

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 24 mai 1985.

30 Priorité :

43 Date de la mise à disposition du public de la demande : BOPI « Brevets » n° 48 du 28 novembre 1986.

60 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

71 Demandeur(s) : CERMA : Centre d'Etudes et de Recherches en Mécanique et Automatismes. — FR.

72 Inventeur(s) : Jean Pontnau, Francis Artigue, Rémy Manuel, Christian François et Habid Balde.

73 Titulaire(s) :

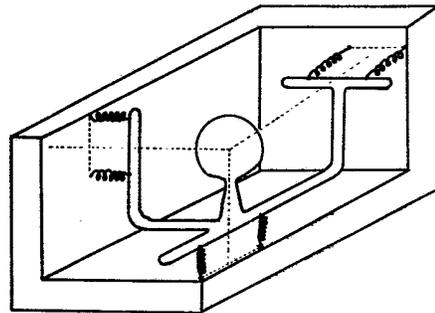
74 Mandataire(s) :

54 Auxiliaire de commande à six degrés de liberté avec rappel automatique en position de référence destiné à l'apprentissage de trajectoire dans l'espace des coordonnées généralisées ou opérationnelles des robots manipulateurs et des ensembles mécaniques polyarticulés.

57 Auxiliaire de commande à six degrés de liberté pour l'apprentissage en trajectoire des robots manipulateurs et des ensembles mécaniques polyarticulés.

L'invention concerne un dispositif à six degrés de liberté avec rappel automatique en position de référence et élaboration d'une commande en vitesse à partir de capteurs de position analogiques, numériques et de type tout ou rien.

Il est constitué d'une boule, ou d'une poignée ergonomique maintenue par six ressorts de rappel judicieusement disposés. Les informations nécessaires à la commande en vitesse selon trois coordonnées et trois orientations sont fournies par six capteurs.



La présente invention concerne un dispositif d'apprentissage de la trajectoire en vue de la commande en vitesse des robots manipulateurs et des systèmes mécaniques polyarticulés comportant au maximum six liaisons rotoides ou prismatiques.

5 Ce dispositif trouve un champ d'application dans les domaines de la robotique et dans la commande manuelle assistée d'ensembles mécaniques multi-liaisons (engins de travaux publics par exemple).

10 Dans le domaine de la robotique, les dispositifs actuels se présentent sous les formes suivantes :

- une boîte à boutons avec un nombre de touches égal au nombre d'articulations ou de coordonnées à commander. L'information de sortie est du type logique (tout ou rien) ce
15 qui ne permet pas une commande proportionnelle. En outre une boîte à boutons se prête mal à la commande simultanée de plusieurs coordonnées.

- des manipulateurs de commande à trois degrés de liberté associés soit à des interrupteurs pour une commande en tout ou
20 rien, soit à des potentiomètres pour élaborer une commande proportionnelle en position ou en vitesse. Or dans la plupart des robots, l'organe effecteur doit être commandé en position et en orientation, donc six coordonnées, ce qui implique l'utilisation de deux manipulateurs à trois degrés de liberté.

25 Une telle configuration pose à l'opérateur un problème complexe de coordination des mouvements puisqu'il doit commander simultanément deux manipulateurs

L'auxiliaire de commande selon l'invention, se présente sous forme d'une poignée ergonomique ou d'une boule décrivant dans un
30 volume donné tous les points de cet espace et toutes les orientations, soit six degrés de liberté. Cette poignée est ramenée en position de référence correspondant à une vitesse nulle selon les six coordonnées généralisées ou opérationnelles du robot par un rappel isoélastique. Ce rappel est conçu pour
35 donner à l'opérateur une sensation d'effort proportionnel à la vitesse du déplacement effectué. On arrive à un tel résultat par un maintien de la poignée par six liaisons élastiques judicieusement disposées. Les mesures de position et d'orientation de la poignée sont effectuées par six capteurs de
40 positions ou par des proximètres. Les informations issues de ces

