) va pénétrer dans la rainure suivante et ajouter 45° supplémentaires à la rotation. Un tour complet de la manivelle (30)

déphase ainsi la couronne associée d'un quart de tour. Plusieurs couronnes parallèles peuvent tourner simultanément dans des sens identiques ou différents.

[0015] Le dispositif possède un ensemble moteur (31) et manivelle (30) pour chaque couronne du cube hormis les trois couronnes qui restent immobiles à cause du support (70) fixe par rapport à la sphère. Il comporte donc neuf ensembles moteur (31) et manivelle (30). La mise en rotation d'une couronne fixe est possible en mettant en rotation les trois autres couronnes parallèles dans le sens opposé.

[0016] La paroi sphérique (50,51) du dispositif est découpée en deux au niveau du plan qui sépare la couronne latérale supérieure du reste du cube. La base inférieure (51) forme le châssis et l'autre partie forme le couvercle (50) qui est amovible pour permettre l'introduction du cube (10).

[0017] Le couvercle (50) et la base (51) sont équipés d'ouvertures (52) permettant à chaque manivelle (30) d'accéder aux rainures (23,24) des pièces intermédiaires.

[0018] Le couvercle (50) est équipé d'aimants permanents (42) dont les positions coïncident avec la position des pièces intermédiaires. Chacune d'elle, si elle n'est pas constituée de matériau ferromagnétique, est pourvue au niveau de sa portion sphérique d'une pièce ferromagnétique (43), par exemple une vis en acier. Les aimants (42) sont disposés de façon à ne pas s'opposer à la rotation des pièces à l'intérieur de la sphère, mais ils sont assez proches pour exercer une force suffisante pour s'opposer au poids des pièces intermédiaires supérieures et permettre de les coller au couvercle (50). Par conséquent, le retrait du capot par un utilisateur entraîne avec lui l'ensemble des pièces intermédiaires, laissant le passage pour introduire ou retirer le cube (10). De façon à minimiser la quantité de pièces liée au couvercle (50), l'ensemble des moteurs (31) est fixé sur la base (51).

[0019] Ce dispositif comporte plusieurs caméras permettant de scruter le cube pour obtenir les couleurs initiales des facettes. Une unité de calcul exécute un algorithme qui retourne la séquence de mouvement permettant de résoudre le cube. Cette séquence est transférée à une unité de commande qui assure le pilotage des moteurs et l'exécution de cette séquence.

[0020] Le dispositif selon l'invention vise à fournir une cinématique mécanique simple permettant de manipuler rapidement des portions indépendantes de sphère. Le dispositif peut être transposé en réponse à des problèmes techniques semblables à la manipulation de Rubik's cube.

## Revendications

[Revendication 1]      Dispositif de manipulation de Rubik's cube de taille 4x4x4 caractérisé en ce que:

- Il comporte une enceinte présentant une paroi intérieure sphérique (50,51) destinée à recevoir le Rubik's cube (10) ainsi que les pièces intermédiaires (20,21,22) de sorte que le centre du Rubik's cube (10) soit coïncident avec le centre de la paroi sphérique (50,51) et que les pièces intermédiaires (20), (21) et (22) comblient l'espace entre le Rubik's cube (10) et la paroi intérieure sphérique (50,51).
- Il comporte vingt-quatre pièces intermédiaires de type centrales (22) qui sont chacune en contact d'un côté sur la paroi sphérique (50,51) et du côté opposé avec une des vingt-quatre facettes centrales (13) du cube.
- Il comporte vingt-quatre pièces intermédiaires de type arête (21) qui sont, sur leur partie sphérique, en contact avec la paroi intérieure sphérique (50,51) et, à l'opposé, en contact avec un des vingt-quatre éléments arête (12) du cube.
- Il comporte huit pièces intermédiaires de type sommet (20) qui sont, sur leur partie sphérique, en contact avec la paroi intérieure sphérique (50,51) et du côté opposé en contact avec un des huit éléments sommets (11) du cube.
- Un mouvement d'une couronne (14) du Rubik's cube (10) est obtenu par la mise en rotation, autour de l'axe de rotation de ladite couronne, de l'ensemble des pièces intermédiaires (20), (21) et (22) qui sont en contact avec ladite couronne.

