

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 80 06298

(54) Gyromètre laser triaxial, monobloc, compact à six miroirs.

(51) Classification internationale (Int. Cl. ³). G 01 C 19/64; G 01 S 17/00 // F 42 B 15/02.

(22) Date de dépôt : 21 mars 1980.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée :

(41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande B.O.P.I. — « Listes » n° 9 du 4-3-1983.

(71) Déposant : SOCIÉTÉ FRANÇAISE D'EQUIPEMENTS POUR LA NAVIGATION AÉRIENNE,
société anonyme SFENA. — FR.

(72) Invention de : Bernard Bernelin.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Stéphane Kavos, SFENA,
Aérodrome de Villacoublay, BP 59, 78140 Vélizy-Villacoublay.

La présente invention a pour objet un gyromètre LASER triaxial, monobloc, compact à six miroirs.

Sont connus des gyromètres LASER annulaires, monoaxes, constitués de N miroirs placés de telle façon qu'il définissent entre-eux autant de segments de chemin optique, coplanaires, répartis en boucle fermée. Nous appellerons périmètre ou trajectoire optique l'ensemble de ces chemins optiques.

La plupart de ces gyromètres LASER à un axe de détection sont des gyromètres annulaires à trois miroirs, à chemin optique triangulaire. Des gyromètres triaxes, monoblocs, à trois périmètres triangulaires, indépendants, comprenant trois miroirs par chemin optique, soit neuf miroirs au total furent réalisés.

Il existe aussi des gyromètres LASER à un axe de détection avec quatre miroirs, dont le chemin optique fermé forme un carré. Un des avantages des gyromètres LASER annulaires à quatre miroirs par rapport aux gyromètres LASER à trois miroirs, est notamment d'avoir un encombrement plus petit pour un même facteur d'échelle.

Un premier objet de la présente invention est de décrire un gyromètre LASER monobloc, compact à six miroirs définissant trois chemins optiques ou trois périmètres carrés, fermés, à segments de chemin optique, coplanaires, orthogonaux entre-eux ; chacun des chemins optiques ne faisant intervenir que quatre des six miroirs ; chacun des miroirs travaillant simultanément sur deux périmètres orthogonaux.

Un deuxième objet de la présente invention est de décrire un dispositif amplificateur simplifié des trois cavités annulaires précitées comprenant trois anodes, soit une anode par périmètre et une cathode commune aux trois périmètres.

D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention ressortiront à la description des dessins illustrant un mode de réalisation du monobloc, compact à six miroirs et du dispositif amplificateur donnés à titre d'exemples non limitatifs.

- La figure 1 est une représentation schématique d'un gyromètre LASER triaxe, monobloc à six miroirs selon l'invention.
- Les figures 1a et 1b sont une vue développée respectivement de face et de travers de l'ensemble, miroir-prisme, M/P, du sommet B.
- La figure 1a étant une vue dans le plan BEAC, et la figure 1b une vue dans le plan AFBD du même ensemble miroir-prisme.

Pour la simplicité de lecture de la figure 1, on n'a développé le principe de la construction du système réfléchissant (miroir), et mélangeur optique (prisme), que pour un seul des sommets qui est le sommet cerclé B, dans le cas considéré.

Chaque sommet comprend un dispositif réfléchisseur ou miroir M mais trois seulement d'entre-eux sont équipés d'un mélangeur optique, par exemple les sommets A, C et F, ou B, D et E.

- La figure 2 est une représentation schématique d'un mode de réalisation d'un dispositif amplificateur, caractérisé en ce qu'il comprend une cathode commune à trois anodes, utilisable dans un gyromètre triaxe selon l'invention.
- Les figures 3, 4 et 5 illustrent la répartition du milieu amplificateur dans chacun des trois périmètres orthogonaux résultant du cheminement des plasmas suivant des arêtes de l'octaèdre.
- La figure 6 est une représentation schématique d'un dispositif d'asservissement de longueur de cavité où, dans le cas envisagé, les miroirs placés en ACF se déplacent suivant leurs axes parallèlement à eux-mêmes, à l'aide de céramiques piézo-électriques. Cette translation étant commandée à l'aide des cellules C_1 , C_2 , C_3 qui enregistrent les variations de puissance de sortie des faisceaux LASER dans chacun des trois périmètres.