capteurs fournissent les trois coordonnées de position et les trois angles d'Euler d'orientation de la poignée. Ces six informations fournies à l'armoire de commande du robot permettent à l'opérateur de commander le robot en trajectoire d'apprentissage. Si cette commande s'effectue dans l'espace des coordonnées opérationnelles du robot, l'organe effecteur de celui-ci décrira une trajectoire contrôlée en vitesse et selon les coordonnées déterminées par la position et l'orientation de la poignée. Les vitesses de déplacement selon les différentes coordonnées sont directement proportionnelles aux amplitudes de déplacement de la poignée. Cette commande en vitesse maintient le robot dans la position atteinte lorsque l'opérateur laisse la poignée revenir automatiquement en position de référence. Si la commande s'effectue dans l'espace des coordonnées généralisées du robot, ou s'il s'agit de la commande de systèmes polyarticulés, il suffit d'attribuer à chaque articulation de liaison du système un degré de liberté de la poignée. Comme précédemment la commande s'effectuera avec des vitesses proportionnelles aux amplitudes de déplacement de la poignée avec arrêt dans la position atteinte lorsque la poignée revient en position de référence.

La disposition des ressorts de rappel qui développent un effort opposé à la direction du déplacement effectué par l'opérateur et d'amplitude proportionnelle à ce déplacement s'obtient à partir d'une modélisation d'un rappel isoélastique tridimensionnel qui est développé ci-après.

- Soit la poignée qui est maintenue par un ensemble de six liaisons élastiques (fig.1) La i ème liaison (fig.2) est accrochée au point $M(i)$. Un déplacement quelconque de la poignée est défini par le torseur (\vec{T}, \vec{R}) de composantes $T_x, T_y, T_z; R_x, R_y, R_z$, dans le référentiel orthonormé $Oxyz$ de vecteurs unitaires $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$. Ainsi la longueur de la i ème liaison est modifiée de la quantité $p(i)$ telle que:

$$\vec{p}(i) = D(i) \cdot N(i)$$

35 $D(i)$, est le vecteur déplacement du point $M(i)$, soit :

$$D(i) = \vec{T} + R \cdot OM(i)$$

$N(i)$ est la normale à la surface au point $M(i)$

38 Si l'on désigne par k la constante d'élasticité des

ressorts, le $i^{\text{ème}}$ ressort exerce une force d'amplitude $f(i)$ dirigée selon $\vec{N}(i)$ telle que :

$$f(i) = k p(i)$$

Le torseur général des efforts dus aux ressorts de rappel, comporte une force F et un moment M tel que:

$$\vec{F} = \sum_{i=1}^6 f(i) \cdot \vec{N}(i)$$

$$\vec{M} = \sum_{i=1}^6 \text{OM}(i) \wedge f(i) \vec{N}(i)$$

-soit en projection sur les axes Ox, Oy, Oz .

$$F_x = \sum_{i=1}^6 f(i) U_i$$

$$F_y = \sum_{i=1}^6 f(i) V_i$$

$$F_z = \sum_{i=1}^6 f(i) W_i$$

$U_i, V_i, \text{ et } W_i$ sont les composantes de $\vec{N}(i)$ selon les axes de coordonnées:

$$M_x = \sum_{i=1}^6 f(i) (\text{OM}(i), \vec{N}(i), i)$$

$$M_y = \sum_{i=1}^6 f(i) (\text{OM}(i), \vec{N}(i), j)$$

$$M_z = \sum_{i=1}^6 f(i) (\text{OM}(i), \vec{N}(i), k)$$

-soit sous forme matricielle:

$$\{\vec{F}, \vec{M}\} = \{m_1\} \times \{f\}$$

ou encore:

$$\{\vec{F}, \vec{M}\} = \{m_1\} \times \{k\} \{p(i)\}$$

avec:

$$p(i) = (T_x i + T_y j + T_z k) \vec{N}(i) + (R \wedge \text{OM}(i)) \cdot \vec{N}(i)$$

-soit sous une autre forme:

$$\vec{p}(i) = T_x i U(i) + T_y j V(i) + T_z k W(i) + R_x (N(i) \wedge \text{OM}(i)) i + R_y (N(i) \wedge \text{OM}(i)) j + R_z (N(i) \wedge \text{OM}(i)) k$$

En écriture matricielle:

$$p(i) = \{m_2\} \{T, R\} \text{ avec } \{m_2\} = \{\tilde{m}_1\}$$

d'où:

$$\begin{aligned} \begin{Bmatrix} \vec{F}, \vec{M} \\ \vec{F}, \vec{M} \end{Bmatrix} &= \begin{Bmatrix} m_1 \\ k \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} k \\ m_1 \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} \tilde{m}_1 \\ \tilde{m}_1 \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} \vec{T}, \vec{R} \\ \vec{T}, \vec{R} \end{Bmatrix} \\ \begin{Bmatrix} \vec{F}, \vec{M} \end{Bmatrix} &= k \begin{Bmatrix} m_1 \\ \tilde{m}_1 \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} \vec{T}, \vec{R} \end{Bmatrix} \end{aligned}$$

$\{k\}$ est une matrice diagonale.