[Revendication 2]      Dispositif selon la revendication 1 caractérisé en ce que l'enceinte sphérique (50,51) est coupée en deux hémisphères formant un couvercle (50) et une base (51) pour permettre l'insertion et le retrait du Rubik's cube (10).

[Revendication 3]      Dispositif selon la revendication 2 caractérisé en ce que les pièces intermédiaire (20), (21) et (22) soient pourvues, au centre de leur surface sphérique, d'au moins un élément ferromagnétique apparent (43) et

que la paroi sphérique (20) soit pourvue d'aimants permanents (42) dont la position coïncide avec l'élément ferromagnétique (43) de la pièce intermédiaire associée.

[Revendication 4] Dispositif selon la revendication 1 caractérisé en ce que la mise en rotation de l'ensemble des pièces intermédiaires (20), (21) et (22) qui sont en contact avec une même couronne soit réalisée par l'intermédiaire d'un mécanisme à croix de malte composé d'une manivelle (31), menée par un moteur (30) fixé sur la paroi sphérique (50,51) qui possède une ouverture (52) pour chaque manivelle (31). Les pièces intermédiaires (20) et (21) peuvent disposer de rainures radiales (23) et (24). La manivelle (31) possède un ou plusieurs doigts (32) périphériques pouvant pénétrer dans une rainure radiale (23) ou (24) et exercer un effort tangentiel sur la paroi de ladite rainure entraînant de proche en proche l'ensemble des pièces intermédiaires (20), (21) et (22) qui sont en contact.

[Revendication 5] Dispositif selon la revendication 2 caractérisé en ce que le couvercle (50) est solidaire d'une pièce intermédiaire (22) en contact avec un sommet (11) du Rubik's cube (10).

[Revendication 6] Procédé de commande d'un dispositif de manipulation de Rubik's cube 4x4x4 caractérisé en ce qu'il comporte des étapes de :

- Détection des couleurs initiales des facettes du cube aux moyens du traitement de l'image en provenance d'une caméra.
- Exécution d'un algorithme permettant de déterminer la séquence de mouvement menant à la résolution du Rubik's cube.
- Séquencement des mouvements des actionneurs



## Abrégé

Dispositif de manipulation de Rubik's cube de taille 4x4x4.

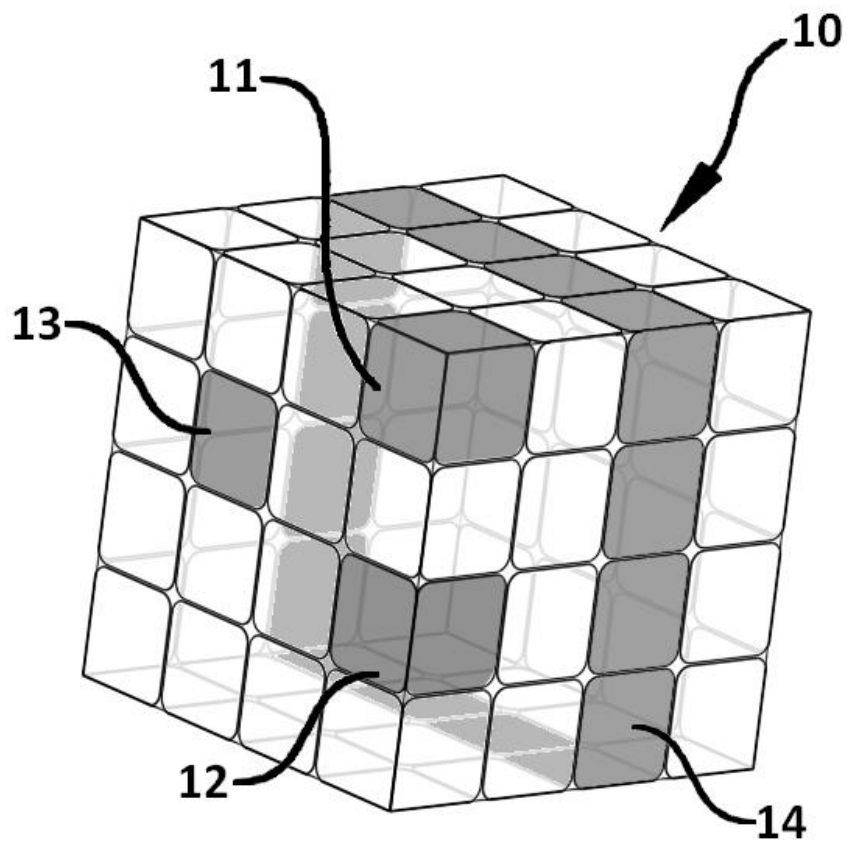
L'invention concerne un dispositif permettant de résoudre efficacement et en autonomie un Rubik's Cube de taille 4x4x4 où chaque actionneur est indépendant et entraîne une couronne du cube sans mouvements chronophages de positionnement du cube.