Sur la figure 1, on peut voir douze capillaires ou douze segments de chemin optique, référencés de 1 à 12, et réunissant entre-eux six sommets A, B, C, D, E et F formant entre-eux un octaèdre de préférence régulier. Ces douze capillaires sont percés dans un bloc de matériau isolant de coefficient de dilatation pratiquement nul (ZERODUR).

Les trois chemins optiques ou périmètres sont dans ce cas, des quadrilatères sensiblement carrés, orthogonaux entre-eux, référencés :

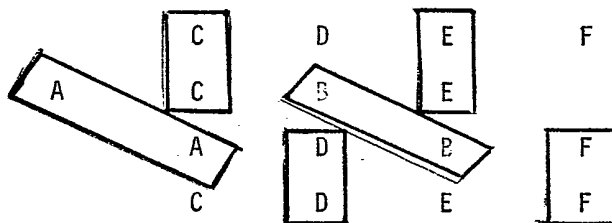
- C D E F, formé par les arêtes 1, 2, 3 et 4
- A C B E " " 5, 6, 7 et 8
- et A D B F " " 9, 10, 11 et 12.

Le parcours des faisceaux LASER dans ces trois chemins optiques est assuré par six miroirs placés respectivement sur les sommets B, C, D, E, F, A constituant l'octaèdre régulier.

Les normales de chacun de ces périmètres constituent les trois axes sensibles du gyromètre compact selon l'invention.

La double fonction, ou le double travail des six miroirs est résumé dans le tableau suivant :

- . 1er périmètre
- . 2e périmètre
- . 3e périmètre
- . 1er périmètre



Parmi les avantages industriels résultant de cette structure, on peut noter :

- son faible encombrement, pour un facteur d'échelle donné,
 - une simplification de sa construction,
 - 5 - un abaissement de son poids global,
 - l'admission d'un dispositif amplificateur allégé (simplifié),
- en même temps que son adaptabilité et/ou comptabilité avec les systèmes ou dispositifs connus :
- d'asservissement de longueur de cavité,
 - 10 - d'atténuation des erreurs de linéarité.

Nous allons maintenant décrire successivement : les dispositifs d'amplification, de lecture, et d'asservissement de longueur de cavité en résultant.

DISPOSITIF AMPLIFICATEUR

15 On retrouve sur la figure 2, la répartition des chemins optiques de la figure 1, sur laquelle on a rapporté en trait gras, continus ou discontinus : trois anodes 18, 19 et 20, une par périmètre, ainsi qu'une cathode unique 14 avec ses trois bras 15, 16 et 17 ; ladite cathode étant commune aux trois périmètres.

20 La cathode 14 communique en I_1 , I_2 et I_3 avec trois capillaires respectivement CD, CB, BD contenus dans une même face de l'octaèdre ; qui est la face CDB sur l'exemple de la figure 2. Chaque anode 18, 19 et 20 communique respectivement en H_1 , H_2 et H_3 avec des capillaires respectivement AE, AF et FE contenus dans la face AFE opposée.