5 La condition d'isoélasticité tridimensionnelle se résume par la relation:

$$\begin{Bmatrix} \vec{F}, \vec{M} \end{Bmatrix} \{k'\} \begin{Bmatrix} \vec{T}, \vec{R} \end{Bmatrix}$$

avec k' matrice diagonale

avec $\{m'\} \begin{Bmatrix} m \\ \tilde{m} \end{Bmatrix}$ et $\{k'\} = \begin{Bmatrix} k \\ m \end{Bmatrix}$. Il faut que m' soit
10 une matrice diagonale.

Il y aura donc isoélasticité tridimensionnelle pour toutes les configurations des liaisons qui vérifient cette condition. Ce qui est le cas de la figure (3).

La disposition des éléments (potentiomètres, proximètres) qui
15 mesurent les déplacements et orientations de la poignée se déduit du modèle qui vient d'être décrit. Si ces mesures s'effectuent à l'aide de six proximètres, soit j le proximètre qui mesure le déplacement de la poignée en un point $M(j)$, comme précédemment le vecteur déplacement $D(j)$ au point $M(j)$ s'écrit :

$$20 \quad \vec{D}(j) = \vec{T} + \vec{R} \wedge \vec{OM}(j)$$

Le proximètre mesure le déplacement $p(j) = \vec{D}(j) \cdot \vec{N}(j)$

$\vec{N}(j)$ est la normale à la surface au point j , soit en écriture matricielle:

$$\{p(j)\} = \{M\} \{T, R\}$$

25 Les coefficients de $\{M\}$ se déduisent du développement de $p(j)$, soit:

$$p(j) = T_x U_j + T_y V_j + T_z W_j + A R_x + B R_y + C R_z$$

U_j, V_j, W_j , désignent les composantes du vecteur $\vec{N}(j)$;
 A, B, C , les composantes du vecteur $\vec{OM}(j) \wedge \vec{n}(j)$

30 Les composantes du torseur, sont données par la relation:

$$\{T, R\} = \{M^{-1}\} \{p(j)\}$$

Une implantation possible des proximètres est celle qui est donnée sur la figure (4).

Dans cette configuration:

35 Le proximètre N°1 donne le déplacement selon la coordonnée X
Le proximètre N°2 donne le déplacement selon la coordonnée Y
Le proximètre N°3 donne le déplacement selon la coordonnée Z

Tandis que l'écart entre 4 et 2 donne la rotation selon OX
l'écart entre 5 et 3 donne la rotation selon OY
l'écart entre 6 et 1 donne la rotation selon OZ

Le système peut être équipé :

- 5 - soit de capteurs analogiques (potentiomètres linéaires, capteurs de proximité inductifs ou capacitifs), dans ce cas, l'élaboration des signaux correspondant aux rotations s'effectuera par des soustracteurs à base d'amplificateurs opérationnels.
- 10 - soit de capteurs numériques incrémentaux, dans ce cas le système comportera un système comptage décomptage d'impulsions, associé à une unité arithmétique logique pour effectuer la soustraction des signaux.
- 15 - soit encore de capteurs logiques de type switch dans le cas d'une commande tout ou rien.

REVENDEICATIONS

- 5 1) Auxiliaire de commande à six degrés de liberté et rappel isoélastique en position de référence caractérisé en ce qu'il comporte une poignée ergonomique maintenue par six liaisons élastiques qui permettent à la poignée de décrire dans un volume donné tous les points et toutes les orientations de cet espace le retour en position de référence s'effectue par un rappel isoélastique dès que la poignée n'est plus sollicitée. Les valeurs numériques des coordonnées de position et d'orientation de la poignée sont déduites à partir des mesures effectuées sur six proximètres (1),(2),(3),(4),(5),(6), qui sont disposés selon le schéma de la figure 4.
- 10 2) Auxiliaire de commande selon la revendication 1 caractérisé par une suspension élastique par six ressorts et l'absence de toute articulation.
- 3) Auxiliaire de commande selon les revendications 1 et 2 caractérisé par une force de rappel dirigée en sens inverse du mouvement imposé par l'opérateur (isoélasticité tridimensionnelle)
- 15 4) Auxiliaire de commande selon l'une quelconque des revendications précédentes caractérisé par la possibilité de l'équiper d'une poignée de commande ergonomique ou d'une boule.