Le dispositif est constitué d'une enceinte qui possède une paroi intérieure sphérique sur laquelle glisse des pièces intermédiaires qui entourent le cube. Chacune des trois dimensions du cube possède quatre couronnes dont une reste fixe au cours de la résolution et les trois autres sont chacune mise en rotation par lesdites pièces intermédiaires, elles-mêmes mise en rotation par une manivelle entraînée par un moteur fixé à l'extérieur de la paroi sphérique.

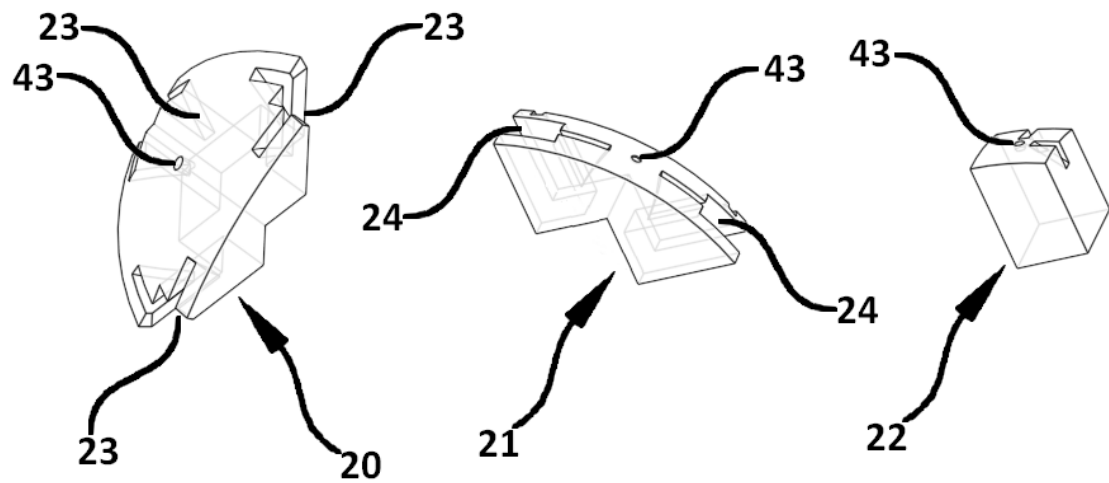
Le dispositif présente des caméras permettant d'acquérir l'état initial du cube. Une unité de calcul exécute un algorithme qui retourne les mouvements permettant de résoudre le cube à partir de l'état initial. Une unité de commande pilote les moteurs à partir des mouvements calculés.