25 Cette configuration assure aux trois plasmas un chemin préférentiel donné, lorsque les conditions suivantes sont établies :

1°) diamètre des capillaires AD, CF, BE plus grand que le diamètre des capillaires CD, DE, EF, AF, FB, BD, AC, CB, EA,

30

2°) les points I_1 , I_2 et I_3 de communication de la cathode avec les capillaires CD, DB, BC, sont placés de telle façon que l'on ait :

$$I_1D < I_1C$$

35

$$I_2C < I_2B$$

$$I_3B < I_3D$$

40

3°) les points H_1 , H_2 , H_3 de communication des anodes avec les

capillaires EA, AF, FE sont placés de telle sorte que l'on ait :

$$H_1A < H_1E$$

$$H_2F < H_2A$$

$$H_3E < H_3F$$

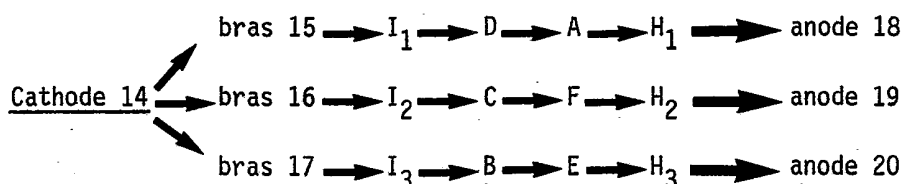
avec de préférence :

$$H_1A = H_2F = H_3E = I_1D = I_2C = I_3B$$

et identité des diamètres des capillaires :

$$AD - CF - BE \quad ; \quad H_1A - H_2F - H_3E - I_1D - I_2C - I_3B.$$

Dans ces conditions, le cheminement entre la cathode 14 et les trois anodes 18, 19 et 20, est le suivant :



Les capillaires actifs sont représentés en trait gras sur les figures 3, 4 et 5.

Les flèches indiquent le sens cathode → anode.

D'autres modes d'obtention d'un chemin préférentiel de moindre résistance peuvent être utilisés sans sortir de la présente invention, par exemple :

- le diamètre des capillaires I_1D , I_2C , I_3B plus grand que le diamètre des capillaires I_1C , I_2B , I_3D ,

en même temps que :

- le diamètre des capillaires H_1A , H_2F , H_3E plus grand que le diamètre des capillaires H_1E , H_2A , H_3F .

Auquel cas les points d'entrée I_1 , I_2 et I_3 et de sortie H_1 , H_2 , H_3 peuvent ne plus respecter les conditions imposées précédentes.

La configuration décrite ci-dessus des trois plasmas peut également s'obtenir en inversant la répartition anode-cathode.

SYSTEME DE LECTURE

Dans les gyromètres à un axe, on dispose à la sortie d'un miroir, un moyen interférométrique connu de mélange des deux faisceaux correspondant à chacune des deux ondes du gyromètre LASER afin d'obtenir un système de franges d'interférences parallèles.

Par le défilement de ces franges devant un détecteur, on mesure la rotation d'un gyromètre LASER suivant la perpendiculaire au plan du périmètre.

Un mode de réalisation du dispositif mélangeur optique dans le gyromètre triaxe, objet de l'invention, est illustré par les figures 1a et 1b mettant en évidence le double mode de travail des miroirs ; un miroir commandant deux périmètres optiques.

La mesure de la rotation de l'axe de détection d'un périmètre est obtenue en mélangeant les deux faisceaux correspondant à chacune des ondes de ce périmètre sans que les faisceaux appartenant au deuxième périmètre n'interfèrent sur ceux du premier périmètre. De préférence, ce résultat est obtenu en choisissant l'épaisseur du prisme de telle façon que les faisceaux qui n'intéressent pas la mesure ne rentrent pas dans le dispositif optique de mélange.

Les figures 1a et 1b permettent de voir comment un même miroir réfléchit suivant deux périmètres ou deux plans orthogonaux entre-eux.

A la sortie du miroir B, on fait interférer les deux faisceaux tournant en sens inverse dans le périmètre BEAC (selon la figure 1a); alors que les faisceaux, tournant en sens inverse, dans le périmètre AFBD sont rejetés hors du système de mélange, comme illustré sur la figure 1b.

Trois miroirs convenablement choisis reçoivent chacun un prisme mélangeur pour mesurer la rotation de chacun des trois périmètres.