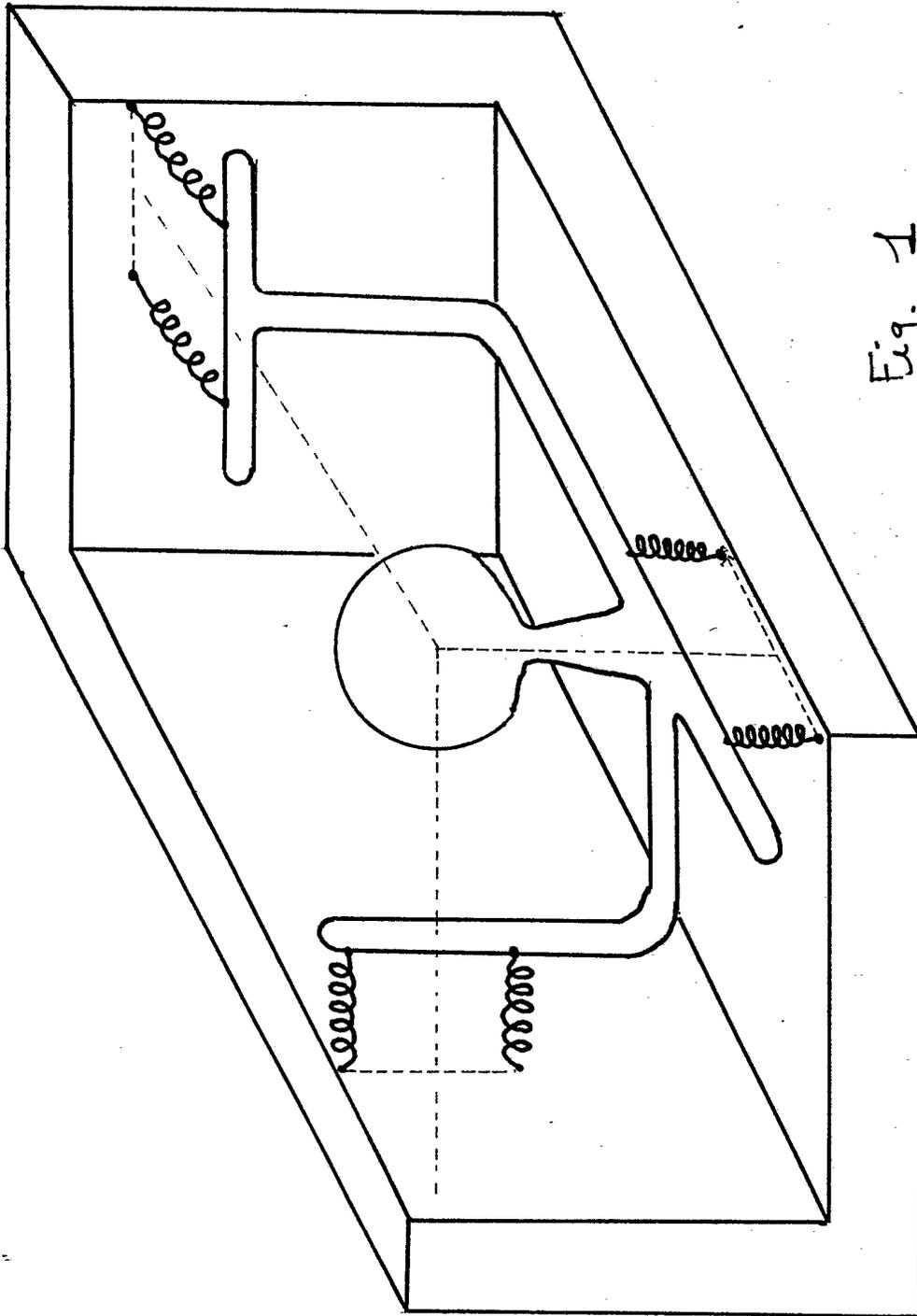


Fig. 1