Figure à publier avec l'abrégé : Fig. 8

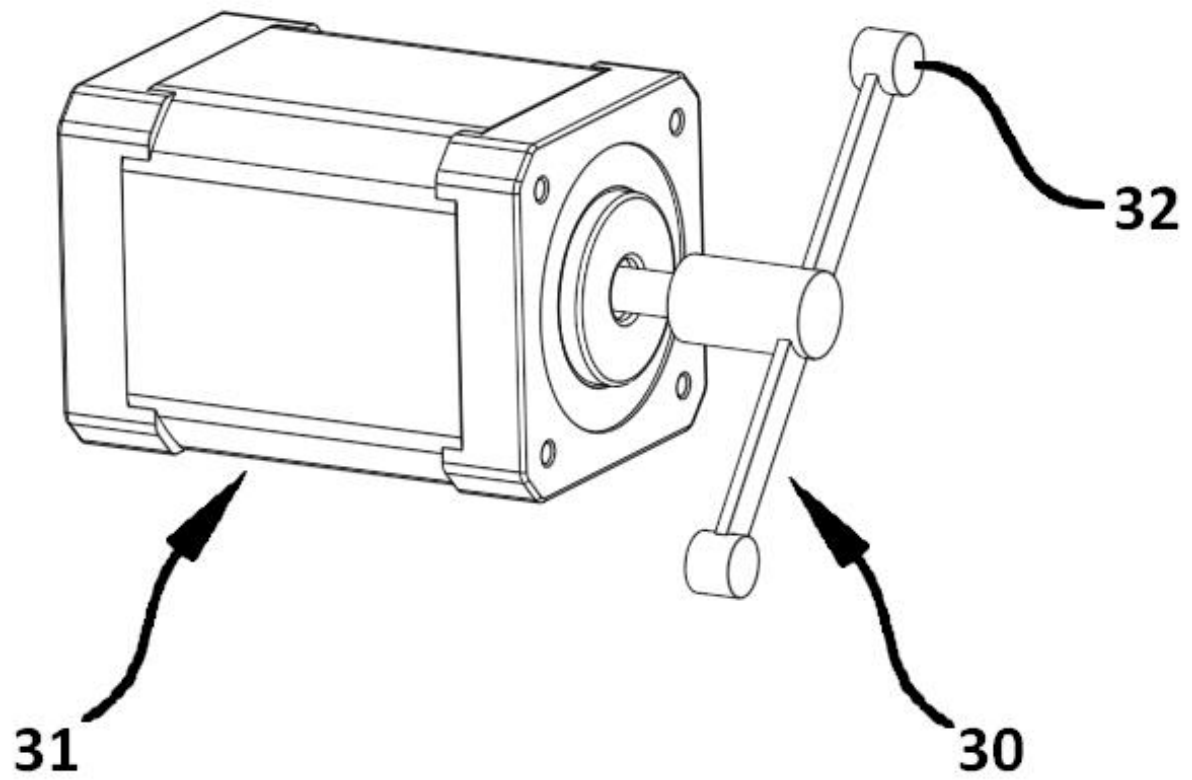
[Fig. 1]



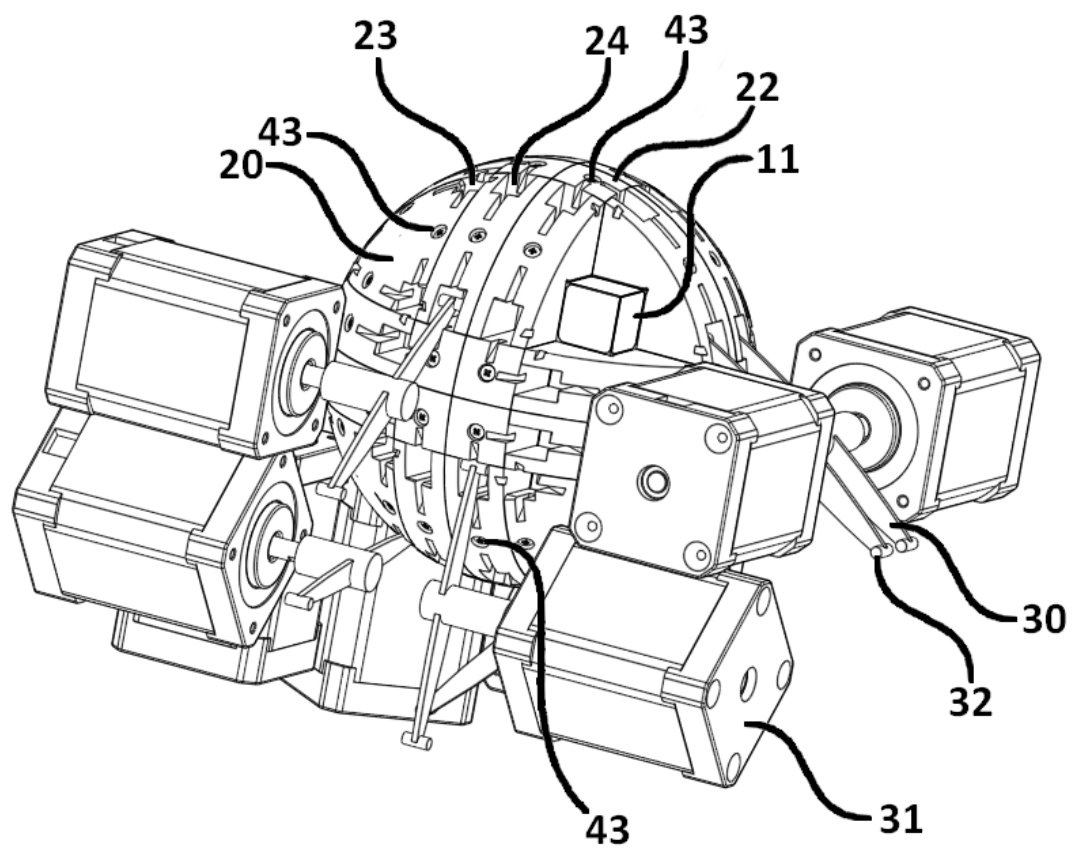
[Fig. 2]