DISPOSITIF D'ASSERVISSEMENT DE LONGUEUR DE CAVITE

La condition de résonance qui détermine la fréquence des oscillations d'un faisceau LASER en anneau implique que la longueur du périmètre soit un nombre entier de longueur d'onde.

Pour s'affranchir des variations de longueur, par exemple sous un effet thermique, un asservissement de longueur de cavité est généralement utilisé. Dans le cas d'un gyromètre LASER à anneau, triangulaire, monoaxial, un moyen connu, fréquemment utilisé, consiste à animer l'un des miroirs d'une translation parallèle à l'axe de ce miroir à l'aide d'une céramique piézo-électrique.

Dans le cas d'un gyromètre triaxe, à six miroirs, objet de l'invention, la même solution peut être réalisée en remarquant qu'un miroir commande deux périmètres orthogonaux.

La figure 6 est une représentation schématique d'une configuration d'asservissement de longueur de cavité d'un gyromètre LASER, triaxe, à six miroirs. Dans l'exemple illustré, les miroirs équipés de translateur sont les miroirs dont les centres de réflexion sont confondus avec les sommets A, F et C de l'octaèdre.

Ces trois miroirs que nous appellerons M_A , M_F , M_C sont animés d'un mouvement de translation parallèlement à leur normale et suivant les axes de l'octaèdre en A, F et C.

Le miroir M_A commande la longueur des périmètres AFBD et ACBE.

Le miroir M_F commande la longueur des périmètres AFBD et FCDE.

Le miroir M_C commande la longueur des périmètres ACBE et FCDE.

Derrière chacun des trois autres miroirs M_B , M_D , M_E est placé un détecteur ou cellule photo-électrique, orienté pour mesurer la puissance de sortie des faisceaux LASER suivant chaque périmètre.

Sur chaque périmètre un désaccord de la cavité s'accompagne d'une diminution de la puissance du faisceau LASER. A chaque instant le miroir asservissant la longueur de cavité est déplacé à l'aide d'une céramique piézo-électrique pour s'accorder au maximum de puissance du faisceau LASER suivant une technique connue en soi.

Chaque cellule commande les trois dispositifs de réglage, soit à un instant donné :

- ϵ_1 la translation à effectuer pour s'accorder sur le périmètre AFBD
- ϵ_2 la translation à effectuer pour s'accorder sur le périmètre ACBE
- ϵ_3 la translation à effectuer pour s'accorder sur le périmètre FCDE.

Ces informations données par les cellules agissent, de façon permanente sur la translation des miroirs, à travers les céramiques piézo-électriques précitées.

Pour le trajet AFBD, la correction à l'instant donné s'effectue en translatant les miroirs M_A et M_F de $\frac{\epsilon_1}{2}$ et le miroir M_C de $-\frac{\epsilon_1}{2}$.

Pour le trajet ACBE, la correction s'effectue en translatant les miroirs M_A et M_C de $\frac{\epsilon_2}{2}$ et le miroir M_F de $-\frac{\epsilon_2}{2}$.

Pour le trajet FCDE, la correction s'effectue en translatant les miroirs M_C et M_C de $\frac{\epsilon_3}{3}$ et le miroir M_A de $-\frac{\epsilon_3}{3}$.

Bref rappel sur quelques moyens connus d'atténuation des erreurs de linéarité compatibles avec le gyromètre LASER triaxial selon l'invention.

Le principe bien connu de la linéarisation par balayage permet

de corriger le défaut résultant du couplage des deux faisceaux LASER qui tournent en sens inverse dans un périmètre. L'un des montages connu, pour des gyromètres LASER, un axe, consiste à faire osciller le gyromètre autour d'une droite à condition que cette droite ne soit pas parallèle au plan défini par le périmètre, par exemple autour d'une droite parallèle à l'axe de détection.

Dans le cas du gyromètre LASER, triaxe, à six miroirs, objet de l'invention, ce principe est appliqué en faisant osciller l'ensemble du bloc autour d'une droite qui n'est pas parallèle aux plans définis par les trois périmètres, par exemple autour d'une droite parallèle à l'une des trisectrices d'un des trièdres formé par les trois périmètres.