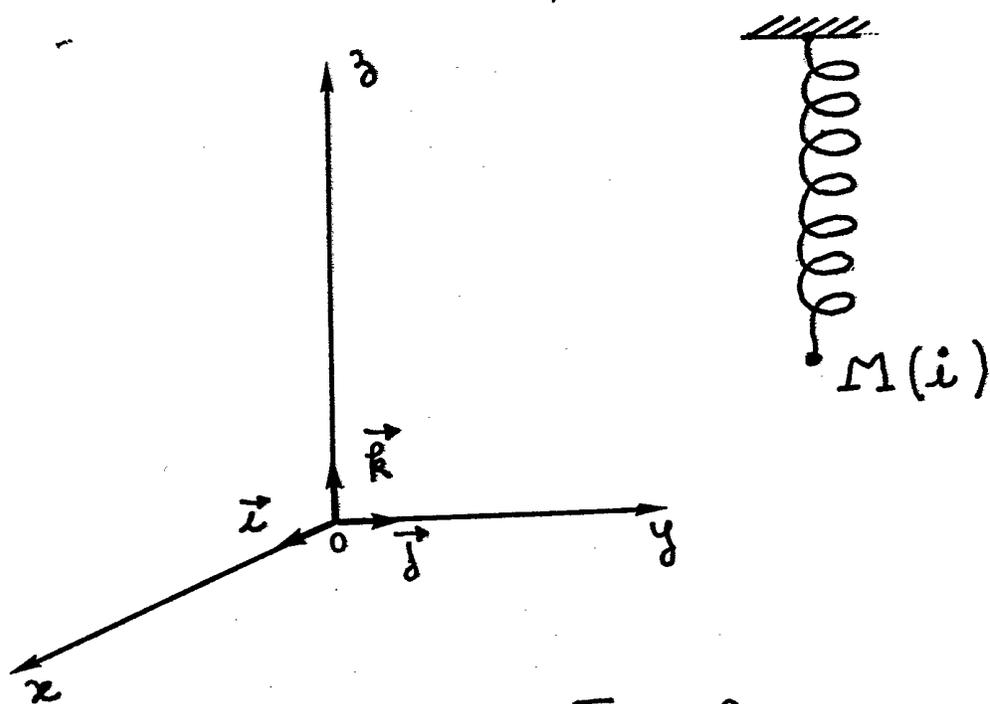


Fig 2

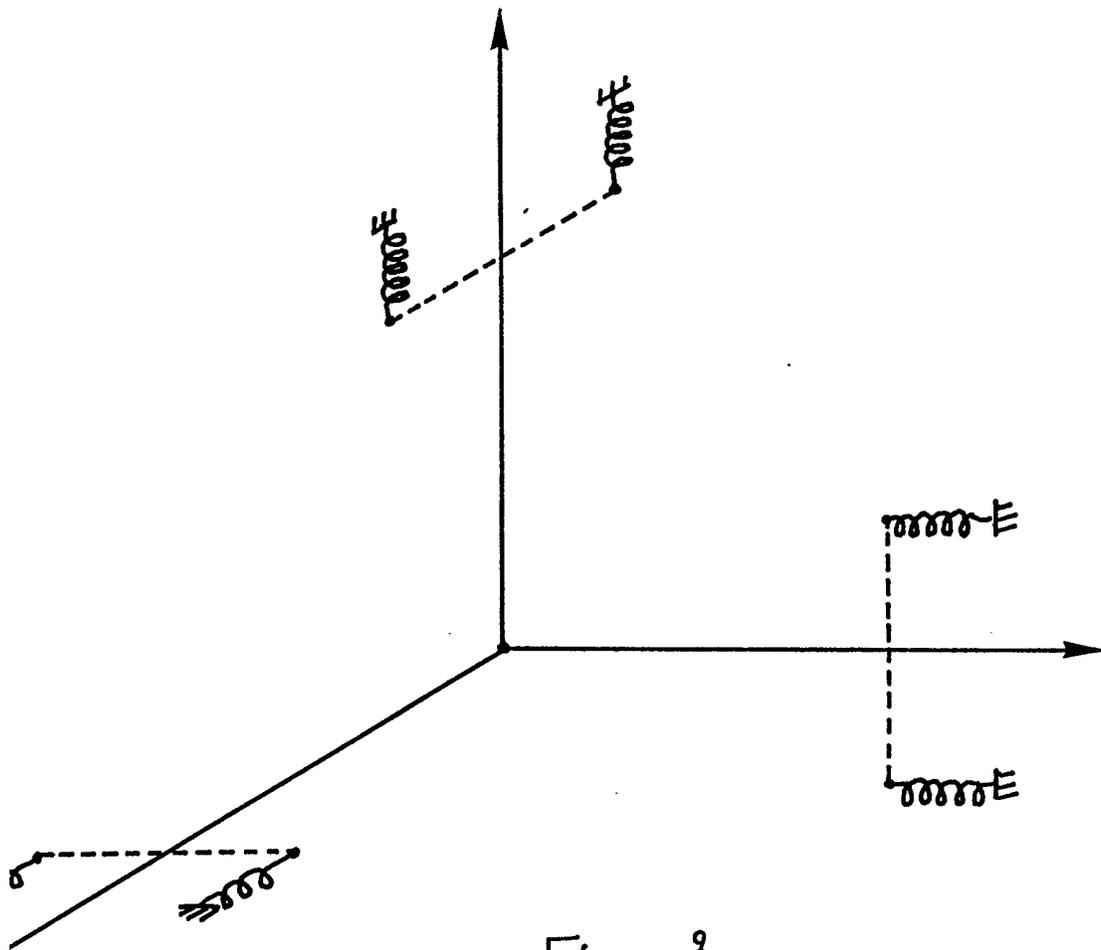