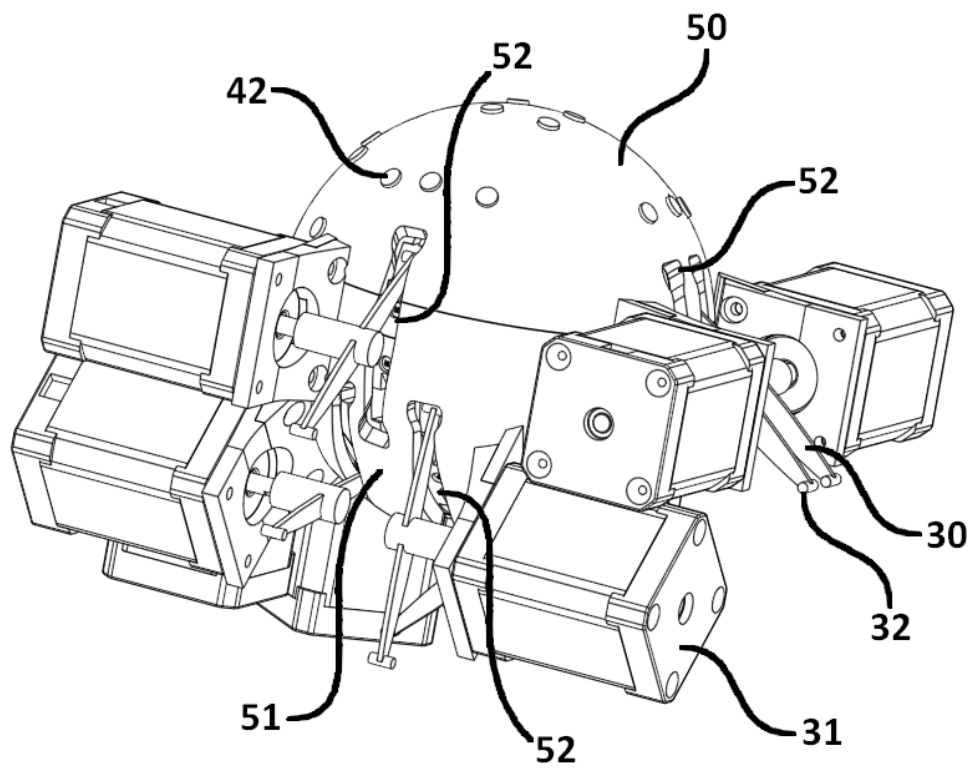
[Fig. 3]