Une autre méthode consiste à utiliser le procédé décrit dans le Brevet Français N° 7800871 de 1978, en faisant osciller plusieurs miroirs, l'axe de rotation de chacun des miroirs étant de préférence aussi proche que possible de la perpendiculaire au miroir considéré.

Dans le cas du gyromètre triaxe, à six miroirs, objet de l'invention, la résultant des oscillations des miroirs ainsi activés est une oscillation autour d'une droite qui n'est pas parallèle aux plans définis par les trois périmètres, par exemple une des trisectrices d'un des trièdres défini par les trois périmètres.

REVENDEICATIONS

- 1°) Gyromètre LASER annulaire, monobloc, compact, triaxial à trois chemins optiques carrés, coplanaires, orthogonaux entre-eux, caractérisé en ce qu'il comprend six miroirs optiques interconnectés deux à deux, au moyen de 12 canaux capillaires référencés de 1 à 12, les centres desdits miroirs constituant un octaèdre de préférence régulier A, B, C, D, E, F avec un miroir par sommet, chacun des miroirs travaillant simultanément sur deux périmètres orthogonaux.
- 2°) Gyromètre LASER selon la revendication 1, caractérisé en ce que trois des six miroirs sont équipés d'un prisme mélangeur, et les trois autres sont déplaçables en va et vient, suivant leur axe, parallèlement à eux-mêmes, à l'aide d'un moyen mécanique connu en soi.
- 3°) Gyromètre LASER selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend un dispositif amplificateur constitué par trois anodes et une cathode, soit une anode par périmètre et une cathode commune aux trois périmètres.
- 4°) Gyromètre LASER selon la revendication 2, dans lequel l'épaisseur du prisme du système mélangeur placé à la sortie d'un des trois miroirs précités, est adapté pour permettre d'une part, le passage avec réflexion des faisceaux circulant dans un des périmètres et d'autre part, le passage libre des faisceaux circulants dans le périmètre orthogonal au premier.