Fig 3

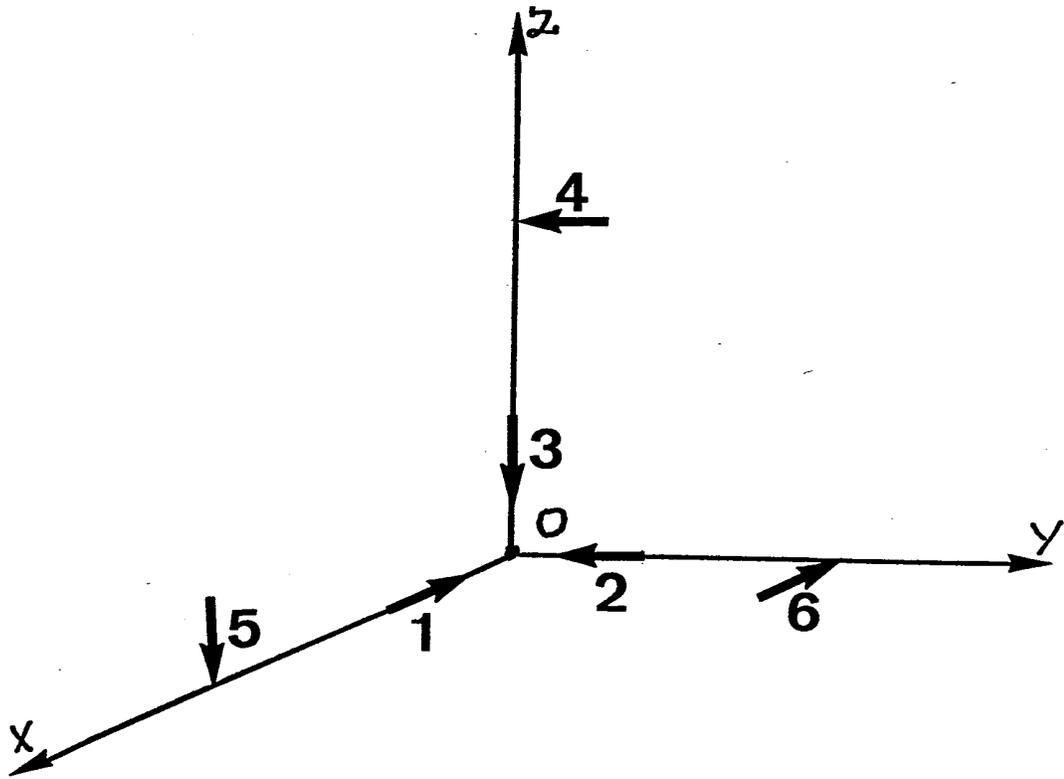


Fig. 4