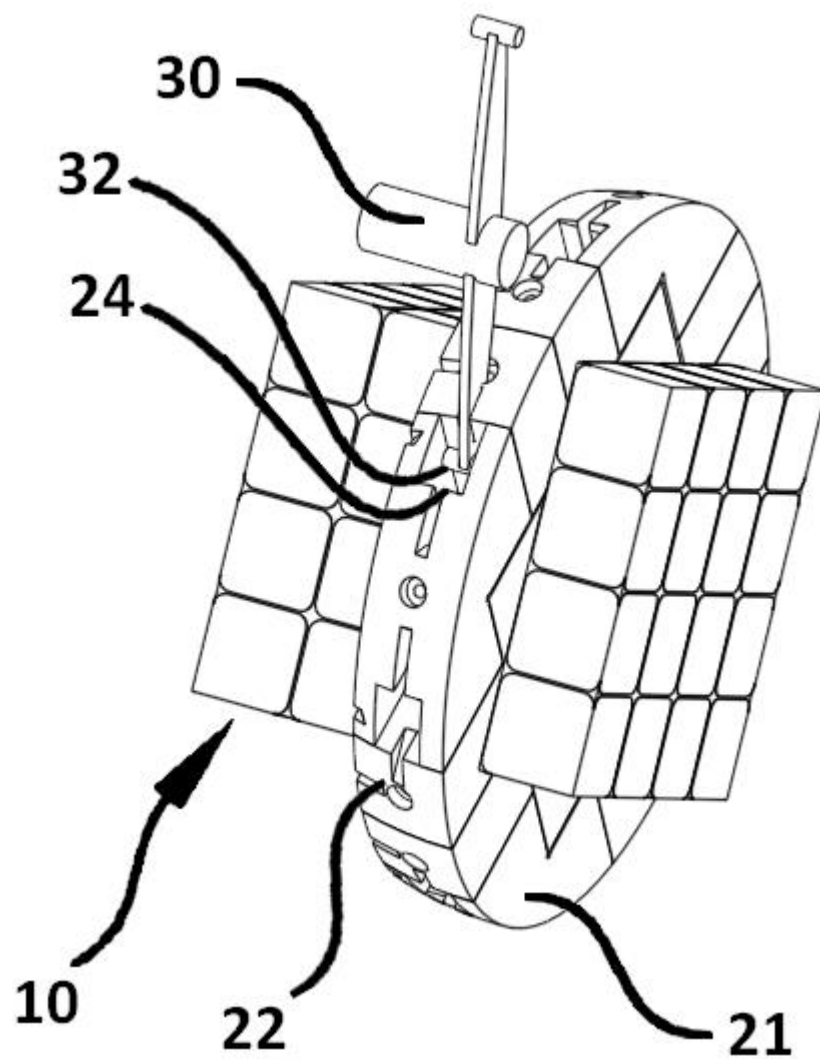
[Fig. 4]



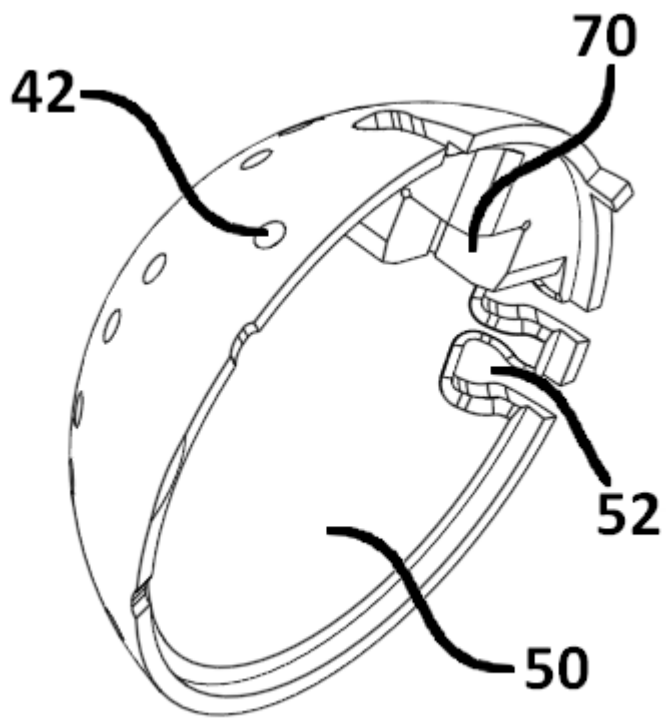
[Fig. 5]



[Fig. 6]



[Fig. 7]



[Fig. 8]