Pl. I-3

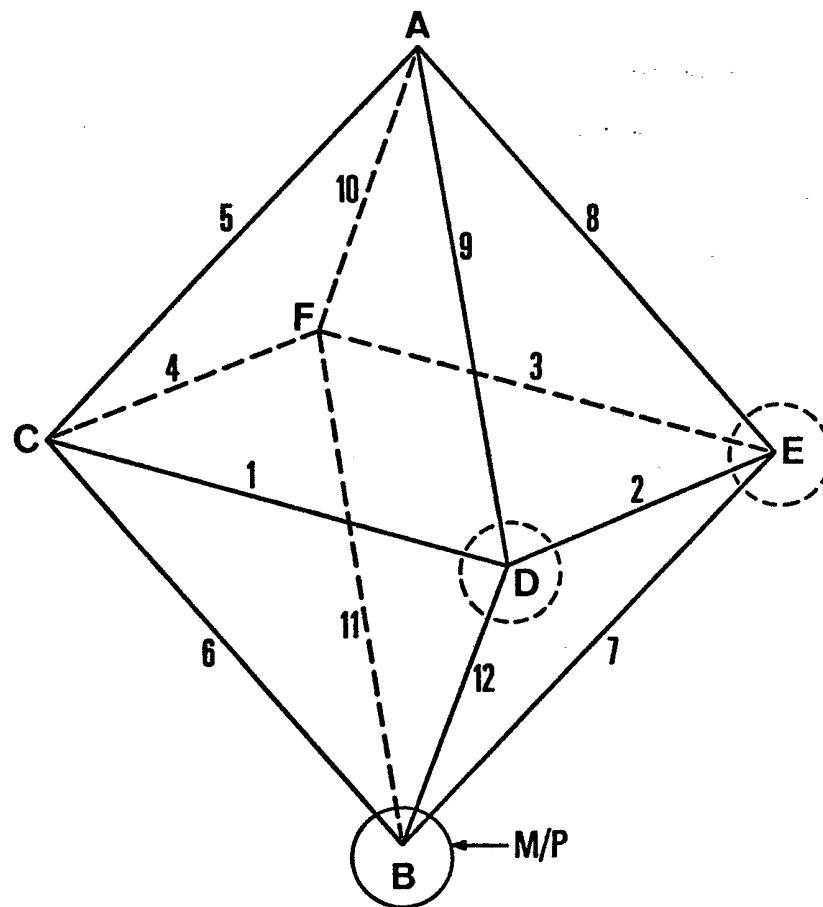


fig. 1

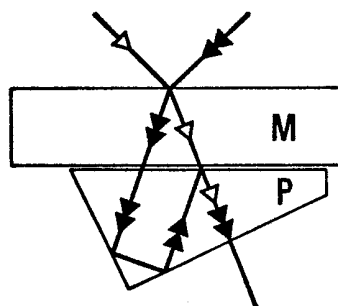


fig. 1a
plan BEAC de la fig.1

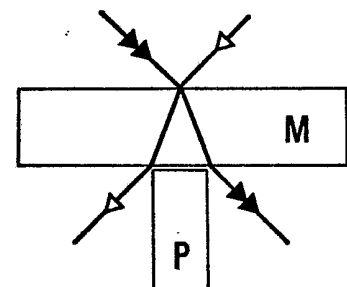


fig. 1b
plan AFBD de la fig.1

Pl. II-3

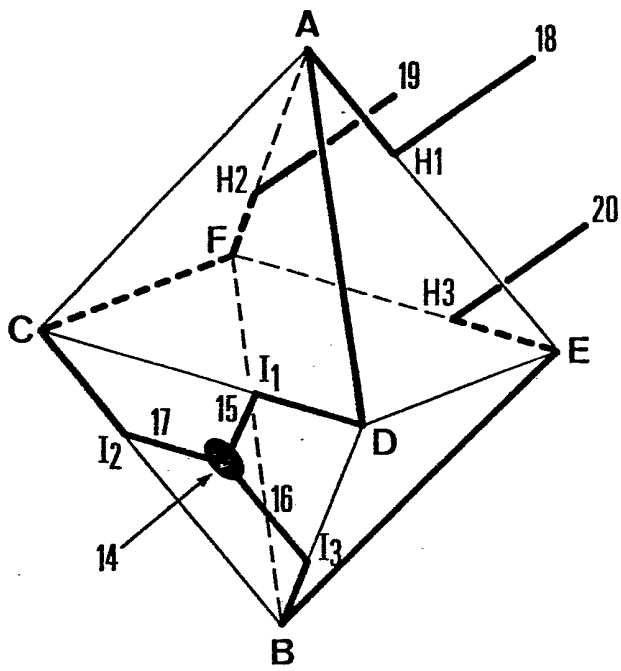


fig. 2

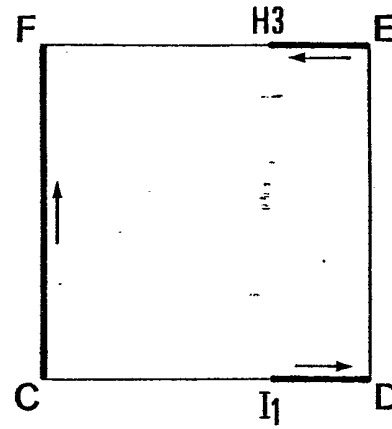


fig. 3

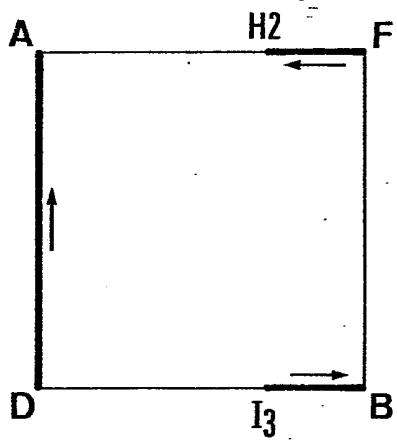


fig. 4

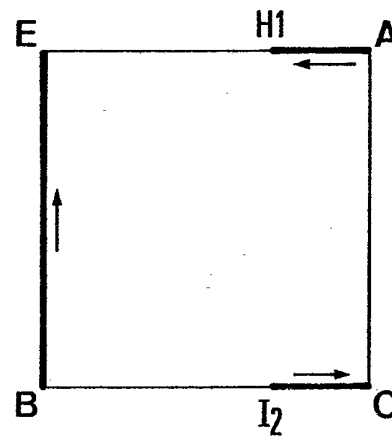


fig. 5

Pl. III-3

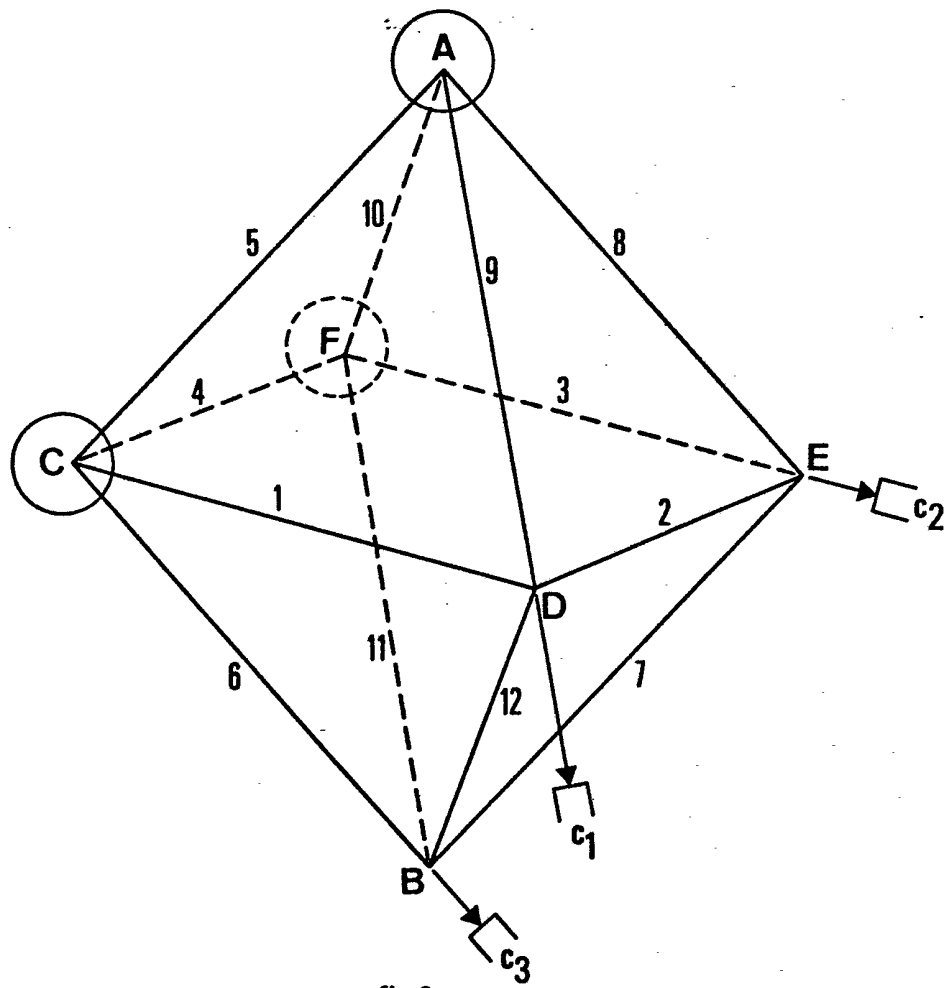


fig. 6